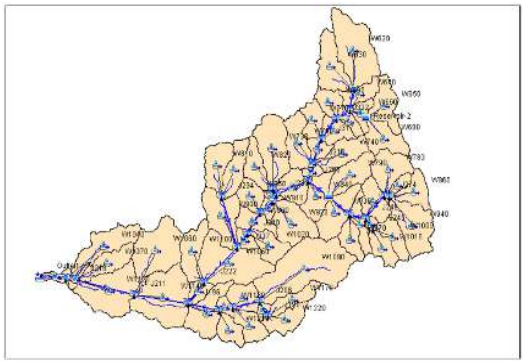
PERÚ Ministerio de Agricultura

Consorcio Consultor Cuenca Del Río Huaura
Euroconsult Proes NEXO

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

ESTUDIO DE HIDROLOGÍA

PROYECTO PARA LA CREACIÓN DEL SERVICIO DE PROTECCIÓN EN LAS RIBERAS DEL RIO HUAURA, VULNERABLE ANTE PELIGRO DE INUNDACIONES, EN LA LOCALIDAD DE 5 DISTRITOS DE LA PROVINCIA DE OYÓN Y 6 DISTRITOS DE LA PROVINCIA DE HUAURA – DEPARTAMENTO DE LIMA



PLAN INTEGRAL PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RÍO HUAURA

2020

CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 22
1.1 GENERALIDADES 22
1.2 JUSTIFICACIÓN 22
2 OBJETIVOS 23
2.1 GENERALES 23
2.2 ESPECÍFICOS 23
3 PROCEDIMIENTO DE TRABAJO 24
3.1 ACTIVIDADES PRELIMINARES 24
3.2 TRABAJOS DE CAMPO 24
3.3 TRABAJOS DE GABINETE 24
3.4 INFORMACIÓN BÁSICA 26
3.4.1 Recopilación de Información Básica 26
3.4.2 Información Hidrometeorológica 26
3.4.2.1 Información Recopilada 26
3.4.2.2 Importancia y su aplicación en el estudio hidrológico 26
3.4.3 Información Cartográfica 29
4 DESCRIPCIÓN GENERAL Y DIAGNÓSTICO DE LA CUENCA 29
4.1 RECURSO HÍDRICO 29
4.2 UBICACIÓN Y DEMARCACIÓN DE LA CUENCA 44
4.2.1 Ubicación Geográfica 44
4.2.2 Demarcación Hidrográfica 44
4.2.3 Demarcación Política 44
4.2.4 Demarcación Administrativa 46
4.3 ACCESIBILIDAD - VIAS DE COMUNICACIÓN 46
5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO 48
5.1 EVALUACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN 48
5.1.1 Análisis y tratamiento de la información pluviométrica 48
5.1.1.1 Análisis de la red de estaciones 48
5.1.1.2 Análisis de consistencia de los registros 48
5.1.1.3 Análisis de doble masa 48
5.1.1.4 Análisis de tendencia lineal 52
5.1.1.5 Diagramas obtenidos 52
5.1.2 Completación y extensión de la información 62
5.2 PRECIPITACIÓN MÁXIMA 24 HORAS 68
5.2.1 Registro en estaciones 68
5.2.2 Análisis de datos dudosos 74
5.2.3 Análisis de frecuencia de las precipitaciones máximas 82
5.2.3.1 Distribución normal o gaussiana 83
5.2.3.2 Distribución log-normal de dos parámetros 83

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP. 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg. Colegio de Ingenieros N°30021

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

5.2.3.3 Distribución log-normal de tres parámetros 83
5.2.3.4 Distribución gamma de dos parámetros 84
5.2.3.5 Distribución gamma de tres parámetros o Pearson Tipo III 84
5.2.3.6 Prueba de bondad de ajuste 85
5.3 CURVAS IDF Y HIETOGRAMAS 102
5.3.1 Método del IILA-SENAMHI-UNI 102
5.3.2 Método de Bell 103
5.3.3 Método de Grunsky 103
5.3.4 Método de Dick y Peschke 103
5.3.5 Método del MTC 103
5.3.6 Intensidades de cálculo adoptadas 104
5.4 PRECIPITACIÓN MÁXIMA AREAL DE LAS MICROCUENCA 123
5.4.1 Método de Thiessen mejorado 123
6 ANÁLISIS HIDROMÉTRICO 127
6.1 RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DISPONIBLE 127
6.1.1 Estación Hidrométrica Sayán 127
6.1.1.1 Descargas diarias promedio 127
6.1.1.2 Transformación de caudales máximos promedio diario a máximos instantáneos 129
6.1.2 Estación Hidrométrica Casa Blanca 134
6.1.2.1 Descargas diarias promedio 134
6.1.2.2 Caudales máximos de avenida 135
6.1.3 Estación Hidrométrica Alco-Sayán 138
6.1.3.1 Descargas diarias promedio 138
6.1.3.2 Caudales máximos de avenida 139
6.1.4 Estación Hidrométrica Puente-Alco 141
6.1.4.1 Descargas medias mensuales 141
6.1.5 Estación Hidrométrica Picoy 142
6.1.5.1 Descargas diarias promedio 142
6.1.5.2 Caudales máximos de avenida 143
6.1.6 Estación Hidrométrica Sayán-Chico 145
6.1.6.1 Descargas diarias promedio 145
6.1.6.2 Caudales máximos de avenida 145
..... 147
6.1.7 Otras estaciones hidrométricas 148
6.1.8 Bondad de ajuste de la serie generada 148
6.2 Análisis estadístico de consistencia de la información 150
6.2.1 Diagramas doble masa 150
6.2.2 Pruebas estadísticas 152
6.2.3 Diagramas y pruebas estadísticas después de la corrección 153

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58599

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

6.3 RESULTADOS DE LAS ESTACIONES HIDROMÉTRICAS ANALIZADAS 155
7 DELIMITACIÓN HIDROGRÁFICA – MÉTODO PFAFSTETTER 164
7.1 HIDROGRAFÍA 165
7.2 DESCRIPCION DE LAS SUBCUENCAS 167
7.2.1 Subcuenca Quinchas-Ushpa 167
7.2.2 Subcuenca Pampahuay-Paton 170
7.2.3 Subcuenca Huaura-Churin 170
7.2.4 Subcuenca Cochaquillo-Queruraccra 171
7.2.5 Subcuenca Checras 172
7.2.6 Subcuenca Huaura-Paccho-Tingo 172
7.2.7 Subcuenca Yarucaya 173
7.2.8 Subcuenca Huaura-Sayán 174
7.2.9 Subcuenca Chico-Auquimarca 175
7.2.10 Subcuenca Huara-Medio 175
7.2.11 Subcuenca Huara-Bajo 176
7.3 CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS DE LAS MICROCUENCAS 178
7.3.1 PARÁMETROS DE FORMA 178
7.3.2 PARÁMETROS DE RELIEVE 191
7.3.3 PARÁMETROS DE DRENAJE 196
8 VARIABLES CLIMÁTICAS 203
8.1 PRECIPITACIÓN 203
8.2 TEMPERATURA 206
8.2.1 REGISTRO DE ESTACIONES 206
8.2.1.1 Temperatura Promedio 206
8.2.1.2 Temperatura Máxima Promedio 208
8.2.1.3 Temperatura Mínima Promedio 209
8.2.2 VARIACION DE LA TEMPERATURA CON LA ALTITUD - GRADIENTE VERTICAL DE LA TEMPERATURA MEDIA MENSUAL. 211
8.2.2.1 Análisis de Regresión Polinomial 211
8.2.2.2 Punto de Inversión Térmica 212
8.2.2.3 Gradiente Térmico 213
8.3 EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL 219
8.4 HUMEDAD RELATIVA 220
8.5 VELOCIDAD DEL VIENTO 221
9 PROCESAMIENTO Y DESARROLLO DEL PROYECTO EN GEO HMS 222
9.1 INTRODUCCIÓN 222
9.2 REQUERIMIENTO DE INFORMACIÓN SATELITAL Y CARTAS NACIONALES 222
9.3 EXTENSIÓN GEO-HMS PARA EL ARC-GIS 223
9.3.1 PRE PROCESO 224
9.3.1.1 Procesamiento del terreno 224

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

9.3.1.2 Reacondicionamiento del dem (dem reconditioning) 225
9.3.1.3 Llenar huecos del dem (fill the sinks) 225
9.3.1.4 Dirección del flujo 226
9.3.1.5 Acumulación del flujo 227
9.3.1.6 Definición de corrientes 228
9.3.1.7 Segmentación de corrientes 229
9.3.1.8 Delineación del grid de sub cuencas 230
9.3.1.9 Procesamiento polígono de las sub cuencas 230
9.3.1.10 Procesamiento de líneas de drenaje 231
9.3.1.11 Procesamiento de sub cuencas adjuntas 232
9.3.2 CONFIGURACIÓN DEL PROYECTO 233
9.3.2.1 Creando un nuevo proyecto Hms 233
9.3.2.2 Generar proyecto 234
9.3.3 PROCESAMIENTO DE LA CUENCA 235
9.3.3.1 Gestión de data 235
9.3.3.2 Combinar cuencas 236
9.3.3.3 Perfil del río 237
9.3.4 EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA 238
9.3.4.1 Longitud del río 238
9.3.4.2 Pendiente del río 239
9.3.4.3 Pendiente de la cuenca 239
9.3.4.4 Ruta más larga de flujo 240
9.3.4.5 Centroide de la cuenca 240
9.3.4.6 Elevación del centroide de la cuenca 241
9.3.4.7 Trayectoria centroidal del flujo más largo 241
9.3.5 PARÁMETROS HMS 242
9.3.5.1 Selección de procesos para HMS 242
9.3.5.2 Nombre automático del río 242
9.3.5.3 Nombre automático de las sub cuencas 242
9.3.5.4 Parámetros de las sub cuencas 243
9.3.6 DESARROLLO DE ENTRADAS PARA HMS 243
9.3.6.1 Mapa para las unidades de HMS 243
9.3.6.2 Chequear la data generada 244
9.3.6.3 Esquemático HMS 246
9.3.6.4 Leyenda HMS 247
9.3.6.5 Adicionar coordenadas 247
9.3.6.6 Preparar los datos para exportar 248
9.3.6.7 Exportando archivos shape de fondo 248
9.3.6.8 Modelo de cuenca 248

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

9.3.6.9 Modelo meteorológico 249
9.3.6.10 Proyecto HMS 249
10 EXPORTACIÓN Y MODELACIÓN EN HEC-HMS VERSIÓN 4.3 250
10.1 INFORMACIÓN NECESARIA PARA EL MODELO HEC-HMS 250
10.1.1 Secuencia sobre el empleo de HEC- HMS 250
10.1.1.1 Modelo de cuenca 250
10.1.1.2 Modelo de pérdidas 250
10.1.1.3 Modelo precipitación - escorrentía 250
10.1.1.4 Modelo de tránsito 251
10.2 ELEMENTOS QUE COMPONEN EL MODELO HIDROLÓGICO 253
10.3 PRESAS EXISTENTES EN EMBALSES Y/O LAGUNAS 255
10.4 ESTIMACIÓN DEL NÚMERO DE CURVA, SEPARACIÓN DE LA LLUVIA NETA 256
10.4.1 METODOLOGÍA DE CÁLCULO 256
10.4.2 INFORMACIÓN UTILIZADA 256
10.4.3 PROCEDIMIENTO 257
10.4.4 GENERACIÓN DE CAPAS TEMÁTICAS 258
10.4.5 CLASIFICAR LOS TIPOS DE SUELO DE LA CUENCA HUAURA SEGÚN EL TIPO HIDROLÓGICO REQUERIDO POR EL MODELO DE CURVA NÚMERO. 260
10.4.6 CURVA NÚMERO PARA DISTINTAS CONDICIONES DE USO Y TIPO DE SUELO 261
10.4.7 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE CURVA EN LA CUENCA DEL RÍO HUAURA 262
10.5 ESTIMACIÓN DE ESCORRENTÍA DIRECTA 271
10.6 TRÁNSITO DE LA CORRIENTE 272
10.7 DATOS DE PRECIPITACIÓN 273
10.7.1 CREAR UN ELEMENTO DEL PLUVIÓGRAFO 273
10.7.2 INTRODUCIR DATOS PARA EL PLUVIÓGRAFO 276
10.7.3 INTRODUCIR DATOS 276
10.7.4 TORMENTAS DE DISEÑO PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO Y ANÁLISIS DEL TRÁNSITOS DE AVENIDAS 277
10.8 MODELO METEOROLÓGICO 278
10.9 ESPECIFICACIONES DE CONTROL 281
10.10 CREAR SIMULACIÓN 282
10.11 OBRAS INCLUIDAS EN EL MODELO HIDROLÓGICO 283
10.11.1 Sistema de Lagunas Surasaca, Yarupak, León Pununan, Vetacocha y Anamaray 283
10.11.1.1 Características Principales de la Presa Surasaca 285
10.11.1.2 Geología 286
10.11.1.3 Información introducida en el modelo HEC HMS 286
10.11.2 Sistema de Lagunas Patón, Añilcocha, Uchucchacua y Caballococha 287
10.11.2.1 Características Principales de la Presa Patón 289
10.11.2.2 Información introducida en el modelo HEC HMS 290
11 RESULTADOS DEL MODELO HIDROLÓGICO DE MÁXIMAS AVENIDAS 292

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53995

Manuel J. Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISION HUAURA

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

11.1 RÍO HUAURA EN SAYÁN 292
11.2 RÍO HUAURA EN UNIÓN QUICHAS-USHPA Y PAMPAHUAY-PATÓN 301
11.3 FIN SUBCUENCA COCHAQUILLO-QUERURACCRA 311
11.4 CONVERGENCIA SUBCUENCAS HUAURA-CHURIN Y CHECRAS 321
11.5 CONVERGENCIA SUBCUENCAS YARUCAYA Y HUAURA-PACCHO-TINGO 328
11.6 CONVERGENCIA SUBCUENCAS HUAURA-SAYÁN Y CHICO-AUQUIMARCA 336
11.7 FIN SUBCUENCA HUAURA-MEDIO 345
11.8 FIN SUBCUENCA HUAURA-BAJO 352
12 CALIBRACIÓN DEL MODELO HMS 361
12.1 MEDIANTE ESTACIONES HIDROMÉTRICAS 361
12.2 MEDIANTE HUELLA MÁXIMA 363
12.2.1 Cálculo de la Rugosidad por el Método de Cowan 367
12.2.2 Resultados del cálculo de la rugosidad 368
12.2.3 Cálculo del caudal mediante el programa H-Canales 368
13 SELECCIÓN DEL PERIODO DE RETORNO PARA EL DISEÑO DE LAS OBRAS DEL COMPONENTE A 370
13.1 DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DE DISEÑO 370
13.1.1 Riesgo Admisible y periodo de retorno recomendado 370
13.1.2 Caudales e hidrogramas para el diseño de las Obras de Defensa Ribereñas 372
14 CURVAS DE DURACIÓN DE LAS ESTACIONES HIDROMÉTRICAS TRATADAS COMPLETADAS Y EXTENDIDAS 385
14.1 CURVA DE DURACIÓN DEL RÍO HUAURA – ESTACIÓN PUENTE-ALCO (JJUU) 390
14.2 CURVA DE DURACIÓN DEL RÍO HUAURA – ESTACIÓN ALCO-SAYÁN (SENAMHI) 392
14.3 CURVA DE DURACIÓN DEL RÍO HUAURA – ESTACIÓN CASA BLANCA (SENAMHI) 394
14.4 CURVA DE DURACIÓN DEL RÍO HUAURA – ESTACIÓN PICOY (SENAMHI) 396
14.5 CURVA DE DURACIÓN DEL RÍO HUAURA – ESTACIÓN SANTO DOMINGO (SENAMHI) 398
14.6 CURVA DE DURACIÓN DEL RÍO HUAURA – ESTACIÓN SAYÁN-CHICO (SENAMHI) 400
14.7 CURVA DE DURACIÓN DEL RÍO HUAURA – ESTACIÓN SAYÁN (SENAMHI) 402
14.8 CURVA DE DURACIÓN DEL RÍO HUAURA – ESTACIÓN YANAPAMPA (JJUU) 404
15 DISPONIBILIDAD HÍDRICA MEDIA 406
15.1 EVALUACIÓN DE LAS ESTACIONES HIDROMÉTRICAS 406
15.2 MODELO HIDROLÓGICO DISTRIBUIDO DE GENERACIÓN DE CAUDALES 406
15.2.1 Información básica para El Modelo 406
15.2.2 Calibración del modelo 407
15.2.3 Generación estocástica 414
16 PROPUESTA DE NUEVAS ESTACIONES 415
16.1 DENSIDAD DE ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS 415
16.2 NUEVAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS 417
16.3 NUEVAS ESTACIONES HIDROMÉTRICAS 419
16.3.1 Criterios para la selección del punto de observación 420
17 CAMBIO CLIMÁTICO 423

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 59999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. Luis Enrique Bendezù Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

17.1 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS 423
17.2 CLIMA EN LA CUENCA DEL RÍO HUAURA 423
17.2.1 Temperatura del aire 423
17.2.2 Precipitación 424
17.2.3 Humedad del aire 425
17.2.4 Nubosidad 425
17.2.5 Viento 425
17.3 FISIOGRAFÍA DE LA CUENCA DEL RÍO HUAURA 426
17.4 TENDENCIAS DE PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURAS EXTREMAS, ENFOCADA A LA CUENCA DEL RÍO HUAURA 426
17.5 LOS EVENTOS EXTREMOS ¿SE ESTÁN INCREMENTANDO? 427
17.6 LOS MODELOS GLOBALES 429
17.6.1 En las temperaturas extremas 430
17.6.2 En las lluvias 431
17.6.3 Cambios climáticos en la cuenca del Río Huaura 432
17.7 CONCLUSIONES 432
18 ESTIMACIÓN DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS 440
18.1 GENERALIDADES 440
18.2 TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN SUSPENSIÓN 442
18.3 SOBRE EL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS DE FONDO 446
18.3.1 Sección del río SAS-CH-1 446
18.3.2 Sección del río SAS-CH-2 446
18.3.3 Sección del río SAS-CH-3 446
18.3.4 Sección del río SAS-CH-4 447
18.3.5 Sección del río SAS-CH-5 447
18.3.6 Sección del río SAS-CH-6 447
18.3.7 Sección del río SAS-CH-7 447
18.3.8 Sección del río SAS-CH-8 448
18.4 SOBRE EL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS TOTAL 456
18.4.1 Sección del río SAS-CH-1 457
18.4.2 Sección del río SAS-CH-2 457
18.4.3 Sección del río SAS-CH-3 457
18.4.4 Sección del río SAS-CH-4 457
18.4.5 Sección del río SAS-CH-5 458
18.4.6 Sección del río SAS-CH-6 458
18.4.7 Sección del río SAS-CH-7 458
18.4.8 Sección del río SAS-CH-8 458
19 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 2
19.1 CONCLUSIONES 2
19.2 RECOMENDACIONES 5

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 59999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

INDICE DE CUADROS

Cuadro 4-1: ÁREAS DE DRENAJE DE LAS SUBCUENCAS DEL RÍO HUAURA 29

Cuadro 4-2: VARIACIÓN MENSUAL DE LA PRECIPITACIÓN EN LA CUENCA HÚMEDA – MÉTODO DE THIESSEN 30

Cuadro 4-3: VARIACIÓN MENSUAL DE LA PRECIPITACIÓN EN LA CUENCA HÚMEDA – MÉTODO DE ISOYETAS 31

Cuadro 4-4: VARIACIÓN MENSUAL PRECIPITACIÓN EN LAS SUBCUENCAS HÚMEDAS–MÉTODO DE THIESSEN 31

Cuadro 4-5: VARIACIÓN MENSUAL PRECIPITACIÓN EN LAS SUBCUENCAS HÚMEDAS–MÉTODO DE ISOYETAS 33

Cuadro 4-6: BLOQUES DE RIEGO 39

Cuadro 4-7: BLOQUES DE RIEGO POR VALLE 40

Cuadro 4-8: ESTADO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RIEGO (BOCATOMAS) 41

Cuadro 4-9: DRENES DEL VALLE DE HUAURA 42

Cuadro 4-10: DECLARACIÓN DE INTENCIÓN DE SIEMBRA 43

Cuadro 4-11: DEMARCACIÓN ADMINSTRATIVA 44

Cuadro 5-1: Grupo de pluviómetros de las estaciones meteorológicas en la cuenca del río Huaura 49

Cuadro 5-2: Resultados de las pruebas estadísticas de saltos en la media y desviación estándar – Grupo I 56

Cuadro 5-3: Resultados de las pruebas estadísticas de saltos en la media y desviación estándar – Grupo II 57

Cuadro 5-4: Resultados de las pruebas estadísticas de saltos en la media y desviación estándar – Grupo III 58

Cuadro 5-5: Resultados de las pruebas estadísticas de saltos en la media y desviación estándar – Grupo IV 59

Cuadro 5-6: Resultados de las pruebas estadísticas de saltos en la media y desviación estándar – Grupo V 60

Cuadro 5-7: Resultados de las pruebas estadísticas de saltos en la media y desviación estándar – Grupo VI 61

Cuadro 5-8: Resultado de las pruebas estadísticas a las series corregida – Grupo I 61

Cuadro 5-9: Resultados de las pruebas estadísticas a las series corregidas – Grupo II 62

Cuadro 5-10: Resultados de las pruebas estadísticas a las series corregidas – Grupo III 62

Cuadro 5-11: Resultados de las pruebas estadísticas a las series corregidas – Grupo IV 62

Cuadro 5-12: Resultados de las pruebas estadísticas de saltos en la media y desviación estándar – Grupo V 62

Cuadro 5-13: Precipitación máxima en 24 horas de las estaciones meteorológicas 68

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 5-14: Valores de Kn para la prueba de datos dudosos 75
Cuadro 5-15: Resumen de la prueba de los datos dudosos para la estación Alcantarilla 76
Cuadro 5-16: Resumen de la prueba de los datos dudosos para la estación Andajes 76
Cuadro 5-17: Resumen de la prueba de los datos dudosos para la estación Gorgor 77
Cuadro 5-18: Resumen de la prueba de los datos dudosos para la estación Lomas de Lachay 77
Cuadro 5-19: Resumen de la prueba de los datos dudosos para la estación Oyon..... 78
Cuadro 5-20: Resumen de la prueba de los datos dudosos para la estación Oyon..... 78
Cuadro 5-21: Resumen de la prueba de los datos dudosos para la estación Pachamachay..... 79
Cuadro 5-22: Resumen de la prueba de los datos dudosos para la estación Pallac..... 79
Cuadro 5-23: Resumen de la prueba de los datos dudosos para la estación Pampa Libre..... 80
Cuadro 5-24: Resumen de la prueba de los datos dudosos para la estación Parquin 80
Cuadro 5-25: Resumen de la prueba de los datos dudosos para la estación Picoy..... 81
Cuadro 5-26: Resumen de la prueba de los datos dudosos para la estación San Rafael..... 81
Cuadro 5-27: Resumen de la prueba de los datos dudosos para la estación Santa Rosa..... 82
Cuadro 5-28: Resultado estadístico de las distribuciones teóricas – Pmax24h estación Alcantarilla 87
Cuadro 5-29: Resultado estadístico de las distribuciones teóricas – Pmax24h estación Andajes.... 88
Cuadro 5-30: Resultado estadístico de las distribuciones teóricas – Pmax24h estación Gorgor..... 89
Cuadro 5-31: Resultado estadístico de las distribuciones teóricas – Pmax24h estación Oyon 90
Cuadro 5-32: Resultado estadístico de las distribuciones teóricas – Pmax24h estación Lomas de Lachay..... 91
Cuadro 5-33: Resultado estadístico de las distribuciones teóricas – Pmax24h estación Paccho..... 92
Cuadro 5-34: Resultado estadístico de las distribuciones teóricas – Pmax24h estación Pachamachay 93
Cuadro 5-35: Resultado estadístico de las distribuciones teóricas – Pmax24h estación Pampa Libre 94
Cuadro 5-36: Resultado estadístico de las distribuciones teóricas – Pmax24h estación Parquin.... 95
Cuadro 5-37: Resultado estadístico de las distribuciones teóricas – Pmax24h estación Picoy 96
Cuadro 5-38: Resultado estadístico de las distribuciones teóricas – Pmax24h estación Laguna Surasaca 97
Cuadro 5-39: Resultado estadístico de las distribuciones teóricas – Pmax24h estación Ambar 98
Cuadro 5-40: Resultado estadístico de las distribuciones teóricas – Pmax24h estación Yanahuanca 99
Cuadro 5-41: resultados de las pruebas de bondad de ajuste - serie de precipitaciones máximas en estaciones - MÉTODO SMIRNOV KOLMOROV 100
Cuadro 5-42: Coeficientes de duración para duraciones mayores a 1 h del método del MTC 104
Cuadro 5-43: Coeficientes de duración de lluvia entre 48 horas y 1 hora..... 105
Cuadro 5-44: Pesos obtenidos de cada microcuenca del río Huaura 124

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 6-1: Caudal y volumen mensual observado en la estación hidrométrica Sayán – Periodo 1964-1981 128

Cuadro 6-2: Caudal y volumen mensual observado en la estación hidrométrica Sayán – Periodo 2012- 2018 128

Cuadro 6-3: Relación caudal pico/caudal diario en función al área de la cuenca 129

Cuadro 6-4: Transformación a caudal máximo instantáneo estación Sayán 130

Cuadro 6-5: Transformación a caudal máximo instantáneo integración de las estaciones Sayán y Alco-Sayán 130

Cuadro 6-6: Resultado de las distribuciones y selección del caudal máximo instantáneo para diversos periodos de retorno – Estación Sayán 132

Cuadro 6-7: Resultado de las distribuciones y selección del caudal máximo instantáneo para diversos periodos de retorno – integración de las estaciones Sayán y Alco-Sayán 133

Cuadro 6-8: Caudal y volumen mensual observado en la estación hidrométrica Casa Blanca – Periodo 1925-1968 134

Cuadro 6-9: Transformación a caudal máximo instantáneo estación Casa Blanca 135

Cuadro 6-10: Resultado de las distribuciones y selección del caudal máximo instantáneo para diversos periodos de retorno – Estación Casa Blanca 137

Cuadro 6-11: Caudal y volumen mensual observado en la estación hidrométrica Alco-Sayán – Periodo 2001-2009 138

Cuadro 6-12: Transformación a caudal máximo instantáneo estación Alco-Sayán 139

Cuadro 6-13: Resultado de las distribuciones y selección del caudal máximo instantáneo para diversos periodos de retorno – Estación Alco-Sayán 140

Cuadro 6-14: Caudal y volumen mensual observado en la estación hidrométrica Alco-Sayán – Periodo 2001-2009 141

Cuadro 6-15: Caudal y volumen mensual observado en la estación hidrométrica Picoy – Periodo 1974-2017 142

Cuadro 6-16: Transformación a caudal máximo instantáneo estación Picoy 143

Cuadro 6-17: Resultado de las distribuciones y selección del caudal máximo instantáneo para diversos periodos de retorno – Estación Picoy 144

Cuadro 6-18: Caudal y volumen mensual observado en la estación hidrométrica Sayán-Chico – Periodo 1943-1973 145

Cuadro 6-19: Transformación a caudal máximo instantáneo estación Sayán-Chico 146

Cuadro 6-20: Resultado de las distribuciones y selección del caudal máximo instantáneo para diversos periodos de retorno – Estación Sayán-Chico 147

Cuadro 6-21: resultados de las pruebas de bondad de ajuste - serie de caudales máximos instantáneos en estaciones - MÉTODO SMIRNOV KOLMOROV 149

Cuadro 6-22: Pruebas estadísticas de saltos en la media y desviación estándar, E. hidrométricas Grupo I 152

Cuadro 6-23: Pruebas estadísticas de saltos en la media y desviación estándar, E. hidrométricas Grupo III 152

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 6-24: Pruebas estadísticas de saltos en la media y desviación estándar, E. hidrométricas– Grupo IV 153

Cuadro 6-25: Resultados de las pruebas estadísticas a las series hidrométricas corregidas – Grupo III 154

Cuadro 6-26: Resultados de las pruebas estadísticas a las series hidrométricas corregidas – Grupo IV 155

Cuadro 6-27: Caudales (m3/s) medios mensuales extendidos y completados de las estaciones hidrométricas analizadas, correspondiente al periodo 1964-2018 156

Cuadro 7-1: Unidad hidrográfica, división de subcuencas y microcuencas 164

Cuadro 7-2: Características fisiográficas de las subcuencas analizadas de la cuenca del río Huaura 177

Cuadro 7-3: Áreas y perímetros de drenaje 179

Cuadro 7-4: Longitud del curso principal 180

Cuadro 7-5: Pendiente de los cursos de cada microcuenca 182

Cuadro 7-6: Coeficiente de compacidad 188

Cuadro 7-7: Factor Forma 190

Cuadro 7-8: Altitud media de las microcuencas 191

Cuadro 7-9: Pendiente media de las microcuencas 193

Cuadro 7-10: Rectángulo equivalente 195

Cuadro 7-11: Orden de ríos 196

Cuadro 7-12: Densidad de drenaje 198

Cuadro 7-13: Extensión media de escurrimiento 200

Cuadro 8-1: Precipitación total mensual promedio (mm) de estaciones climatológicas 204

Cuadro 8-2: Temperatura promedio mensual y multianual (°C) de estaciones climatológicas 207

Cuadro 8-3: Temperatura máxima promedio mensual y multianual (°C) de estaciones climatológicas 208

Cuadro 8-4: Temperatura mínima media mensual y multianual (°C) de estaciones climatológicas 210

Cuadro 8-5: Ecuaciones de regionalización de la temperatura promedio mensual para el año promedio multianual (°C) 214

Cuadro 8-6: Ecuaciones de regionalización de la temperatura máxima promedio mensual para el año promedio multianual (°C) 215

Cuadro 8-7: Ecuaciones de regionalización de la temperatura mínima promedio mensual para el año promedio multianual (°C) 216

Cuadro N°8-8: Clasificación Térmica según la Evapotranspiración Potencial 219

Cuadro N°8-9: Clasificación por Subtipos según Régimen Térmico 219

Cuadros 8-10: Evapotranspiración Potencial (mm/mes) 220

Cuadros 10-1: Parámetros de tránsito de Caudales 252

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP. 84031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro Nº 10-2: Lagunas reguladas en la subcuenca Quichas-Ushpa y Pampahuay 255
Cuadro Nº 10-3: Lagunas reguladas en la subcuenca Cochaquillo-Queruraccra 255
Cuadro Nº 10-4: Lagunas reguladas en la subcuenca Yarucaya 256
Cuadro Nº 10-5: Mapas temáticos utilizados para el cálculo del CN 256
Cuadro Nº 10-6: Características imagen satélite Landsat 8.....257
Cuadro Nº 10-7: Relación de software utilizados para la determinación del número de curva 257
Cuadro Nº 10-8: Áreas según tipo de suelos en la cuenca del río Huaura 259
Cuadro Nº 10-9: Clasificación según grupo hidrológico del suelo 260
Cuadro Nº 10-10: Clasificación del suelo según tipo hidrológico 261
Cuadro Nº 10-11: Clasificación del Número de Curva, según Y. Hong 261
Cuadro Nº 10-12: Clasificación del Número de Curva, según ANA.....262
Cuadro Nº 10-13: Curva de Número para las coberturas de la cuenca Huaura 263
Cuadro Nº 10-14: Resultados de los Números de Curva en la cuenca del río Huaura.....265
Cuadro 10-15: Tiempo de concentración y coeficiente de almacenamiento de microcuencas 272
Cuadro 10-16: Inputs del método de la onda cinemática 272
Cuadro Nº 10-17: Cota-Área de la Laguna Surasaca 286
Cuadro Nº 10-18: Cota-Área de la laguna Patón.....290
Cuadro 11-1: Relación de presas localizadas en las subcuencas Quinchas-Ushpa y Pampahuay-Patón 302
Cuadro 11-2: Relación de presas localizadas en la subcuenca Cochaquillo-Queruraccra 312
Cuadro 11-3: Relación de presas localizadas en las subcuencas Yarucaya y Huaura-Paccho-Tingo329
Cuadro 12-1: Comparación de resultados de HMS y Método Estadísticos en diversas secciones de la cuenca del río Huaura.....362
Cuadro 12-2: Valores correspondientes a las variables utilizadas por Cowan.....367
Cuadro 13-1: Valores de Período de Retorno T (Años).....371
Cuadro 13-2: Valores recomendados de riesgo admisible de obras de drenaje 371
Cuadro 13-3: Resultados del HEC HMS en la sección confluencias ríos Huaura y Chico – Elemento J196 372
Cuadro 13-4: Periodo de retorno y caudal de diseño seleccionado para los tres proyectos de defensas ribereñas del Componente A 373
Cuadro 14-1: Ordenamiento de las series de caudales (tratadas, completadas y extendidas) de estaciones hidrométricas Alco-Sayán (JJUU), Alco-Sayán (SENAMHI), Casa Blanca (SENAMHI) y Picoy (SENAMHI).....385
Cuadro 14-2: Ordenamiento de las series de caudales (tratadas, completadas y extendidas) de estaciones hidrométricas Santo Domingo (JJUU), Sayán-Chico (SENAMHI), Sayán (SENAMHI) y Yanapampa (JJUU).....387
Cuadro 15-1: Precipitación Areal Promedio Anual (mm) en puntos de interés 407

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 15-2: Generación de caudales mensuales en el río Huaura para el año hidrológico promedio multianual – estación Casa Blanca 410

Cuadro 15-3: Generación de caudales mensuales en el río Huaura para el año hidrológico promedio multianual – estación Sayán-Chico....411

Cuadro 15-4: Generación de caudales mensuales en el río Huaura para el año hidrológico promedio multianual – estación Puente Alco 412

Cuadro 15-5: Generación de caudales mensuales en el río Huaura para el año hidrológico promedio multianual – estación Picoy 413

Cuadro 15-6: Resumen de los Cálculos de la Regresión Múltiple....414

Cuadro 17-1: Los MCG utilizados por el IPCC y analizados en el Perú....429

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: MAPA HIDROGRÁFICO DE LA CUENCA 39

Figura 2: DEMARCACIÓN POLÍTICA.... 45

Figura 3: ACCESIBILIDAD – VIAS DE COMUNICACIÓN 47

Figura 4: Red de estaciones hidrometeorológicas en el ámbito de Estudio 50

Figura 5: ANÁLISIS DOBLE MASA – GRUPO I – ANTES DEL TRATAMIENTO.... 52

Figura 6: ANÁLISIS DOBLE MASA – GRUPO II – ANTES DEL TRATAMIENTO.... 53

Figura 7: ANÁLISIS DOBLE MASA – GRUPO III – ANTES DEL TRATAMIENTO 53

Figura 8: ANÁLISIS DOBLE MASA – GRUPO IV – ANTES DEL TRATAMIENTO.... 54

Figura 9: ANÁLISIS DOBLE MASA – GRUPO V – ANTES DEL TRATAMIENTO.... 54

Figura 10: ANÁLISIS DOBLE MASA – GRUPO VI.... 55

Figura 11: ANÁLISIS DOBLE MASA – GRUPO I - CORREGIDO 57

Figura 12: ANÁLISIS DOBLE MASA – GRUPO II - CORREGIDO 58

Figura 13: ANÁLISIS DOBLE MASA – GRUPO III - CORREGIDO.... 59

Figura 14: ANÁLISIS DOBLE MASA – GRUPO IV - CORREGIDO 59

Figura 15: ANÁLISIS DOBLE MASA – GRUPO V - CORREGIDO 61

Figura 16: HISTOGRAMAS DE PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL/ANUAL, CONSISTENTES, COMPLETADOS Y EXTENDIDOS, ZONA CABECERA NORESTE CUENCA RÍO HUAURA.... 64

Figura 17: HISTOGRAMAS DE PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL/ANUAL, CONSISTENTES, COMPLETADOS Y EXTENDIDOS, ZONA CABECERA SURESTE CUENCA RÍO HUAURA 65

Figura 18: HISTOGRAMAS DE PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL/ANUAL, CONSISTENTES, COMPLETADOS Y EXTENDIDOS, ZONA CENTRO CUENCA RÍO HUAURA 66

Figura 19: HISTOGRAMAS DE PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL/ANUAL, CONSISTENTES, COMPLETADOS Y EXTENDIDOS, ZONA BAJA CUENCA RÍO HUAURA 67

Figura 20: Histograma de precipitación máxima en 24 horas de la estación Alcantarilla 70

Figura 21: Histograma de precipitación máxima en 24 horas de la estación Alcantarilla 70

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
C.I.P N° 58999

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrología
CIP. 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg. Colegio de Ingenieros N°30021

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 22: Histograma de precipitación máxima en 24 horas de la estación Gorgor 70
Figura 23: Histograma de precipitación máxima en 24 horas de la estación Pachamachay 71
Figura 24: Histograma de precipitación máxima en 24 horas de la estación Lachay 71
Figura 25: Histograma de precipitación máxima en 24 horas de la estación Oyon 71
Figura 26: Histograma de precipitación máxima en 24 horas de la estación Paccho 72
Figura 27: Histograma de precipitación máxima en 24 horas de la estación Pallac 72
Figura 28: Histograma de precipitación máxima en 24 horas de la estación Pampa Libre 72
Figura 29: Histograma de precipitación máxima en 24 horas de la estación Parquin 73
Figura 30: Histograma de precipitación máxima en 24 horas de la estación Picoy 73
Figura 31: Histograma de precipitación máxima en 24 horas de la estación San Rafael 73
Figura 32: Histograma de precipitación máxima en 24 horas de la estación Santa Cruz 74
Figura 33: Curvas de Intensidad de la Estación Alcantarilla 107
Figura 34: Curvas de Intensidad de la Estación Ambar 108
Figura 35: Curvas de Intensidad de la Estación Andajes 109
Figura 36: Curvas de Intensidad de la Estación Carhuacayan 110
Figura 37: Curvas de Intensidad de la Estación Gorgor 111
Figura 38: Curvas de Intensidad de la Estación Laguna Surasaca 112
Figura 39: Curvas de Intensidad de la Estación Lomas de Lachay 113
Figura 40: Curvas de Intensidad de la Estación Oyón 114
Figura 41: Curvas de Intensidad de la Estación Paccho 115
Figura 42: Curvas de Intensidad de la Estación Pachamachay 116
Figura 43: Curvas de Intensidad de la Estación Pampa Libre 117
Figura 44: Curvas de Intensidad de la Estación Parquin 118
Figura 45: Curvas de Intensidad de la Estación Picoy 119
Figura 46: Curvas de Intensidad de la Estación Yanahuanca 120
Figura 47: Polígonos de Thiessen de la Cuenca del Río Huaura 126
Figura 48: Diagrama de masas de las estaciones hidrométricas Puente-Alco, Casa Blanca, Sayán y Sayán-Chico 150
Figura 49: Diagrama de masas de las estaciones hidrométricas Puente-Alco y Picoy 151
Figura 50: Diagrama de masas de las estaciones hidrométricas Puente-Alco, Santo Domingo y Yanapampa 151
Figura 51: Diagrama de masas del Grupo III corregido 153
Figura 52: Diagrama de masas del Grupo IV corregido 154
Figura 53: Histogramas de caudales promedios mensuales, estaciones: Alco-Sayán, Casa Blanca y Picoy 158

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISIÓN HUAURA
CIP 78998

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 54: Histogramas de caudales promedios mensuales, estaciones: Santo Domingo, Sayán-Chico, Sayán y Yanapampa 159

Figura 55: hidrogramas de caudales medios mensuales extendidos y completados de las estaciones Puente-Alco y Alco-Sayán, Periodo 1964-2018 160

Figura 56: hidrogramas de caudales medios mensuales extendidos y completados de las estaciones Casa Blanca y Picoy, Periodo 1964-2018 161

Figura 57: hidrogramas de caudales medios mensuales extendidos y completados de las estaciones Sayán y Sayán-Chico, Periodo 1964-2018 162

Figura 58: hidrogramas de caudales medios mensuales extendidos y completados de las estaciones Santo Domingo, Periodo 1964-2018 163

Figura 59: Comportamiento estacional, periodos de avenida y estiaje del río Huaura – Estación Sayán del año promedio multianual, periodo 1964-2018 167

Figura 60: Subcuencas y microcuencas de la cuenca hidrográfica del río Huaura 169

Figura 61: Perfil longitud del curso principal de la subcuenca Quichas-Ushpa 184

Figura 62: Perfil longitud del curso principal de la subcuenca Pampahuay-Paton 184

Figura 63: Perfil longitud del curso principal de la subcuenca Huaura-Churin 184

Figura 64: Perfil longitud del curso principal de la subcuenca Cochaquillo-Queruraccra 185

Figura 65: Perfil longitud del curso principal de la subcuenca Checras 185

Figura 66: Perfil longitud del curso principal de la subcuenca Huaura-Paccho-Tingo 185

Figura 67: Perfil longitud del curso principal de la subcuenca Yarucaya 186

Figura 68: Perfil longitud del curso principal de la subcuenca Huaura-Sayán 186

Figura 69: Perfil longitud del curso principal de la subcuenca Chico-Auquimarca 186

Figura 70: Perfil longitud del curso principal de la subcuenca Huaura Medio 187

Figura 71: Perfil longitud del curso principal de la subcuenca Huaura Bajo 187

Figura 72: Codificación y delimitación de subcuencas y microcuencas de la cuenca del río Huaura 202

Figura 73: Gráfico de la de la precipitación total mensual promedio (mm) – Estaciones Climatológicas 206

Figura 74: Variación de la temperatura promedio mensual (°C) – Estaciones Climatológicas 207

Figura 75: Variación de la temperatura máxima promedio mensual (°C) – Estaciones Climatológicas 209

Figura 76: Gráfico de la temperatura mínima media mensual (°C) – Estaciones Climatológicas 210

Figura 77: Correlación de la Temperatura Media Multianual (°C) / Altitud, estaciones en la cuenca del río Huaura 217

Figura 78: Gradiente Térmico en la cuenca del río Huaura 218

Figura 79: Imagen satelital ALOS PALSAR de la cuenca del río Huaura 223

Figura 80: Imagen DEM de la cuenca del río Huaura 224

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP. 84084

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 81: Reacondicionamiento de la cuenca del río Huaura 225
Figura 82: Fill Sinks de la cuenca del río Huaura 226
Figura 83: Flow Direction de la cuenca del río Huaura 227
Figura 84: Flow Accumulation de la cuenca del río Huaura 228
Figura 85: Definición de corrientes de la cuenca del río Huaura 229
Figura 86: Segmentación de corrientes de la cuenca del río Huaura 230
Figura 87: Procesamiento de los polígonos de las microcuencas de la cuenca del río Huaura 231
Figura 88: Procesamiento de las líneas de drenaje de la cuenca del río Huaura 232
Figura 89: Procesamiento de las subcuencas 233
Figura 90: Limite del proyecto hasta el cruce con la carretera Panamericana 234
Figura 91: Proyecto generado hasta el cruce con la carretera Panamericana 235
Figura 92: Perfil del río (Tramo Inicial) 238
Figura 93: Longitud del río 238
Figura 94: Pendiente de la cuenca 239
Figura 95: Ruta más larga del flujo 240
Figura 96: Centroide de la cuenca 241
Figura 97: Resumen de la data generada de las microcuencas 246
Figura 98: Resumen de la data generada de los cursos principales 246
Figura 99: Mapa generado topológico para el HEC-HMS 247
Figura 100: Importe modelo de la cuenca que se creó con GEO-HMS 249
Figura 101: Topología del área de drenaje en estudio 253
Figura 102: Relación de elementos que componen el modelo hidrológico del río Huaura 254
Figura 103: Delimitación del tipo de suelos en la cuenca del río Huaura 258
Figura 104: Delimitación de la cobertura vegetal en la cuenca del río Huaura 259
Figura 105: Mapa de Curva de Número para la cuenca del río Huaura 264
Figura 106: Vista Frontal la Presa Surasaca 283
Figura 107: Aliviadero Tipo Campana de la Presa Surasaca 284
Figura 108: Salida del Túnel de Descarga 284
Figura 109: Cota-Área de la laguna Surasaca en HEC HMS 286
Figura 110: Características del aliviadero de la laguna Surasaca 287
Figura 111: Vista satelital de las lagunas Patón y Añilcocha 288
Figura 112: Vista Laguna Patón 289
Figura 113: Cota-Área de la laguna Patón en HEC HMS 290
Figura 114: Características del aliviadero de la laguna Patón 291
Figura 115: Ubicación del elemento hidrológico J222 292

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP Nº 59999

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 116: Hidrograma de la avenida de 2 años. Sección de la cuenca "Estación Sayán".....293
Figura 117: Hidrograma de la avenida de 5 años. Sección de la cuenca "Estación Sayán".....294
Figura 118: Hidrograma de la avenida de 10 años. Sección de la cuenca "Estación Sayán".....295
Figura 119: Hidrograma de la avenida de 25 años. Sección de la cuenca "Estación Sayán".....296
Figura 120: Hidrograma de la avenida de 50 años. Sección de la cuenca "Estación Sayán".....297
Figura 121: Hidrograma de la avenida de 100 años. Sección de la cuenca "Estación Sayán".....298
Figura 122: Hidrograma de la avenida de 200 años. Sección de la cuenca "Estación Sayán".....299
Figura 123: Hidrograma de la avenida de 500 años. Sección de la cuenca "Estación Sayán".....300
Figura 124: Hidrograma de la avenida de 1000 años. Sección de la cuenca "Estación Sayán".....301
Figura 125: Ubicación del elemento hidrológico J330.....302
Figura 126: Hidrograma de la avenida de 2 años. Sección de la cuenca "Convergencia J330".....303
Figura 127: Hidrograma de la avenida de 5 años. Sección de la cuenca "Convergencia J330".....304
Figura 128: Hidrograma de la avenida de 10 años. Sección de la cuenca "Convergencia J330".....305
Figura 129: Hidrograma de la avenida de 25 años. Sección de la cuenca "Convergencia J330".....306
Figura 130: Hidrograma de la avenida de 50 años. Sección de la cuenca "Convergencia J330".....307
Figura 131: Hidrograma de la avenida de 100 años. Sección de la cuenca "Convergencia J330"...308
Figura 132: Hidrograma de la avenida de 200 años. Sección de la cuenca "Convergencia J330"...309
Figura 133: Hidrograma de la avenida de 500 años. Sección de la cuenca "Convergencia J330"...310
Figura 134: Hidrograma de la avenida de 1000 años. Sección de la cuenca "Convergencia J330".311
Figura 135: Ubicación del elemento hidrológico J248.....312
Figura 136: Hidrograma de la avenida de 2 años. Sección de la cuenca "Convergencia J248".....313
Figura 137: Hidrograma de la avenida de 5 años. Sección de la cuenca "Convergencia J248".....314
Figura 138: Hidrograma de la avenida de 10 años. Sección de la cuenca "Convergencia J248".....315
Figura 139: Hidrograma de la avenida de 25 años. Sección de la cuenca "Convergencia J248".....316
Figura 140: Hidrograma de la avenida de 50 años. Sección de la cuenca "Convergencia J248".....317
Figura 141: Hidrograma de la avenida de 100 años. Sección de la cuenca "Convergencia J248"...318
Figura 142: Hidrograma de la avenida de 200 años. Sección de la cuenca "Convergencia J248"...319
Figura 143: Hidrograma de la avenida de 500 años. Sección de la cuenca "Convergencia J248"...320
Figura 144: Hidrograma de la avenida de 1000 años. Sección de la cuenca "Convergencia J248".321
Figura 145: Ubicación del elemento hidrológico J286.....322
Figura 146: Hidrograma de la avenida de 2 años. Sección de la cuenca "Convergencia J286".....323
Figura 147: Hidrograma de la avenida de 5 años. Sección de la cuenca "Convergencia J286".....323
Figura 148: Hidrograma de la avenida de 10 años. Sección de la cuenca "Convergencia J286".....324
Figura 149: Hidrograma de la avenida de 25 años. Sección de la cuenca "Convergencia J286".....325
Figura 150: Hidrograma de la avenida de 50 años. Sección de la cuenca "Convergencia J286".....325

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP. 64931

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 151: Hidrograma de la avenida de 100 años. Sección de la cuenca "Convergencia J286"...326
Figura 152: Hidrograma de la avenida de 200 años. Sección de la cuenca "Convergencia J286"...327
Figura 153: Hidrograma de la avenida de 500 años. Sección de la cuenca "Convergencia J286"...327
Figura 154: Hidrograma de la avenida de 1000 años. Sección de la cuenca "Convergencia J286" .328
Figura 155: Ubicación del elemento hidrológico J237.....329
Figura 156: Hidrograma de la avenida de 2 años. Sección de la cuenca "Convergencia J237" 330
Figura 157: Hidrograma de la avenida de 5 años. Sección de la cuenca "Convergencia J237" 331
Figura 158: Hidrograma de la avenida de 10 años. Sección de la cuenca "Convergencia J237" 331
Figura 159: Hidrograma de la avenida de 25 años. Sección de la cuenca "Convergencia J237" 332
Figura 160: Hidrograma de la avenida de 50 años. Sección de la cuenca "Convergencia J237" 333
Figura 161: Hidrograma de la avenida de 100 años. Sección de la cuenca "Convergencia J237"...333
Figura 162: Hidrograma de la avenida de 200 años. Sección de la cuenca "Convergencia J237"...334
Figura 163: Hidrograma de la avenida de 500 años. Sección de la cuenca "Convergencia J237"...335
Figura 164: Hidrograma de la avenida de 1000 años. Sección de la cuenca "Convergencia J237" .335
Figura 165: Ubicación del elemento hidrológico J196.....336
Figura 166: Hidrograma de la avenida de 2 años. Sección de la cuenca "Convergencia J196" 337
Figura 167: Hidrograma de la avenida de 5 años. Sección de la cuenca "Convergencia J196" 338
Figura 168: Hidrograma de la avenida de 10 años. Sección de la cuenca "Convergencia J196" 339
Figura 169: Hidrograma de la avenida de 25 años. Sección de la cuenca "Convergencia J196" 340
Figura 170: Hidrograma de la avenida de 50 años. Sección de la cuenca "Convergencia J196" 341
Figura 171: Hidrograma de la avenida de 100 años. Sección de la cuenca "Convergencia J196"...342
Figura 172: Hidrograma de la avenida de 200 años. Sección de la cuenca "Convergencia J196"...343
Figura 173: Hidrograma de la avenida de 500 años. Sección de la cuenca "Convergencia J196"...344
Figura 174: Hidrograma de la avenida de 1000 años. Sección de la cuenca "Convergencia J196" .345
Figura 175: Ubicación del elemento hidrológico J211.....346
Figura 176: Hidrograma de la avenida de 2 años. Sección de la cuenca "Convergencia J211" 347
Figura 177: Hidrograma de la avenida de 5 años. Sección de la cuenca "Convergencia J211" 347
Figura 178: Hidrograma de la avenida de 10 años. Sección de la cuenca "Convergencia J211" 348
Figura 179: Hidrograma de la avenida de 25 años. Sección de la cuenca "Convergencia J211" 349
Figura 180: Hidrograma de la avenida de 50 años. Sección de la cuenca "Convergencia J211" 349
Figura 181: Hidrograma de la avenida de 100 años. Sección de la cuenca "Convergencia J211"...350
Figura 182: Hidrograma de la avenida de 200 años. Sección de la cuenca "Convergencia J211"...351
Figura 183: Hidrograma de la avenida de 500 años. Sección de la cuenca "Convergencia J211"...351
Figura 184: Hidrograma de la avenida de 1000 años. Sección de la cuenca "Convergencia J211" .352
Figura 185: Ubicación del elemento hidrológico Outlet 1 353

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ing.

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 186: Hidrograma de la avenida de 2 años. Sección de la cuenca "Outlet 1" 354
Figura 187: Hidrograma de la avenida de 5 años. Sección de la cuenca "Outlet 1" 354
Figura 188: Hidrograma de la avenida de 10 años. Sección de la cuenca "Outlet 1" 355
Figura 189: Hidrograma de la avenida de 25 años. Sección de la cuenca "Outlet 1" 356
Figura 190: Hidrograma de la avenida de 50 años. Sección de la cuenca "Outlet 1" 356
Figura 191: Hidrograma de la avenida de 100 años. Sección de la cuenca "Outlet 1" 357
Figura 192: Hidrograma de la avenida de 200 años. Sección de la cuenca "Outlet 1" 358
Figura 193: Hidrograma de la avenida de 500 años. Sección de la cuenca "Outlet 1" 358
Figura 194: Hidrograma de la avenida de 1000 años. Sección de la cuenca "Outlet 1" 359
Figura 195: Caudales máximos instantáneos para diversos periodos de retorno en secciones de interés de la cuenca del río Huaura mediante el modelo HEC-HMS 360
Figura 196: Puntos de control para la calibración del modelo hidrológico de la cuenca del río Huaura 361
Figura 197: Ubicación de puente Sayán, y localidad del mismo nombre 364
Figura 198: Puente Sayán, vista de ingreso a localidad del mismo nombre 365
Figura 199: Puente Sayán, vista de aguas abajo margen izquierda. Viviendas expuestas a socavación y colapso por máximas avenidas 366
Figura 200: Resultado del caudal máximo obtenido mediante huella máxima con flujo uniforme 368
Figura 201: Riesgo de por lo menos una excedencia del evento de diseño durante la vida útil.....370
Figura 202: Localización de estaciones hidrométricas utilizadas en el estudio 389
Figura 203: Curva de duración del río Huaura – Estación Puente-Alco (JJUU) 391
Figura 204: Curva de duración del río Huaura – Estación Alco-Sayán (SENAMHI) 393
Figura 205: Curva de duración del río Huaura – Estación Casa Blanca (SENAMHI) 395
Figura 206: Curva de duración del río Huaura – Estación Picoy (SENAMHI) 397
Figura 207: Curva de duración del río Huaura – Estación Santo Domingo 399
Figura 208: Curva de duración del río Huaura – Estación Sayán-Chico (SENAMHI) 401
Figura 209: Curva de duración del río Huaura – Estación Sayán (SENAMHI) 403
Figura 210: Curva de duración del río Huaura – Estación Yanapampa (JJUU) 405
Figura 211: Propuesta de localización de estaciones hidrometeorológicas en el ámbito de la cuenca del río Huaura 416
Figura 212: Mapa de ubicación de estaciones hidrometeorológicas propuestas en el ámbito de la cuenca del río Huaura 422
Figura 213: Parte media alta de la figura 2. Parte media de la cuenca del Río Huaura cuenca del Río Huaura 426
Figura 214: Variación porcentual (%) de las precipitaciones anuales simulada por los modelos CCCma, CCSR/NIES, CSIRO, HADCM3 y NCAR-PCM, para la década del 2030 en relación a la climatología 1961-1990 430

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 215: Ubicación de las secciones de medición de caudales y sedimentos en la cuenca del río Huaura 441

Figura 216: Variación mensual del transporte de fondo por diversos métodos, sección SAS-CH-1. 449

Figura 217: Variación mensual del transporte de fondo por diversos métodos, sección SAS-CH-2. 450

Figura 218: Variación mensual del transporte de fondo por diversos métodos, sección SAS-CH-3. 451

Figura 219: Variación mensual del transporte de fondo por diversos métodos, sección SAS-CH-4. 452

Figura 220: Variación mensual del transporte de fondo por diversos métodos, sección SAS-CH-5. 453

Figura 221: Variación mensual del transporte de fondo por diversos métodos, sección SAS-CH-6. 454

Figura 222: Variación mensual del transporte de fondo por diversos métodos, sección SAS-CH-7. 455

Figura 223: Variación mensual del transporte de fondo por diversos métodos, sección SAS-CH-8. 456

Figura 224: Caudales máximos instantáneos para diversos periodos de retorno en secciones de interés de la cuenca del río Huaura mediante el modelo HEC-HMS 4

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

1 INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

El presente estudio hidrológico comprende el análisis y determinación de la información histórica de avenidas disponibles en las secciones de interés de la cuenca del río Huaura; la información obtenido fue de uso en el planteamiento y diseño de las obras hidráulicas para el proyecto "**CREACIÓN DEL SERVICIO DE PROTECCIÓN EN LAS RIBERAS DEL RIO HUAURA, VULNERABLE ANTE PELIGRO DE INUNDACIONES, EN LA LOCALIDAD DE 5 DISTRITOS DE LA PROVINCIA DE OYÓN Y 6 DISTRITOS DE LA PROVINCIA DE HUAURA – DEPARTAMENTO DE LIMA",** formulada en el marco del servicio de consultoría: **"FORMULACIÓN DEL PLAN INTEGRAL PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RÍO HUAURA - REGIÓN LIMA PARA LA RECONSTRUCCIÓN CON CAMBIOS".** En adelante el Plan.

Para efectos de la presente consultoría, entiéndase por Plan Integral para el control de inundaciones y movimiento de masas de las cuencas, como aquel documento de gestión que contempla la selección de un portafolio viable, integral y sostenible de intervenciones estructurales y no estructurales a ser implementadas en los tres niveles de la cuenca (alta, media y baja) con la finalidad de alcanzar los niveles deseados de protección y seguridad, mediante la reducción del riesgo de desastres ocasionados por inundaciones y movimientos de masa. Dicha reducción del riesgo de desastres se logrará ya sea reduciendo la exposición o vulnerabilidad de personas, bienes y medio ambiente, como fortaleciendo su resiliencia. El Plan incorpora los enfoques de gestión del riesgo de desastres y de desarrollo sostenible.

El estudio hidrológico permitió establecer lo siguiente: caudal máximo de diseño, caudal máximo de entrada a los embalses, caudales de laminación, caudales máximos para diferentes periodos de retorno, comportamiento hidráulico del río en los tramos que comprende cada proyecto, nivel máximo de agua (NMA), la profundidad de socavación, profundidad mínima para la ubicación de la uña antisocavante, y las previsiones para el diseño de las defensas ribereñas.

Se recopilo información de campo y se revisó toda la información hidrológica y meteorológica disponible, además se complementó con data existente en el SENAMHI para la zona del proyecto y cuencas aledañas, y mediante uso de técnicas estadísticas se efectuó el análisis de consistencia de dicha información.

El presente informe tiene por finalidad proporcionar la información procesada y evaluada del recurso hídrico para ser empleada en la gestión y distribución del recurso hídrico, diseño y dimensionamiento de las obras hidráulicas proyectadas (captación, conducción obras de arte, regulación, excedencia, protección, etc.). Para ello fue necesario precisar la disponibilidad de agua, las características, de las avenidas y periodos de sequía.

Se evaluó las características físicas y ecológicas de la cuenca, evaluación de las variables meteorológicas, comportamiento de la precipitación en la cuenca, disponibilidad hídrica de la cuenca y de las subcuencas más importantes, eventos hidrológicos extremos, y su sistematización en una base de datos georeferenciados que serán de mucha utilidad para la gestión y toma de decisiones de las Autoridades en sus distintos niveles de gestión.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58599

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Mardel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 84031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

impactos son mucho mayores con la ocurrencia del Fenómeno "El Niño" cuando las avenidas extraordinarias incrementan los volúmenes de erosión, arrastre e inundaciones.

El Fenómeno "El Niño" (FEN) es un fenómeno generado por la dinámica atmosférica global que se presenta con intervalos diferenciales de entre cinco a quince años, y se manifiesta con la presencia de aguas muy cálidas frente a la costa del pacifico, el incremento de temperatura terrestre y la generación de lluvias de alta intensidad una vez que las masas húmedas se van adentrando a la plataforma continental.

Este fenómeno afecta todas las cuencas del Perú, principalmente a las cuencas de la vertiente del pacífico, y es el desencadenante de eventos meteorológicos catastróficos al desencadenar avenidas e inundaciones ocasionados por eventos pluviométricos largos e intensos.

Durante este tipo de eventos, las lluvias se presentan con mayor intensidad en la parte central y alta de la cuenca, con incremento significativo de caudales produciendo desbordes e inundaciones en la cuenca baja y eventualmente deslizamientos y huaycos que afectaron áreas de cultivos e infraestructura vial. En cuanto a la zona baja de la cuenca las precipitaciones son de menor intensidad, siendo su aporte hídrico al curso principal insignificante.

El Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (COEN), informó que, durante la presencia del Niño Costero, se ha producido lo siguiente:

En el sector de Andahuasi, distrito de Sayán, provincia limeña de Huaura, las aguas afectaron unas 100 hectáreas de cultivo de maíz, cañas de azúcar y sembríos, por lo que los agricultores pidieron al Gobierno Regional de Lima y al gobierno central ayuda debido a las pérdidas producidas por este evento.

De igual modo, las lluvias en la zona altoandina ocasionaron la presencia de huaycos que arrasaron diversas calles del distrito de Ambar, también en Huaura.

Ante este hecho, los pobladores se encontraron incomunicados y sin energía eléctrica, asimismo la carretera de acceso se bloqueó en los caseríos, por lo que los pobladores pidieron ayuda al Ejército para que lo ayuden debido a la falta de apoyo de las autoridades.

2 OBJETIVOS

2.1 GENERALES

Determinar los caudales máximos para diferentes periodos de retorno en el cauce principal y las provenientes de las principales quebradas aportantes con la finalidad de proponer obras para el control de avenidas. Las avenidas de diseño correspondientes a incidentes meteorológicos de alta (2, 10, 25 años), media (50 años) y baja (100, 500 y 1000 años) probabilidad asociados a los puntos significativos seleccionados. Para ello se utilizará el modelo hidrológico HEC-HMS y su correspondiente extensión GEO-HMS en ARC-GIS; y de esta manera obtener el tránsito de avenida para diversos periodos de retorno en las zonas de interés de la cuenca. Dicho modelo será convenientemente calibrado con datos reales de campo.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

2.2 ESPECÍFICOS

- Determinar las características físicas y ecológicas de la cuenca.
- Evaluar las variables meteorológicas.

Ing Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

- Evaluación del comportamiento de la precipitación en la cuenca y sub- cuencas.
- Determinar la disponibilidad hídrica de la cuenca y de las subcuencas más importantes.
- Evaluar eventos hidrológicos extremos.
- Realizar aforos y estimar el transporte de sedimentos en determinadas secciones de la cuenca.

3 PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

3.1 ACTIVIDADES PRELIMINARES

Para la realización del estudio se efectuaron una serie de actividades preliminares previas a los trabajos de campo, que se mencionan a continuación:

- Coordinaciones con las diferentes entidades relacionadas con el tema.
- Datos hidrometeorológicos históricos, obtenidos de entidades, como SENAMHI, ALA Huaura, Juntas de Usuarios Huaura, instituciones públicas y privadas, información satelital, otros.
- Estudios anteriores, inventarios existentes de fuentes hídricas, obras hidráulicas, otros.
- Cartografía general y detallada (impresa y digital), obtenida del IGN, ex- ONERN, otros.
- Imágenes satelitales de libre descarga con escala conveniente.
- Uso actual del agua en la cuenca y derechos de uso.

3.2 TRABAJOS DE CAMPO

Los trabajos de campo realizados durante la ejecución del estudio correspondieron a:

- Reconocimiento de la zona de estudio.
- Aforos y medición de sedimentos en suspensión en el cauce principal del río Huaura, específicamente en la convergencia de sus principales fuentes tributarias a lo largo de su recorrido.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

3.3 TRABAJOS DE GABINETE

Los trabajos de gabinete durante la ejecución del estudio correspondieron a:

- Revisión de estudios hidrológicos realizados, teniendo en cuenta su relevancia y su cronología.
- Diagnóstico general de la situación actual de la cuenca.
- Delimitación de las subcuencas más importantes.
- Ubicación de los puntos de aforo y sedimentos en suspensión.
- Desarrollo del aspecto climatológico de la cuenca, describiendo las diferentes variables climáticas como son la precipitación, temperatura, humedad relativa.
- Descripción del sistema hidrográfico de la cuenca y subcuencas.
- Descripción de las características fisiográficas de la cuenca, como son los parámetros de forma y relieve de la cuenca y subcuencas más representativas.
- Descripción de los registros históricos hidrometeorológicos disponibles para el estudio y procesamiento en cuadros y gráficos.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP Nº 58999

Ing Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP. 84051

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegi

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

- Análisis de la información hidrometeorológica que incluye: el análisis de consistencia, completación y extensión de las series.
- Revisión de información del SENAMHI y Universidades sobre los estudios y soluciones para el río en estudio.
- Principales características de la cuenca involucrada en el proyecto.
- Se efectuarán las correcciones y complementaciones de las series hidrológicas y meteorológicas que fueran necesarias.
- Características climatológicas de la cuenca.
- Régimen pluviométrico.
- Régimen hidrológico característico de la cuenca colectora del río en estudio y de las cuencas involucradas en el proyecto.
- Correlaciones con cuencas similares.
- Curvas de duración de diferentes probabilidades.
- Modelos hidrológicos-pluviométricos de escurrimiento y pluviometría y reconstrucción de hidrogramas en base a la pluviometría.
- Caudales y masas disponibles, máximas, medias y mínimas.
- Distribución mensual del caudal medio anual.
- El estudio hidrológico será elaborado con un enfoque de cuenca, subcuenca o microcuenca en dependencia del área del proyecto y la propuesta de todas sus obras que la componen.
- Análisis espacial y delineamiento de subcuencas y corrientes; siendo necesaria la aplicación de herramientas computacionales como el Geo-HMS para Arc Gis que efectiviza el análisis.
- Como parte del punto anterior, será necesario determinar el modelo de elevación digital (DEM) y los shp para ArcGIS de la cuenca del río Huara, los cuales pueden valerse de fuentes oficiales de libre descarga como el ANA, INGEMET y páginas web que posibilitan la descarga gratuita de imágenes de buena resolución.
- Generación por modelos matemáticos de series de descargas medias mensuales que cubran un período representativo de las variaciones anuales del régimen hidrológico de la cuenca.
- Volúmenes escurridos en periodos determinados
- Análisis de avenidas para las obras de laminación, conducción y alivio, así como para las etapas constructivas.
- El análisis de máximas avenidas se deberá establecer para dimensionar las obras de captación y alivio, así como para las etapas constructivas.
- Selección de los caudales de avenida para el dimensionamiento de las obras de alivio, captación y protección del proyecto.
- Estimación de sedimentos en suspensión y de fondo.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Sistematización de la información cartográfica

- La información cartográfica en formato SIG será presentada en el sistema WGS-84 zona 18 Sur.
- Presentación en planos temáticos de todos los resultados del estudio hidrológico.
- Integración de las coberturas temáticas de la cuenca, tales como: curvas de nivel, red de drenaje, ecología, y otras de importancia como cobertura vegetal, suelos, geología, sistema vial y centros poblados.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

3.4 INFORMACIÓN BÁSICA

3.4.1 Recopilación de Información Básica

Se ha efectuado la revisión de estudios anteriores realizados en el ámbito de la cuenca y cuencas vecinas.

3.4.2 Información Hidrometeorológica

La información meteorológica básica ha sido obtenida de los registros del SENAMHI, y del Climatic Research Unit (CRU), información que se encuentra disponible en la página web.

Así mismo, ha sido adquirida la información hidrometeorológica existente faltante del SENAMHI y Junta de Usuarios del Sector Hidráulico Huaura.

En el Cuadro N° 3.1, se muestra la relación de estaciones hidrometeorológicas que serán utilizadas en el estudio hidrológico. Cabe mencionar que en la página web del SENAMHI: https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones, se puede acceder a la descargar de información meteorológica con una extensión de registros aceptable (registros diarios), sin embargo, se comprará la información del periodo faltante, hasta obtener un periodo de análisis común entre los años 1964 y 2018.

3.4.2.1 Información Recopilada

La red de monitoreo hidrometeorológico oficial de la cuenca del río Huaura y cuencas vecinas es operada en su mayoría por el SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú). La red evaluada ha sido la siguiente:

Red Meteorológica: Un total de 18 estaciones meteorológicas actualmente funcionando, de las cuales 08 son meteorológicas convencionales que miden diariamente distintas variables según la configuración de cada estación y 09 son pluviométricas. Del total de estaciones disponibles, existen 17 estaciones meteorológicas que se encuentran operando actualmente y 01 estación no vigente (Estación Santa Rosa) pero presenta un registro histórico de datos diarios.

Red Hidrométrica: Ha sido un total de 07 estaciones hidrométricas, de las cuales 05 estaciones se localizan en la cuenca del río Huaura, 01 estación en la cuenca del río Pativilca y 01 estación en la cuenca del río Chancay-Huaral. De las 05 estaciones localizadas en Huaura, 03 funcionan y 02 no vigentes, pero presenta un registro histórico de datos diarios.

3.4.2.2 Importancia y su aplicación en el estudio hidrológico

Para el análisis de la situación actual de la red de estaciones meteorológicas se han considerado las estaciones disponibles en la cuenca del río Huaura y cuencas vecinas. De la relación presentada en el Cuadro 3.1, se han seleccionado las estaciones que serán utilizadas en el desarrollo de cada componente del estudio hidrológico, cabe mencionar que se descartó la estación San Rafael por ubicarse en la cuenca vecina del río Huallaga pertenece a la vertiente del Atlántico; y para el caso de la estación Santa Rosa solo se tomó el registro de la temperatura diaria, pues gran parte de la precipitación diaria tienen valores ceros y muchos vacíos que generan errores en el análisis.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Finalmente, las estaciones consideradas según temas del estudio hidrológico, fueron las siguientes:

- Análisis, tratamiento y extensión pluviométrica: Gorgor, Oyón, Andajes, Ambar, Parquin, Picoy, Santa Cruz, Pampa Libre, Paccho, Pallac, Pachamachay, Alcantarilla, Lomas de Lachay, Carhuacayan, Cajatambo y Laguna Surasaca.
- Análisis, tratamiento y extensión hidrométrica: Sayán, Picoy, Puente Alco, Casa Blanca, Sayán-Chico, Yanapampa y Santo Domingo.
- Análisis de la precipitación máxima 24h, Curva-Intensidad e Hietogramas: Alcantarilla, Ambar, Andajes, Carhuacayan, Gorgor, Laguna Surasaca, Lomas de Lachay, Oyón, Paccho, Pachamachay, Pampa Libre, Picoy y Yanahuanca.
- Estaciones que inciden en el cálculo de la precipitación areal de las subcuencas y microcuencas del río Huaura: Alcantarilla, Ambar, Andajes, Gorgor, Laguna Surasaca, Oyón, Paccho, Pachamachay, Pampa Libre, Parquin y Picoy.

En el Cuadro N° 3.1, se puede apreciar el tipo de información, el periodo registrado y el periodo completado.

Manuel J. Egos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43206

Ing. Manuel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro N° 3.1: Relación de estaciones hidrometeorológicas localizadas en la cuenca del río Huaura y cuencas vecinas

ESTACION	TIPO	ESTE	NORTE	ALTITUD	CUENCA	DPTO	PROV.	DIST.	OPERADOR	ESTADO	PERIODO OBTENIDO		PERIODO COMPLETADO	
											Desde	Hasta	Desde	Hasta
SAYAN	HIDROMÉTRICA	259,731	8,766,543	790	RÍO HUAURA	LIMA	HUAURA	SAYAN	SENAMHI	FUNCIONANDO	1/01/1964 30/09/2012	30/06/1981 31/12/2018	1/01/1964	31/12/2018
PICOY	HIDROMÉTRICA, PLUVIOMÉTRICA	310,199	8,792,139	2,903	RÍO HUAURA	LIMA	HUAURA	SANTA LEONOR	SENAMHI	FUNCIONANDO	31/10/1985 1/01/2014	30/11/1995 30/06/2017	1/01/1964	31/12/2018
PUENTE ALCO	HIDROMÉTRICA	268,993	8,778,591	1,000	RÍO HUAURA	LIMA	HUAURA	SAYAN	JUNTA DE USUARIOS	FUNCIONANDO	1/01/1967	31/12/2008	1/01/1964	31/12/2018
CASA BLANCA	HIDROMÉTRICA	258,030	8,767,086	611	RÍO HUAURA	LIMA	HUAURA	SAYAN	SENAMHI	NO FUNCIONANDO	1/09/1925	1/07/1968	1/01/1964	31/12/2018
SAYÁN CHICO	HIDROMÉTRICA	260,289	8,767,085	675	RÍO HUAURA	LIMA	HUAURA	SAYAN	SENAMHI	NO FUNCIONANDO	1/09/1943	31/12/1973	1/01/1964	31/12/2018
YANAPAMPA	AUTOMÁTICA HIDROLÓGICA	243,544	8,826,622	809	RÍO PATIVILCA	ANCASH	OCROS	ACAS	SENAMHI	FUNCIONANDO	1/01/1967	31/12/2008	1/01/1964	31/12/2018
SANTO DOMINGO	AUTOMÁTICA HIDROLÓGICA	278,671	8,742,315	620	RÍO CHANCAY-HUARAL	LIMA	HUARAL	HUARAL	SENAMHI	FUNCIONANDO	1/01/1964	31/12/2009	1/01/1964	31/12/2018
RLC ANTARILLA	CONVENCIONAL-METEOROLOGICA	220,246	8,776,111	131	RÍO HUAURA	LIMA	HUAURA	HUAURA	SENAMHI	FUNCIONANDO	8/01/1967	31/12/2018	1/01/1964	31/12/2018
ANDAJES	PLUVIOMÉTRICA	292,251	8,807,333	3,950	RÍO HUAURA	LIMA	OYON	ANDAJES	SENAMHI	FUNCIONANDO	1/01/1964 1/03/1990	31/03/1988 31/12/2018	1/01/1964	31/12/2018
CAJATAMBO	CONVENCIONAL-METEOROLOGICA	282,221	8,841,062	3,432	RÍO PATIVILCA	LIMA	CAJATAMBO	CAJATAMBO	SENAMHI	FUNCIONANDO	1/01/1994	31/12/2018	1/01/1964	31/12/2018
CARHUACAYAN	PLUVIOMÉTRICA	359,702	8,761,305	4,127	RÍO MANTARO	JUNIN	YAULI	SANTA BARBARA DE CARHUACAYAN	SENAMHI	FUNCIONANDO	1/01/1986	31/12/2018	1/01/1964	31/12/2018
GORGOR	PLUVIOMÉTRICA	276,790	8,825,154	3,025	RÍO PATIVILCA	LIMA	CAJATAMBO	GORGOR	SENAMHI	FUNCIONANDO	1/01/1980	31/12/2014	1/01/1964	31/12/2018
LAGUNA SURASACA	PLUVIOMÉTRICA	304,481	8,836,113	4,385	RÍO HUAURA	LIMA	OYON	OYON	SENAMHI	FUNCIONANDO	1/01/1996	31/12/2018	1/01/1964	31/12/2018
MJF SANCHEZ CARRION	CONVENCIONAL-METEOROLOGICA	215,336	8,769,075	45	INTERCUENCA 137559	LIMA	HUAURA	HUACHO	SENAMHI	FUNCIONANDO	1/01/1986	31/12/2018	1/01/1964	31/12/2018
OMAS_DE_LACHAY	CONVENCIONAL-METEOROLOGICA	241,519	8,743,146	384	INTERCUENCA 137559	LIMA	HUAURA	HUACHO	SENAMHI	FUNCIONANDO	1/01/1964 1/07/1997	31/03/1997 31/12/2018	1/01/1964	31/12/2018
AMBAR	CONVENCIONAL-METEOROLOGICA	250,290	8,810,735	2,100	RÍO SUPE	LIMA	HUAURA	AMBAR	SENAMHI	FUNCIONANDO	1/01/1995	31/12/2018	1/01/1964	31/12/2018
OYON	CONVENCIONAL-METEOROLOGICA	306,538	8,820,211	3,667	RÍO HUAURA	LIMA	OYON	OYON	SENAMHI	FUNCIONANDO	1/01/1964 1/01/1968	31/03/1967 31/12/2018	1/01/1964	31/12/2018
PACCHO	PLUVIOMÉTRICA	288,722	8,788,872	3,250	RÍO HUAURA	LIMA	HUAURA	PACCHO	SENAMHI	FUNCIONANDO	1/03/1965	31/12/2018	1/01/1964	31/12/2018
PACHAMACHAY	PLUVIOMÉTRICA	290,907	8,776,136	3,175	RÍO HUAURA	LIMA	HUAURA	LEONCIO PRADO	SENAMHI	FUNCIONANDO	1/01/1988	31/12/2018	1/01/1964	31/12/2018
PALLAC	PLUVIOMÉTRICA	302,688	8,744,847	2,367	RÍO CHANCAY-HUARAL	LIMA	HUARAL	ATAVILLOS BAJO	SENAMHI	FUNCIONANDO	1/01/1964	31/12/2018	1/01/1964	31/12/2018
PAMPA_LIBRE	CONVENCIONAL-METEOROLOGICA	284,653	8,798,163	1,756	RÍO HUAURA	LIMA	HUAURA	CHECRAS	SENAMHI	FUNCIONANDO	1/04/1969 1/01/1984	31/10/1969 31/12/2018	1/01/1964	31/12/2018
PARQUIN	PLUVIOMÉTRICA	312,072	8,787,171	3,571	RÍO HUAURA	LIMA	HUAURA	SANTA LEONOR	SENAMHI	FUNCIONANDO	20/03/1965 1/06/1968	31/01/1968 31/12/2018	1/01/1964	31/12/2018
SAN RAFAEL	CONVENCIONAL-METEOROLOGICA	371,182	8,857,948	2,722	RÍO HUALLAGA	HUANUCO	AMBO	SAN RAFAEL	SENAMHI	FUNCIONANDO	5/06/1966	31/12/2018	1/01/1964	31/12/2018
SANTA CRUZ	PLUVIOMÉTRICA	321,499	8,761,603	3,583	RÍO CHANCAY-HUARAL	LIMA	HUARAL	SANTA CRUZ DE ANDAMARCA	SENAMHI	FUNCIONANDO	1/01/1964	31/12/2018	1/01/1964	31/12/2018
SANTA ROSA	CONVENCIONAL-METEOROLOGICA	240,292	8,757,305	394	INTERCUENCA 137559	LIMA	HUAURA	SAYAN	SENAMHI	NO FUNCIONANDO	25/01/1967	30/09/2006	1/01/1964	31/12/2018

Fuente: elaboración propia.

Ing. Luis Enrique Benavente Velarde
Jefe de Estudios
C.I.P 43296

Ing. Raúl Arturo Rosell Becerra
Especialista en Hidrología
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

3.4.3 Información Cartográfica

La información cartográfica verificada ha sido la siguiente:

- Mapa Físico Político del Perú, escala 1/1000000 Instituto Geográfico Nacional (IGN).
- Mapa Ecológico del Perú de la Oficina de Gestión Ambiental Transectorial.
- Evaluación e Información de Recursos Naturales, año 2005.
- Carta Nacionales (Oyón (22-j) Canta, (23-j), Ambar (22-i), Huaral (23-i) y Barranca (22-h)), a escala 1/100,000 del Instituto Geográfico Nacional.
- Cartografía digital temática en: ecología, geología, cobertura vegetal y geomorfología de la cuenca del río Huaura proporcionada por la DGAA (Dirección General de Asuntos Ambientales).
- Mapas satelitales de buena resolución para obtener convenientemente el modelo digital de elevación de la cuenca (DEM).

Se anexa digitalmente la información mencionada en una carpeta con todos los formatos .shp y los planos temáticos elaborados en ArcGIS de la cuenca del río Huara.

4 DESCRIPCIÓN GENERAL Y DIAGNÓSTICO DE LA CUENCA

4.1 RECURSO HÍDRICO

El río Huaura nace en la vertiente occidental de la cordillera de los andes a más de 5000 msnm y discurre en dirección oeste para desembocar en el Océano Pacífico.

Políticamente la cuenca forma parte de las provincias de Huaura, Huaral, y Oyón, pertenecientes al departamento de Lima. Sus coordenadas geográficas están comprendidas entre los paralelos 10°27' (8847692 Norte) y 11°13' (8756028 Norte) de Latitud Sur y los Meridianos 76°32' (328988 Este) y 77° 39' (212856 Este) de Longitud Oeste.

La cuenca del río Huaura tiene una extensión total hasta el cruce con la Carretera Panamericana de 4 277.9 km², de los cuales 2 634.1 km² pertenecen a la denominada cuenca húmeda, compuesta por las áreas de las subcuencas que se muestran en el Cuadro 4.1.

Cuadro 4-1: ÁREAS DE DRENAJE DE LAS SUBCUENCAS DEL RÍO HUAURA

CUENCA	UNIDAD HIDROGRÁFICA	SUBCUENCA	ÁREA SUBCUENCA (Km²)	ÁREA HÚMEDA (Km²)	%
Cuenca Hidrográfica del Río Huaura	13756	Subcuenca Quichas-Ushpa	322.9	322.9	100.00%
		Subcuenca Pampahuay-Paton	188.6	188.6	100.00%
		Subcuenca Huaura-Churin	379.1	378.3	99.81%
		Subcuenca Cochaquillo-Queruraccra	474.6	474.6	100.00%
		Subcuenca Checras	345.2	345.2	100.00%
		Subcuenca Huaura-Paccho-Tingo	579.4	350.3	60.45%
		Subcuenca Yarucaya	262.0	107.5	41.03%
		Subcuenca Huaura-Sayán	303.3	61.7	20.34%
		Subcuenca Chico-Auquimarca	692.0	405.0	58.53%

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISIÓN HUAURA
CIP N° 53996

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

CUENCA	UNIDAD HIDROGRÁFICA	SUBCUENCA	ÁREA SUBCUENCA (Km²)	ÁREA HÚMEDA (Km²)	%
		Subcuenca Huaura-Medio	361.1	0.0	0.00%
		Subcuenca Huaura-Bajo	369.9	0.0	0.00%
TOTAL			4,277.9	2,634.1	

Fuente: elaboración propia.

La cuenca húmeda ha sido delimitada con las isoyetas de la precipitación total multianual por encima de los 475 mm, cabe mencionar que, para determinar la precipitación multianual de la cuenca, previamente se ha realizado el análisis de consistencia, completado y extensión de la información pluviométrica entre los años 1964-2018; en la Figura 1-A se muestra el área delimitada en función a las isoyetas de precipitación total anual. El área húmeda representa aproximadamente la mayor cantidad de precipitación en la cuenca siendo de 18.055 mm/Km2 (ver Cuadro 4.2) por el método de Thiessen y 17.666 mm/Km2 (ver Cuadro 4.3) por el método de las Isoyetas, aproximadamente.

En la Figura 1-B, se aprecia el Mapa de Elevación o Mapa Orográfico de la cuenca, obtenido con la imagen satelital ALOS PALSAR (12m x 12m), se observa que el área húmeda delimitada en base a las isoyetas multianual se aproxima a la forma de las curvas de nivel de la cuenca, siendo su rango de elevaciones entre los 3500 msnm a los 5800 msnm.

El río Huaura tiene sus orígenes en la Cordillera de Raura, a una altitud que varía entre 4500 a 5800 m.s.n.m., donde el deshielo de nevados permanentes, así como la descarga de lagunas y acuíferos ubicados en la parte superior de la cuenca incrementan el caudal de escorrentía con las precipitaciones estacionales de diciembre a marzo (Aguirre, 1998).

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Manuel J. Egos Vásquez

Cuadro 4-2: VARIACIÓN MENSUAL DE LA PRECIPITACIÓN EN LA CUENCA HÚMEDA – MÉTODO DE THIESSEN

ESTACIÓN	AREA CUENCA HUMEDA POR PESO ESTACIÓN (KM2)	% PESO	PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL DISTRIBUIDA POR EL PESO DE CADA ESTACIÓN												PP AÑO	PP/KM2 AÑO	L/S/KM²
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC			
AMBAR	31.6	1.2%	0.5	0.6	0.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	2.6	0.0010	
PACCHO	286.8	10.9%	13.3	16.6	18.5	7.0	0.8	0.1	0.0	0.1	0.5	1.7	2.8	6.7	68.2	0.0259	
LAG. SURASACA	237.4	9.0%	11.0	12.2	14.6	6.3	2.4	0.6	0.7	0.9	2.3	6.0	6.2	9.8	73.0	0.0277	
PICOY	401.7	15.2%	13.5	14.7	16.3	6.7	1.5	0.3	0.4	0.5	1.5	4.7	6.1	10.8	77.1	0.0293	
PARQUIN	304.7	11.6%	13.6	14.8	17.8	7.6	2.2	0.2	0.2	0.2	1.4	5.1	5.8	10.3	79.2	0.0301	
PAMPA LIBRE	110.7	4.2%	1.1	1.2	1.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.6	5.4	0.0020	18.0546
PACHAMACHAY	423.8	16.1%	20.1	22.8	24.7	9.1	1.0	0.1	0.1	0.2	1.0	4.1	6.5	11.5	101.2	0.0384	
ANDAJES	339.4	12.9%	10.7	12.4	13.7	4.4	0.6	0.1	0.1	0.1	0.6	2.9	3.3	7.3	56.2	0.0213	
OYON	449.4	17.1%	15.5	17.8	19.7	8.1	2.0	0.3	0.2	0.7	2.4	7.1	8.3	13.4	95.5	0.0363	
GORGOR	48.8	1.9%	2.0	2.5	2.9	0.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	0.7	1.3	11.0	0.0042	
SUMA	**2634.1**	**100.0%**	**101.4**	**115.7**	**130.6**	**50.6**	**10.6**	**1.8**	**1.7**	**2.7**	**9.7**	**32.5**	**40.1**	**72.0**	**569.4**	**0.2162**	

Fuente: elaboración propia.

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 4-3: VARIACIÓN MENSUAL DE LA PRECIPITACIÓN EN LA CUENCA HÚMEDA – MÉTODO DE ISOYETAS

CUENCA	RANGO	ISOYETA MAYOR	ISOYETA MENOR	PROMEDIO ENTRE ISOYETA	ÁREA (Km²)	ÁREA x ISOYETA	PPT ANUAL PROMEDIO CUENCA HÚMEDA	PPT ANUAL PROMEDIO CUENCA HÚMEDA POR KM²	L/S/Km²
HUAURA	325-300	325.0	300.0	312.5	91.4	28,568.8	557.12 mm/año	0.2115 mm/año/Km2	17.666
	350-325	350.0	325.0	337.5	85.8	28,950.8			
	375-350	375.0	350.0	362.5	83.6	30,315.9			
	400-375	400.0	375.0	387.5	83.0	32,147.0			
	425-400	425.0	400.0	412.5	85.1	35,103.8			
	450-425	450.0	425.0	437.5	177.5	77,647.5			
	475-450	475.0	450.0	462.5	222.9	103,072.8			
	500-475	500.0	475.0	487.5	220.0	107,230.5			
	525-500	525.0	500.0	512.5	220.8	113,134.4			
	550-525	550.0	525.0	537.5	171.1	91,950.1			
	575-550	575.0	550.0	562.5	130.1	73,198.1			
	600-575	600.0	575.0	587.5	111.7	65,635.5			
	625-600	625.0	600.0	612.5	104.9	64,220.6			
	650-625	650.0	625.0	637.5	100.9	64,323.8			
	675-650	675.0	650.0	662.5	108.3	71,715.6			
	700-675	700.0	675.0	687.5	118.0	81,104.4			
	725-700	725.0	700.0	712.5	103.8	73,986.0			
	750-725	750.0	725.0	737.5	107.7	79,421.4			
	775-750	775.0	750.0	762.5	87.3	66,589.1			
	800-775	800.0	775.0	787.5	77.9	61,377.8			
	825-800	825.0	800.0	812.5	78.7	63,919.4			
	850-825	850.0	825.0	837.5	40.3	33,751.3			
	865-850	865.0	850.0	857.5	23.5	20,159.8			
				SUMA	**2,634.1**	**1,467,524.1**			

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Fuente: elaboración propia.

A nivel de subcuencas la cantidad de agua de lluvia en un año que cae en la subcuenca (l/s/Km²), se presenta también por ambos métodos (Polígono de Thiessen e Isoyetas), siendo los siguientes.

Cuadro 4-4: VARIACIÓN MENSUAL PRECIPITACIÓN EN LAS SUBCUENCAS HÚMEDAS–MÉTODO DE THIESSEN

SUBCUENCA	ESTACIÓN	AREA CUENCA HUMEDA POR PESO ESTACIÓN (KM2)	% PESO	PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL DISTRIBUIDA POR EL PESO DE CADA ESTACIÓN												PP AÑO	L/S/KM²
				ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC		
CHECRAS	PACCHO	64.3	18.6%	22.7	28.5	31.7	12.0	1.3	0.1	0.1	0.2	0.8	2.9	4.8	11.4	116.6	
	PICOY	160.3	46.4%	41.2	44.7	49.6	20.4	4.5	1.0	1.1	1.6	4.7	14.2	18.7	33.0	234.8	
	PARQUIN	57.0	16.5%	19.4	21.1	25.3	10.8	3.1	0.3	0.3	0.2	1.9	7.3	8.3	14.8	113.0	
	PAMPA LIBRE	2.6	0.8%	0.2	0.2	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.0	**17.2984**
	ANDAJES	52.5	15.2%	12.6	14.6	16.2	5.2	0.7	0.1	0.1	0.2	0.7	3.4	3.9	8.6	66.4	
	OYON	8.5	2.5%	2.2	2.6	2.8	1.2	0.3	0.0	0.0	0.1	0.3	1.0	1.2	1.9	13.8	
	SUMA	**345.2**	**100.0%**	**98.5**	**111.7**	**125.9**	**49.7**	**10.0**	**1.6**	**1.6**	**2.3**	**8.5**	**28.9**	**37.0**	**69.9**	**545.5**	

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeni... Fluidos

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

SUBCUENCA	ESTACIÓN	AREA CUENCA HUMEDA POR PESO ESTACIÓN (KM2)	% PESO	PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL DISTRIBUIDA POR EL PESO DE CADA ESTACIÓN												PP AÑO	L/S/KM²
				ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC		
CHICO AUQUIMARCA	PACCHO	19.27	4.8%	5.8	7.3	8.1	3.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.2	0.8	1.2	2.9	29.8	20.0413
	PICOY	0.001	0.0%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	PARQUIN	24.38	6.0%	7.1	7.7	9.2	3.9	1.1	0.1	0.1	0.1	0.7	2.7	3.0	5.4	41.2	
	PACHAMACHAY	361.38	89.2%	111.6	126.7	136.7	50.5	5.3	0.6	0.5	0.9	5.4	22.9	35.9	63.9	561.0	
	SUMA	**405.03**	**100.0%**	**124.5**	**141.6**	**154.1**	**57.6**	**6.8**	**0.8**	**0.6**	**1.1**	**6.3**	**26.4**	**40.2**	**72.2**	**632.0**	
COCHAQUILLO QUERURACCRA	PICOY	240.9	50.8%	45.1	48.8	54.2	22.3	5.0	1.1	1.2	1.7	5.1	15.6	20.5	36.1	256.7	18.7408
	PARQUIN	223.3	47.0%	55.4	60.2	72.3	30.8	8.8	0.8	0.9	0.7	5.5	20.9	23.7	42.1	322.1	
	OYON	10.4	2.2%	2.0	2.3	2.5	1.0	0.3	0.0	0.0	0.1	0.3	0.9	1.1	1.7	12.3	
	SUMA	**474.6**	**100.0%**	**102.5**	**111.3**	**129.0**	**54.2**	**14.0**	**2.0**	**2.2**	**2.5**	**10.9**	**37.4**	**45.2**	**79.9**	**591.0**	
HUAURA CHURÍN	PICOY	401.7	33.7%	30.0	32.5	36.0	14.8	3.3	0.7	0.8	1.1	3.4	10.3	13.6	24.0	170.6	16.0565
	ANDAJES	339.4	28.5%	23.7	27.4	30.3	9.7	1.4	0.2	0.2	0.3	1.4	6.3	7.3	16.2	124.4	
	OYON	449.4	37.8%	34.4	39.4	43.6	18.0	4.4	0.7	0.5	1.5	5.2	15.8	18.5	29.6	211.4	
	SUMA	**1190.5**	**100.0%**	**88.0**	**99.2**	**109.9**	**42.5**	**9.1**	**1.6**	**1.5**	**2.9**	**10.0**	**32.4**	**39.3**	**69.8**	**506.4**	
HUAURA PACCHO TINGO	PACCHO	189.3	54.0%	65.9	82.6	92.1	34.9	3.9	0.4	0.2	0.5	2.3	8.5	14.0	33.1	338.3	16.3900
	PAMPA LIBRE	50.0	14.3%	3.9	4.1	5.5	1.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	0.8	1.9	18.3	
	PACHAMACHAY	14.6	4.2%	5.2	5.9	6.4	2.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.3	1.1	1.7	3.0	26.2	
	ANDAJES	65.4	18.7%	15.5	17.9	19.9	6.4	0.9	0.2	0.1	0.2	0.9	4.1	4.8	10.6	81.5	
	GORGOR	31.0	8.8%	9.6	11.8	13.8	4.0	0.6	0.2	0.1	0.1	0.4	2.6	3.1	6.3	52.6	
	SUMA	**350.3**	**100.0%**	**100.1**	**122.4**	**137.6**	**48.9**	**5.8**	**0.8**	**0.5**	**0.9**	**3.9**	**16.9**	**24.3**	**54.8**	**516.9**	
HUAURA SAYÁN	PACCHO	13.9	22.6%	27.5	34.5	38.4	14.6	1.6	0.2	0.1	0.2	0.9	3.6	5.8	13.8	141.3	19.9197
	PACHAMACHAY	47.8	77.4%	96.8	109.9	118.7	43.9	4.6	0.5	0.4	0.8	4.7	19.9	31.2	55.5	486.9	
	SUMA	**61.7**	**100.0%**	**124.4**	**144.4**	**157.1**	**58.4**	**6.3**	**0.7**	**0.5**	**1.0**	**5.6**	**23.5**	**37.0**	**69.3**	**628.2**	
PAMPAHUAY PATÓN	PICOY	188.1	99.7%	88.6	96.0	106.4	43.9	9.8	2.2	2.4	3.4	10.1	30.6	40.2	70.9	504.4	16.0380
	OYON	0.5	0.3%	0.2	0.3	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	1.4	
	SUMA	**188.6**	**100.0%**	**88.8**	**96.2**	**106.7**	**44.0**	**9.8**	**2.2**	**2.4**	**3.4**	**10.1**	**30.7**	**40.3**	**71.1**	**505.8**	
QUICHAS USPHA	LAG. SURASACA	237.4	73.5%	89.6	99.9	119.4	51.3	19.4	4.6	5.4	7.4	18.7	49.2	50.4	80.3	595.6	23.5862
	OYON	85.5	26.5%	24.1	27.6	30.6	12.6	3.1	0.5	0.3	1.0	3.7	11.1	13.0	20.7	148.2	
	SUMA	**322.9**	**100.0%**	**113.8**	**127.5**	**150.0**	**63.9**	**22.5**	**5.1**	**5.7**	**8.4**	**22.3**	**60.2**	**63.4**	**101.0**	**743.8**	
YARUCAYA	AMBAR	31.6	29.4%	12.0	15.2	20.0	4.8	1.0	0.7	0.8	0.7	0.7	1.8	2.1	5.0	64.9	12.9131
	PAMPA LIBRE	17.8	16.5%	4.5	4.8	6.4	1.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.7	0.9	2.2	21.2	
	GORGOR	58.1	54.1%	58.9	72.1	84.1	24.4	3.8	1.1	0.3	0.5	2.7	15.7	19.1	38.3	321.1	
	SUMA	**107.5**	**100.0%**	**75.4**	**92.1**	**110.5**	**30.7**	**4.9**	**1.8**	**1.2**	**1.2**	**3.5**	**18.3**	**22.1**	**45.5**	**407.2**	

Fuente: elaboración propia.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 83559

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg. Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 4-5: VARIACIÓN MENSUAL PRECIPITACIÓN EN LAS SUBCUENCAS HÚMEDAS–MÉTODO DE ISOYETAS

SUBCUENCA	RANGO	ISOYETA MAYOR	ISOYETA MENOR	PROMEDIO ENTRE ISOYETA	ÁREA (Km²)	ÁREA x ISOYETA	PPT ANUAL PROMEDIO CUENCA HÚMEDA (mm/año)	L/S/Km²
Checras	400-375	400.0	375.0	387.5	0.24	93.4	552.94	17.534
	425-400	425.0	400.0	412.5	3.21	1,324.7		
	450-425	450.0	425.0	437.5	61.63	26,962.1		
	475-450	475.0	450.0	462.5	71.21	32,935.6		
	500-475	500.0	475.0	487.5	27.31	13,314.0		
	525-500	525.0	500.0	512.5	20.72	10,620.2		
	550-525	550.0	525.0	537.5	18.04	9,696.1		
	575-550	575.0	550.0	562.5	16.64	9,362.0		
	600-575	600.0	575.0	587.5	15.77	9,262.7		
	625-600	625.0	600.0	612.5	15.00	9,188.7		
	650-625	650.0	625.0	637.5	14.53	9,261.0		
	675-650	675.0	650.0	662.5	14.81	9,811.4		
	700-675	700.0	675.0	687.5	17.22	11,841.7		
	725-700	725.0	700.0	712.5	9.69	6,903.1		
	750-725	750.0	725.0	737.5	9.55	7,043.3		
	775-750	775.0	750.0	762.5	10.26	7,826.5		
	800-775	800.0	775.0	787.5	12.00	9,451.2		
	825-800	825.0	800.0	812.5	7.35	5,973.6		
	SUMA				**345.2**	**190,871.2**		
Chico Auquimarca	325-300	325.0	300.0	312.5	26.07	8,146.3	542.44	17.201
	350-325	350.0	325.0	337.5	24.29	8,198.3		
	375-350	375.0	350.0	362.5	23.91	8,668.0		
	400-375	400.0	375.0	387.5	22.22	8,611.6		
	425-400	425.0	400.0	412.5	21.30	8,786.9		
	450-425	450.0	425.0	437.5	19.71	8,621.5		
	475-450	475.0	450.0	462.5	17.49	8,087.9		
	500-475	500.0	475.0	487.5	16.94	8,259.3		
	525-500	525.0	500.0	512.5	16.82	8,621.3		
	550-525	550.0	525.0	537.5	16.55	8,894.1		
	575-550	575.0	550.0	562.5	16.16	9,092.0		
	600-575	600.0	575.0	587.5	14.90	8,755.8		
	625-600	625.0	600.0	612.5	15.52	9,507.1		
	650-625	650.0	625.0	637.5	16.38	10,444.6		
	675-650	675.0	650.0	662.5	22.62	14,983.0		
	700-675	700.0	675.0	687.5	33.86	23,276.7		
	725-700	725.0	700.0	712.5	38.74	27,604.7		
	750-725	750.0	725.0	737.5	24.70	18,214.3		
	775-750	775.0	750.0	762.5	13.28	10,125.5		
	800-775	800.0	775.0	787.5	3.57	2,809.0		
	SUMA				**405.0**	**219,708.0**		
Cochaquillo Queruraccra	450-425	450.0	425.0	437.5	31.32	13,700.7	627.70	19.904
	475-450	475.0	450.0	462.5	37.23	17,218.8		
	500-475	500.0	475.0	487.5	38.23	18,638.1		
	525-500	525.0	500.0	512.5	31.02	15,899.1		
	550-525	550.0	525.0	537.5	26.08	14,018.2		
	575-550	575.0	550.0	562.5	22.53	12,675.1		
	600-575	600.0	575.0	587.5	23.22	13,640.8		

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrología
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

SUBCUENCA	RANGO	ISOYETA MAYOR	ISOYETA MENOR	PROMEDIO ENTRE ISOYETA	ÁREA (Km²)	ÁREA x ISOYETA	PPT ANUAL PROMEDIO CUENCA HÚMEDA (mm/año)	L/S/Km²
	625-600	625.0	600.0	612.5	22.65	13,872.2		
	650-625	650.0	625.0	637.5	22.19	14,145.8		
	675-650	675.0	650.0	662.5	22.11	14,649.3		
	700-675	700.0	675.0	687.5	22.56	15,507.8		
	725-700	725.0	700.0	712.5	27.28	19,437.1		
	750-725	750.0	725.0	737.5	45.83	33,799.0		
	775-750	775.0	750.0	762.5	34.35	26,192.1		
	800-775	800.0	775.0	787.5	29.84	23,498.9		
	825-800	825.0	800.0	812.5	38.20	31,035.3		
	SUMA				**474.6**	**297,928.2**		
Huaura Churin	325-300	325.0	300.0	312.5	2.08	649.1	**502.79**	**15.943**
	350-325	350.0	325.0	337.5	3.06	1,032.1		
	375-350	375.0	350.0	362.5	6.04	2,190.2		
	400-375	400.0	375.0	387.5	9.69	3,755.6		
	425-400	425.0	400.0	412.5	12.81	5,282.6		
	450-425	450.0	425.0	437.5	17.49	7,650.3		
	475-450	475.0	450.0	462.5	48.43	22,397.8		
	500-475	500.0	475.0	487.5	75.77	36,938.2		
	525-500	525.0	500.0	512.5	76.53	39,222.5		
	550-525	550.0	525.0	537.5	57.62	30,973.1		
	575-550	575.0	550.0	562.5	32.90	18,508.0		
	600-575	600.0	575.0	587.5	18.77	11,028.7		
	625-600	625.0	600.0	612.5	13.66	8,363.8		
	650-625	650.0	625.0	637.5	3.55	2,260.3		
	SUMA				**378.4**	**190,252.2**		
Huaura Paccho Tingo	325-300	325.0	300.0	312.5	34.42	10,756.6	**460.33**	**14.597**
	350-325	350.0	325.0	337.5	32.52	10,976.8		
	375-350	375.0	350.0	362.5	30.05	10,892.3		
	400-375	400.0	375.0	387.5	28.18	10,919.1		
	425-400	425.0	400.0	412.5	26.10	10,765.8		
	450-425	450.0	425.0	437.5	28.45	12,445.9		
	475-450	475.0	450.0	462.5	30.00	13,874.3		
	500-475	500.0	475.0	487.5	29.28	14,272.8		
	525-500	525.0	500.0	512.5	22.35	11,456.0		
	550-525	550.0	525.0	537.5	12.08	6,491.4		
	575-550	575.0	550.0	562.5	11.58	6,515.9		
	600-575	600.0	575.0	587.5	10.92	6,416.3		
	625-600	625.0	600.0	612.5	11.31	6,927.3		
	650-625	650.0	625.0	637.5	13.00	8,287.9		
	675-650	675.0	650.0	662.5	16.01	10,604.2		
	700-675	700.0	675.0	687.5	14.01	9,632.9		
	SUMA				**350.3**	**161,235.6**		
Huaura Sayán	325-300	325.0	300.0	312.5	13.75	4,297.3	**369.65**	**11.722**
	350-325	350.0	325.0	337.5	11.78	3,976.3		
	375-350	375.0	350.0	362.5	10.03	3,635.7		
	400-375	400.0	375.0	387.5	9.29	3,598.4		
	425-400	425.0	400.0	412.5	7.92	3,266.3		
	450-425	450.0	425.0	437.5	4.64	2,031.4		

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP. N° 53999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

SUBCUENCA	RANGO	ISOYETA MAYOR	ISOYETA MENOR	PROMEDIO ENTRE ISOYETA	ÁREA (Km²)	ÁREA x ISOYETA	PPT ANUAL PROMEDIO CUENCA HÚMEDA (mm/año)	L/S/Km²
	475-450	475.0	450.0	462.5	3.47	1,605.4		
	500-475	500.0	475.0	487.5	0.80	389.1		
	SUMA				**61.7**	**22,799.9**		
Pampahuay Paton	475-450	475.0	450.0	462.5	1.68	778.7	**546.20**	**17.320**
	500-475	500.0	475.0	487.5	22.72	11,077.8		
	525-500	525.0	500.0	512.5	52.28	26,791.5		
	550-525	550.0	525.0	537.5	40.70	21,878.6		
	575-550	575.0	550.0	562.5	27.38	15,400.2		
	600-575	600.0	575.0	587.5	17.41	10,227.3		
	625-600	625.0	600.0	612.5	11.18	6,847.0		
	650-625	650.0	625.0	637.5	6.63	4,224.0		
	675-650	675.0	650.0	662.5	5.51	3,649.7		
	700-675	700.0	675.0	687.5	3.11	2,136.2		
	SUMA				**188.6**	**103,011.0**		
Quichas Ushpa	575-550	575.0	550.0	562.5	2.92	1,642.8	**740.81**	**23.491**
	600-575	600.0	575.0	587.5	10.73	6,305.3		
	625-600	625.0	600.0	612.5	15.53	9,513.8		
	650-625	650.0	625.0	637.5	24.62	15,698.2		
	675-650	675.0	650.0	662.5	27.20	18,017.0		
	700-675	700.0	675.0	687.5	27.21	18,709.8		
	725-700	725.0	700.0	712.5	28.12	20,038.2		
	750-725	750.0	725.0	737.5	27.61	20,364.9		
	775-750	775.0	750.0	762.5	29.44	22,447.7		
	800-775	800.0	775.0	787.5	32.53	25,617.4		
	825-800	825.0	800.0	812.5	33.12	26,911.1		
	850-825	850.0	825.0	837.5	40.30	33,750.7		
	865-850	865.0	850.0	857.5	23.51	20,162.6		
	SUMA				**322.9**	**239,179.5**		
Yarucaya	325-300	325.0	300.0	312.5	15.11	4,720.3	**395.85**	**12.552**
	350-325	350.0	325.0	337.5	14.13	4,768.4		
	375-350	375.0	350.0	362.5	13.60	4,930.9		
	400-375	400.0	375.0	387.5	13.34	5,170.5		
	425-400	425.0	400.0	412.5	13.76	5,676.3		
	450-425	450.0	425.0	437.5	14.26	6,236.7		
	475-450	475.0	450.0	462.5	13.35	6,175.5		
	500-475	500.0	475.0	487.5	8.91	4,342.5		
	525-500	525.0	500.0	512.5	1.03	525.8		
	SUMA				**107.5**	**42,546.8**		

Fuente: elaboración propia.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999 .

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Se ha recabado información relacionada con el diagnóstico general a nivel del valle en los aspectos organizacional, recurso hídrico, padrón de usuario, infraestructura de riego y drenaje, distribución del agua, operación y mantenimiento, plan de cultivo y riego, tarifa de agua y salinidad, un resumen es el que se presenta a continuación:

Organizacional: La Administración Local de Agua Huaura con sus siglas ALA Huaura, es la unidad orgánica de la Autoridad Administrativa del Agua, que administra las aguas de uso agrario y no agrario en el ámbito territorial de la cuenca hidrográfica del río Huaura con la participación de las organizaciones de usuarios de aguas a fin de garantizar el uso eficiente del recurso hídrico; conforme a las normas técnicas - legales emanadas de la Autoridad Nacional del Agua.

Recurso Hídrico: La cuenca del río Huaura tiene un área total de 4 277.9 km^2 y la superficie geográfica total 6 376.6 km^2 que incluye las inter cuencas San Felipe-Medio Mundo e Irrigación Santa Rosa, cada una con 347.3 km^2 y 1 751.4 km^2 respectivamente. La altitud media es de 3171 msnm, y una longitud máxima de recorrido de rio es de 158 km., presenta una pendiente promedio de 2,9 %, las descargas son continuas y el caudal promedio anual es de 28.96 m^3/s en la estación Alco-Sayán. El río Huaura tiene tributarios como los ríos: Alto Huaura y Checras, y en menor proporción de las quebradas; Paccho, Picunche, rio Chico, Yarucaya y Huancoy que constituyen las fuentes de agua superficial más importantes. La capacidad máxima de captación del valle se estima en 40.68 m3/s, valor que incluye las aguas superficiales del río Huaura, aguas de puquíos y filtraciones y agua subterránea.

Padrón de Usuarios: Se tiene licencias otorgadas (PROFODUA), a nivel de las 16 comisiones de regantes y 25 bloques de riego en un total de 29 951,06 ha, cuyo volumen de agua asignada asciende a 612.60 Hm^3. La Junta de Usuarios cuenta con un padrón de usuarios de agua para riego, elaborado durante el año 2004-2005, el cual fue obtenido como producto del Programa de Formalización de Derechos de Uso de Agua.

En el Valle Huaura el número total de predios es 12 060 para un total 8 474 usuarios (Fuente: RA N°017/2005-AG.DRA.LC/ATDRH), más detalles se muestran en los Cuadros Nº 4.6 y 4.7.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

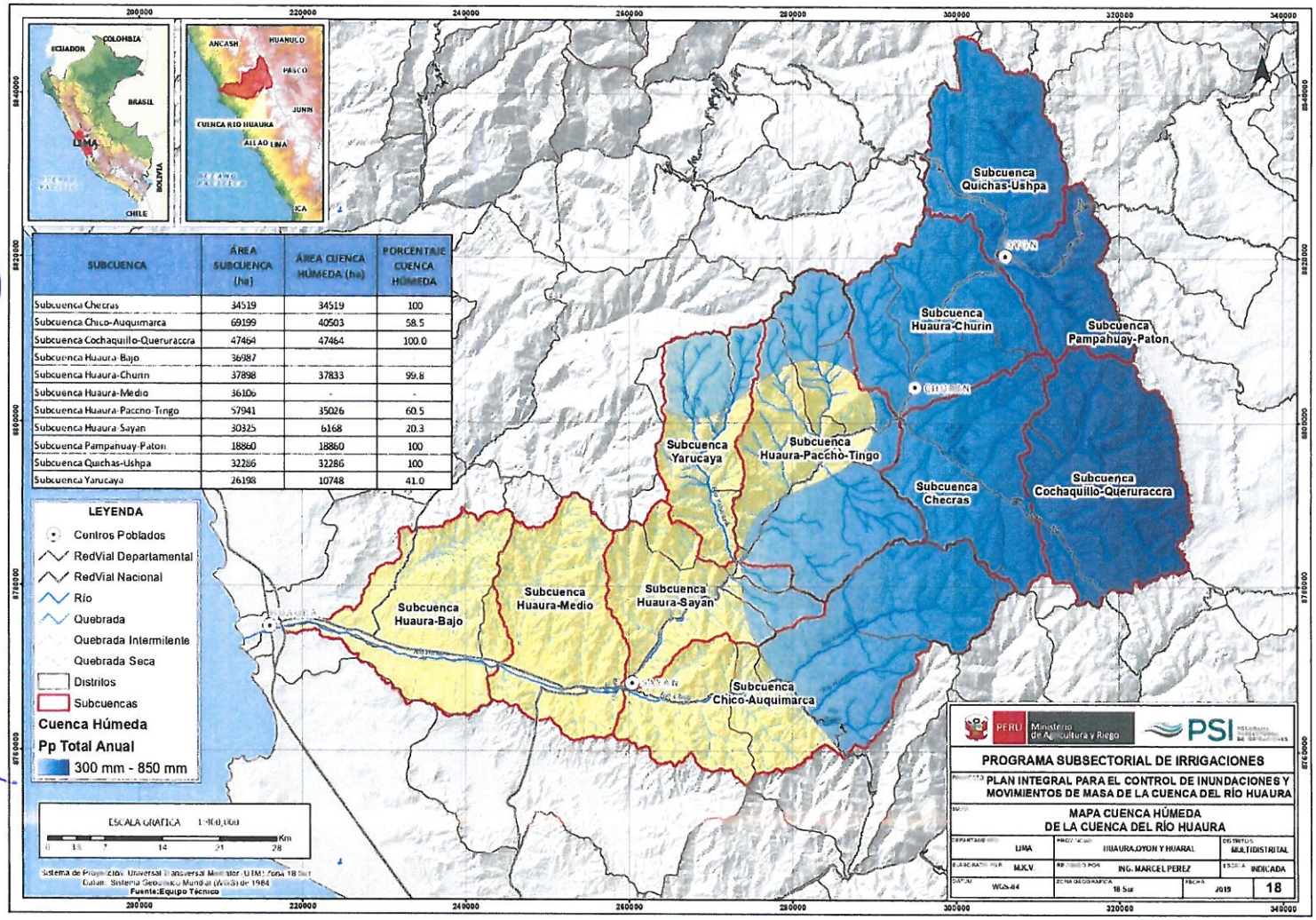
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 1-A: CUENCA HÚMEDA DELIMITADA CON LAS ISOYETAS MULTIANUAL



SUBCUENCA	ÁREA SUBCUENCA (ha)	ÁREA CUENCA HÚMEDA (ha)	PORCENTAJE CUENCA HÚMEDA
Subcuenca Checras	34519	34519	100
Subcuenca Chico-Auquimarca	69199	40503	58.5
Subcuenca Cochaquillo-Queruraccra	47464	47464	100.0
Subcuenca Huaura Bajo	36987		
Subcuenca Huaura-Churin	37898	37833	99.8
Subcuenca Huaura-Medio	36106	-	-
Subcuenca Huaura-Paccho-Tingo	57941	35026	60.5
Subcuenca Huaura-Sayan	30325	6168	20.3
Subcuenca Pampahuay-Paton	18860	18860	100
Subcuenca Quichas-Ushpa	32286	32286	100
Subcuenca Yarucaya	26198	10748	41.0

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg Colegio de Ingenieros N°30021

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

2373

OBJECTID	AREA (KM2)	COTA_MIN (msnm)	COTA_MAX (msnm)
1	325.9	0	700
2	428.9	700	1,400
3	433.5	1,400	2,100
4	396.6	2,100	2,800
5	496.3	2,800	3,500
6	635.5	3,500	4,200
7	1,428.5	4,200	4,900
8	132.7	4,900	5,600
9	0.0	5,600	5,800
TOTAL	4,277.9		

Figura 1-B: MAPA DE ELEVACIÓN DE LA CUENCA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

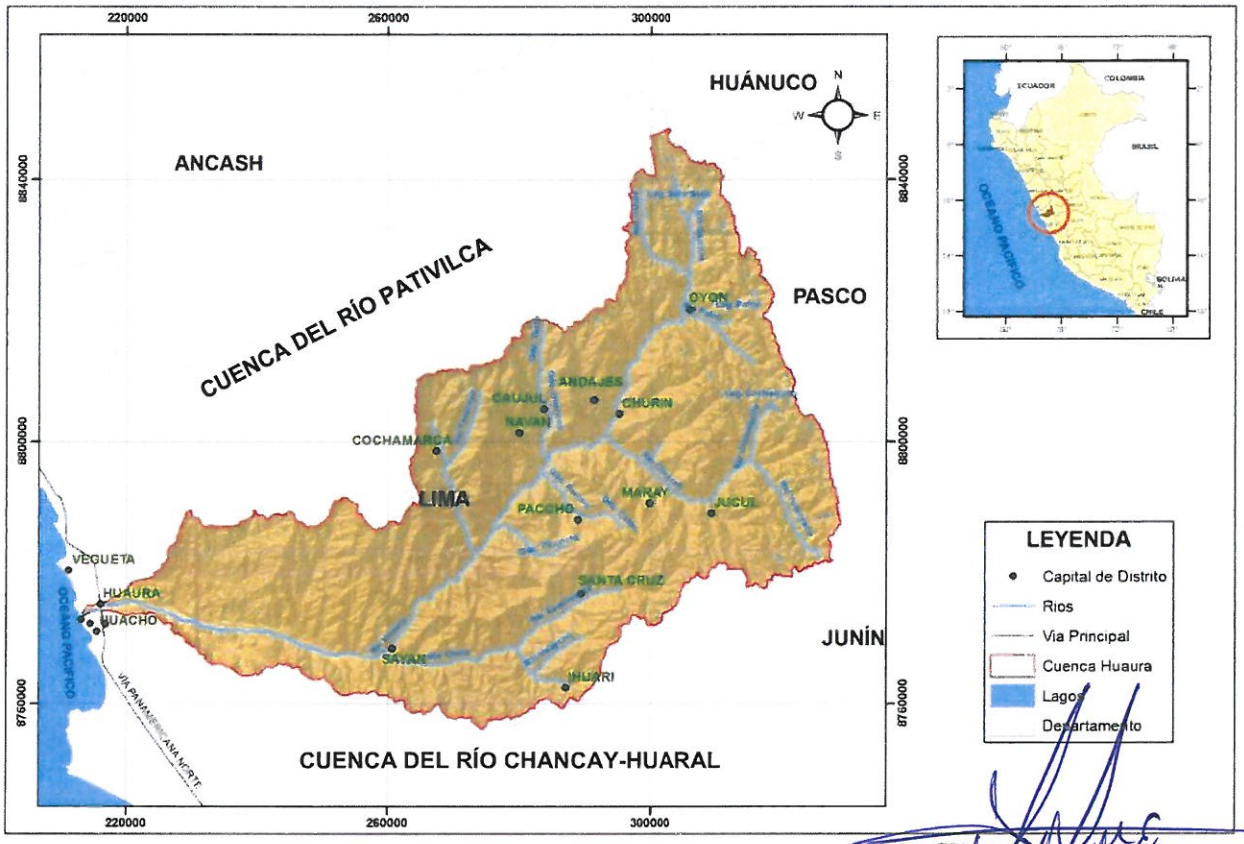
Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 1: MAPA HIDROGRÁFICO DE LA CUENCA



Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Cuadro 4-6: BLOQUES DE RIEGO

COMISION DE REGANTES	BLOQUE		AREA BAJO RIEGO (ha)	TOTAL PREDIOS	VOLUMEN AGUA ASIGNABLE (MMC)
	N°	NOMBRE			
SAN FELIPE	HUA-01	SAN FELIPE	3,933.53	683.00	69.981
	HUA-02	FILTRACIONES SANTA BARBARA	202.69	43.00	
		SUB-TOTAL	4,136.22	726.00	69.981
ACARAY VEGETA	HUA-03	ACARAY ALTO	2,759.51	977.00	81.821
	HUA- 04	VEGUETA	220.38	579.00	5.722
		SUB-TOTAL	2,979.89	1,556.00	87.543
INGENIO	HUA-05	INGENIO	1,513.09	395.00	38.872
	HUA-06	FILTRACIONES RUQUIA	304.58	98.00	
		SUB-TOTAL	1,817.67	493.00	38.872
VILCAHUAURA	HUA-07	VILCAHUAURA	995.56	524.00	19.368
	HUA-08	FILTRACIONES SAN JORGE	123.97	50.00	
		SUB-TOTAL	1,119.53	574.00	19.368
HUMAYA	HLA-09	HUMAYA	1,256.64	403.00	32.914
QUIPICO	HUA-10	QUIPICO	2,349.91	100.00	69.617

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

COMISION DE REGANTES	BLOQUE		AREA BAJO RIEGO (ha)	TOTAL PREDIOS	VOLUMEN AGUA ASIGNABLE (MMC)
	N°	NOMBRE			
	HUA-11	IRRIGACIÓN QIPICO	1,100.20	303.00	31.692
		SUB-TOTAL	3,450.11	403.00	101.309
SAYAN	HUA-12	ANDAHUASI	1,041.12	81.00	32.841
	HUA-13	SAYAN ALTO	575.91	325.00	13.084
	HUA-14	SAYAN BAJO	453.28	101.00	12.014
		SUB-TOTAL	2,070.31	507.00	57.903
SANTA ROSALIA	HUA-15	SANTA ROSALIA	251.20	73.00	4.759
MARGEN IZQUIERDA	HUA-16	MARGEN IZQUIERDA	446.44	178.00	11.165
RIO CHICO	HUA-17	RIO CHICO	767.56	231.00	14.194
	HUA-18	EILTRACIONES RIO CHICO	40.86	11.00	
		SUB-TOTAL	808.42	242.00	14.194
SANTA ROSA	HUA-19	SANTA ROSA	6,476.44	1,100.00	137.611
LA UNION	HUA-20	FILTRACIONES LA UNIÓN	368.66	98.00	
PARAISO LA TABLADA	HUA-21	FILTRACIONES LA TABLADA	659.73	166.00	
	HUA-22	FILTRACIONES PARAISO	664.39	191.00	
		SUB-TOTAL	1,324.12	357.00	
LA CAMPINA	HUA-23	LA CAMPIÑA	1,193.42	4,603.00	36.036
PAMPA ANIMAS	HUA-24	FILTRACIONES PAMPA DE ANIMAS	1,419.77	482.00	
CARQUIN	HUA-25	CARQUIN	221.07	104.00	4.111

FUENTE: PROFODUA Huaura 2005

Cuadro 4-7: BLOQUES DE RIEGO POR VALLE

TOTAL	BLOQUES	AREA BAJO RIEGO	TOTAL, PREDIOS	VOLUMEN ASIGNABLE (MMC)
VALLE HUAURA	23	29,124.44	11,814.00	601.57
VALLE RIO CHICO	2	826.62	246.00	11.03
TOTAL	25	29,951.06	12,060.00	612.60

FUENTE: PROFODUA Huaura 2005

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

Inventario de Infraestructura de Riego y Drenaje: No se cuenta con un Inventario de Infraestructura de Riego actualizado que permita conocer con precisión su estado real; la Administración Local de Agua Huaura ha elaborado en coordinación con la Junta de Usuarios de Huaura, esquemas hidráulicos y ruta de riego, existiendo en el valle siete (07) sistemas principales: Santa Rosa, Quipico, Humaya, Vilcahuaura, Acaray, San Felipe-Ingenio y La Campiña que captan las agua del río Huaura con bocatomas independientes. Adicionalmente existen cinco (05) bocatomas rústicas, dos (02) bocatomas permanentes y veintinueve (29) pequeñas tomas directas del río que son: San Miguel, Paran, Huamboy Chico, Yunguy Alto, Huamboy Grande, Yunguy Bajo, Allco, Tres montones, Quilca, Naranjito, Pedregal, Coto Alto, lluy Lluy, Quintay, Coto Bajo, Chuquiquintay, Puscao, Casa Blanca, La Virgen, Mani-Canas, Andahuasi Alto, Andahuasi Bajo, San Juan de Canas, Niminga, Huacan Chico, Huacan Grande, San José, Santa Rosalia y Carquin en las comisiones de regantes Sayán, Margen Izquierda,

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Santa Rosalia y Carquin. Estas bocatomas y tomas directas dan origen a treinta y seis (36) canales derivadores.

En las comisiones de regantes Santa Rosa, Quipico y San Felipe las bocatomas son fijas con barraje de concreto, mientras que en las comisiones de Humaya y La Campiña las bocatomas son rústicas con obras de control al inicio del canal principal. Los subsectores de riego La Unión, Paraíso - La Tablada y Pampa de Animas, captan las aguas de filtraciones y desagües de la Irrigación Santa Rosa mediante obras de control. La mayoría de los canales derivadores están sin revestir y en regular estado de conservación, existiendo canales hasta de sexto orden. Para el control del recurso hídrico existe una red hidrométrica, localizados en la cabecera de los canales de derivación y en algunos laterales importantes, sin embargo, requieren una evaluación desde el punto de vista hidráulico.

La principal Infraestructura de drenaje que se tiene en el valle son quince (15) drenes. En los Cuadros Nº 4.8 y 4.9, presenta el estado actual de las bocatomas y se identifica a los drenes principales.

Cuadro 4-8: ESTADO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RIEGO (BOCATOMAS)

JUNTA DE USUARIOS	COMISIONES DE REGANTES	BOCATOMAS		
		PERMANENTE (P)	RUSTICO (R)	SITUACION ACTUAL
HUAURA	SAN FELIPE	P		REGULAR
	ACARAY VEGUETA		R	MALA
	INGENIO	P		BUENA
	VILCAHUAURA	P		REGULAR
	HUMAYA	P		BUENA
	QUIPICO	P		BUENA
	SAYAN			REGULAR
				REGULAR
				REGULAR
	SANTA ROSALIA		R	MALA
	MARGEN IZQUIERDA		R	REGULAR
	RIO CHICO			MALA
	SANTA ROSA	P		BUENA
	LA UNION		R	REGULAR
	PARAISO LA TABLADA	P		REGULAR
	LA CAMPIÑA	P		BUENA
				BUENA
	PAMPA DE ANIMAS		R	MALA
	CARQUIN	P		BUENA

FUENTE: Junta de Usuarios del distrito de Riego Huaura

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP Nº 53999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43206

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 4-9: DRENES DEL VALLE DE HUAURA

N °	Dren Colector	Comisión de Regantes
1	La Ensenada	Santa Rosa
2	El Ahorcado	Santa Rosa
3	La Capullana	Santa Rosa
4	Huachipa	Santa Rosa
5	San Guillermo	Santa Rosa y La Unión
6	La Unión	La Unión
7	San Roque	Humaya
8	Santa Teresa	Quipico
9	Pampa de Animas	Pampa de Animas
10	Los Cochinos	Paraiso-Tablada
11	El Colorado	Acaray-Vegueta
12	Pimavera	Acaray-Vegueta
13	Ruquia	Ingenio
14	Centinela	Ingenio
15	Santa Barbara	San Felipe

Fuente: Plan de Trabajo ALA HUAURA 2005

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Distribución del Agua: El control y la distribución de agua a nivel de la infraestructura mayor es ejecutada por el Departamento de Operación y Mantenimiento de la Junta de Usuarios de Huaura. Esta actividad se inicia con la toma del aforo del rio Huaura, el cual es realizado diariamente por el tomero del sector de riego Sayán, esta información es remitida al Departamento de Operación y Mantenimiento, quien en función al área servida y a las demandas de agua establecidas en el PCR elabora el cuadro "Programación Diaria de Distribución de Agua", el cual es alcanzado al Jefe de Tomeros para que conjuntamente con los tomeros de los diferentes sectores ejecuten la distribución del agua a nivel de valle. El caudal asignado a cada sistema de riego es comunicado a los sectoristas de riego, quienes se encargan de efectuar la distribución del agua dentro de los subsectores de riego. Internamente cada sectorista distribuye el agua a los predios, entregando en promedio 2 horas/hectárea con un caudal de 70 l/s, este tiempo de riego varía en algunos grupos de riego en función a las características del suelo.

El módulo de riego promedio aplicado actualmente en el valle de Huaura, es en promedio 20,000 m^3/ha/año agrícola, correspondiendo al cultivo predominante en la zona que es la caña de azúcar, variando este valor en función al tipo de cultivo y si el agricultor realiza una o dos campanas por año. También varía en función a la ubicación del predio en la parte alta o baja del valle, ya que en las zonas bajas del valle el nivel freático es algo superficial y permite intervalos de riego mayores.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Operación y Mantenimiento: En cuanto a la operación y mantenimiento del sistema de riego, está actividad es realizada por la Junta de Usuarios en coordinación con las comisiones de regantes del valle. Los canales principales tienen mantenimiento y cuentan con el apoyo de la municipalidad del sector. La infraestructura de riego que se presenta en varias comisiones corresponde en su mayoría al de tipo rústico y se encuentran en estado regular. Actualmente se cuenta con un Reglamento de Operación y Mantenimiento para la Junta de Usuarios Huaura, siendo el Gerente Operación y

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Mantenimiento responsable de la operación y mantenimiento de la infraestructura hidráulica para riego.

Plan de Cultivo y Riego: De acuerdo al Plan de Cultivo y Riego (PCR) para la campaña agrícola 2009-2010, se estableció para este período un área total de declaración de intención de siembra igual a 26 955,30 ha en la Junta de Usuarios Huaura. En cuanto a los cultivos se declaró instalar 9 230,17 ha de caña de azúcar que representa el 25,57 %, maíz chala con 5 877,22 ha que representa el
16,28%, maíz amarillo duro con 5 713,38 ha que representa el 15, 82 %, frutales diversos con 5 047,51 ha que representa el 13,98 %, maíz choclo y maíz morado con 2027,99 ha que representa 5,61 %, frijol con 1 409,18 ha que representa el
3,90 %, seguido del espárrago con 960,26 ha que representa el 2,66 % y otros que 5 830,42 ha que representa el 16,15 %. Este Plan de Cultivo y Riego tiene una demanda bruta para la campaña en mención de 524,107 Hm^3 (MMC) (Fuente: JUDRH, Informe Final 2009-2010), más detalle se indica en el Cuadro Nº 4.10.

Cuadro 4-10: DECLARACIÓN DE INTENCIÓN DE SIEMBRA

COMISION DE REGANTES	AREA TOTAL (ha)	PREDIOS	USUARIOS
ACARAY	2,828.50	872.00	634.00
CARQUIN	205.17	123.00	84.00
HUMAYA	1,225.19	337.00	249.00
INGENIO	1,737.98	416.00	298.00
LA CAMPIÑA	306.99	193.00	131.00
LA UNIÓN	332.95	93.00	70.00
MARGEN IZQUIERDA	378.74	118.00	62.00
PAMPA DE ANIMAS	855.19	228.00	152.00
PARAISO-TABLADA	876.44	271.00	207.00
QUIPICO	3,138.83	229.00	130.00
RIO CHICO	664.01	191.00	135.00
SAN FELIPE	4,420.69	763.00	574.00
SANTA ROSA	7,022.16	1,100.00	793.00
SANTA ROSALIA	233.05	67.00	38.00
SAYAN	1,688.59	277.00	181.00
VILCAHUAURA	1,040.81	467.00	311.00
TOTAL	**26,955.30**	**5,745.00**	**4,049.00**

Fuente: Plan de Cultivo y Riego. Junta de Usuario del Distrito de Riego Huaura.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 59999

Tarifa: La cobranza de la tarifa es realizada por la Junta. En el valle Huaura se tiene una buena eficiencia de cobranza, que en los últimos años supera el 80 % en recaudación. El ALA Huaura con fecha 29 de diciembre 2009, ha aprobado la tarifa, para el año 2010 con Resolución Jefatural N° 963-2009-ANA, la misma que es equivalente a la aprobada mediante Resolución Jefatural N°201-2009; asimismo mientras el Centro de Investigación Económica de la Universidad del Pacifico no concluya con el estudio para establecer la metodología para el cálculo de la tarifas por utilización de la infraestructura hidráulica

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

menor y mayor, y por monitoreo y gestión de aguas subterráneas, la tarifa anterior permanecerá vigente.

4.2 UBICACIÓN Y DEMARCACIÓN DE LA CUENCA

4.2.1 Ubicación Geográfica

La cuenca del río Huaura, se ubica en la costa central del Perú hacia el norte del departamento de Lima, comprendida entre las coordenadas geográficas 10°27' (UTM 8847692 Norte-Zona 18) y 11° 13' (UTM 8756028 Norte-Zona 18) de Latitud Sur y los Meridianos 76°32' (UTM 328988 Este-Zona 18) y 77° 39' (UTM 212856 Este-Zona 18) de Longitud Oeste.

4.2.2 Demarcación Hidrográfica

La cuenca del río Huaura tiene sus límites con las siguientes cuencas:

Por el Norte: Cuenca Supe, Cuenca Pativilca.
Por el Este: Intercuenca Alto Marañón V, Intercuenca Alto Huallaga, Cuenca Mantaro.
Por el Sur: Cuenca Chancay - Huaral
Por el Oeste: El Océano Pacífico

4.2.3 Demarcación Política

Políticamente se ubica en el departamento de Lima comprendiendo las provincias de Oyón, Huaura y Huaral los distritos de: Huaura, Caleta de Carquin, Huacho, Hualmay, Santa María, Sayán, Santa Leonor, Checras, Paccho, Leoncio Prado, Oyón, Andajes, Pachangara, Naván, Cochamarca, Caujul, Ihuarí (una parte), siendo la ciudad de Huacho el mayor centro urbano, localizado en la costa y a 145 km al norte de Lima. En Lámina N°01 Mapa de Sub Cuenca del Anexo 9, se presenta la ubicación política de la cuenca y los distritos que abarca la cuenca se muestran en el Cuadro N° 4.11.

Cuadro 4-11: DEMARCACIÓN ADMINSTRATIVA

ADMINISTRACION LOCAL DEL AGUA		
PUNTO CARDINAL	PROVINCIA	DISTRITO
NORTE	HUAURA	Vegueta
		Huaura
		Caleta de Carquin
		Huacho
		Hualmay
		Santa María
		Sayán
		Santa Leonor
		Checras
		Paccho
		Leoncio Prado

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

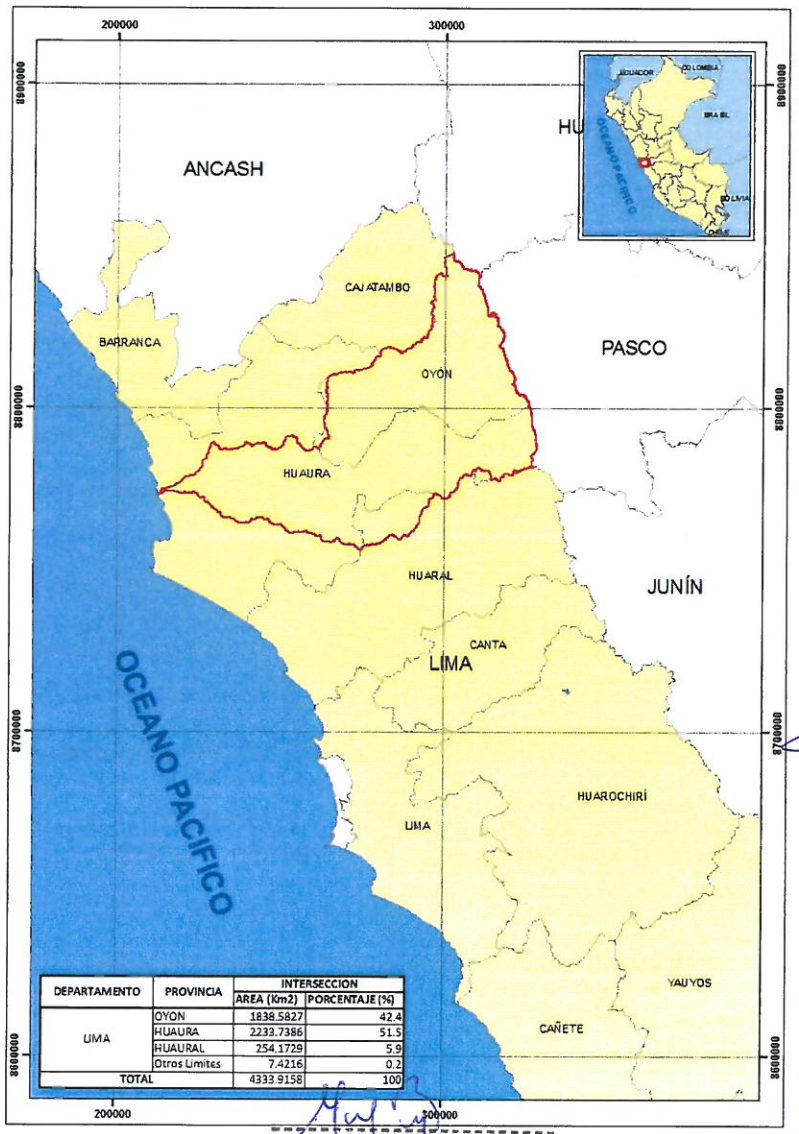
Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

ADMINISTRACION LOCAL DEL AGUA		
PUNTO CARDINAL	PROVINCIA	DISTRITO
ESTE	OYON	Oyon
		Andajes
		Pachangara
		Naván
		Cochamarca
		Caujul
SUR	HUARAL	Ihuarí (una parte)

Fuente: Plan de Trabajo Institucional ALA HUAURA 2005

Figura 2: DEMARCACIÓN POLÍTICA



DEPARTAMENTO	PROVINCIA	INTERSECCION	
		AREA (Km2)	PORCENTAJE (%)
LIMA	OYON	1838.5827	42.4
	HUAURA	2233.7386	51.5
	HUAURAL	254.1729	5.9
	Otros Limites	7.4216	0.2
TOTAL		4333.9158	100

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

4.2.4 Demarcación Administrativa

La Administración Local de Aguas (ALA), Huaura, se encarga de administrar las aguas de uso agrario y no agrario en el ámbito de su jurisdicción, dependen jerárquicamente de la Autoridad Nacional del Agua. Actualmente la ALA Huaura, tiene una oficina descentralizada ubicada en el distrito de Huacho.

4.3 ACCESIBILIDAD - VIAS DE COMUNICACIÓN

Partiendo de Lima, la localidad de Huacho es la capital de la provincia de Huaura, ubicada al norte de la ciudad de Lima; en el km 152 de la carretera panamericana norte. Esta carretera cruza longitudinalmente la parte baja del valle Huaura, conectándose con el resto de la costa peruana. Desde Huaura y por la margen derecha del río del mismo nombre parte una carretera asfaltada con dirección al este que llega hasta la localidad de Sayán y de ahí por carretera semi asfaltada con dirección al norte se penetra a la zona alto andina de la provincia de Churin y Oyón, y por trocha carrozable con dirección noreste a la sierra de la subcuenca río Chico.
En la Figura 3, se muestra las principales vías de acceso en la cuenca del río Huaura.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 3: ACCESIBILIDAD – VIAS DE COMUNICACIÓN

CONSORCIO CONSULTOR CUENCA DE RÍO HUAURA

Euroconsult Proes NEVO

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISION HUAURA

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

5.1 EVALUACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN

5.1.1 Análisis y tratamiento de la información pluviométrica

Para el presente estudio ha sido necesaria la obtención de series diarias de calidad y extensión, suficientes para permitir el análisis comparativo de los diferentes escenarios seleccionados para el uso del agua en el planeamiento del sistema. En consecuencia, dada la información pluviométrica existente, se ha visto por conveniente realizar un análisis cuidadoso que tampoco signifique cambios significativos de los registros, incidiendo, tanto, en la recopilación e interpretación de los datos históricos, y la utilización de la metodología para el análisis de su consistencia y completado que garanticen la calidad de los valores rellenados.

Se realizó el análisis estadístico de consistencia, completado y extensión de la información pluviométrica, la misma que ha sido actualizada con la información complementaria de los registros faltantes adquiridos del SENAMHI.

5.1.1.1 Análisis de la red de estaciones

Se ha llevado a cabo un análisis global de la red de estaciones. Dicho análisis cubre tres aspectos:

- Inventario exhaustivo de las estaciones meteorológicas, no solamente dentro de la sub cuenca del río Huaura, además aquellas que se encontraban en sus alrededores.
- Diagnóstico de la red actual y evaluación de su capacidad para suministrar la calidad y cantidad de información necesaria para la planificación del sistema de recursos hídricos.
- Información relevante que sea de utilidad para el estudio.

Producto de este análisis resultan las estaciones utilizadas en el presente estudio y se muestran en Cuadro N° 5.1.

5.1.1.2 Análisis de consistencia de los registros

Basándose en los registros hidrometeorológicos disponibles, esto es: Precipitación diaria y caudal diario de las estaciones ubicadas el ámbito de estudio y cuencas vecinas, se plantean el análisis de consistencia de la información.

Para este análisis se han considerado un total de 16 estaciones con pluviómetro, dentro y fuera de la cuenca.

5.1.1.3 Análisis de doble masa

El análisis de doble masa se ha desarrollado siguiendo los siguientes pasos:

- Cálculo de los valores de precipitación total diario acumulado de cada una de las estaciones y obtención de la estación promedio.
- Luego se realizó los gráficos de doble masa entre los datos de precipitación diaria acumulada y de la estación promedio del grupo, contra los datos de cada estación.
- Se selecciona la estación modelo la cual presenta menores saltos dentro de cada grupo.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISIÓN HUAURA
CIP N° 58999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

- Se elaboraron los gráficos doble masa para cada una de las estaciones versus los valores de la estación modelo, según el agrupamiento mostrado en el Cuadro 5.1. En caso de mostrar quiebres bruscos se procedió a contrastar con otras estaciones para identificar correctamente la confiabilidad de la estación modelo en dicho periodo, pero no ha sido limitado hacer una corrección a la estación modelo.

En el Cuadro N° 5.1, se muestran los grupos de análisis, y en la Figura N° 4 la ubicación de las estaciones analizadas.

Cuadro 5-1: Grupo de pluviómetros de las estaciones meteorológicas en la cuenca del río Huaura

Grupo	Pluviómetro de las Estaciones
GRUPO I	Cajatambo, Laguna Surasaca, Gorgor y Oyón.
GRUPO II	Parquin y Picoy.
GRUPO III	Andajes, Pampa Libre y Paccho.
GRUPO IV	Pallac y Pachamachay.
GRUPO V	Santa Cruz, Carhuacayan.
GRUPO VI	Ambar, Alcantarilla y Lomas de Lachay.

Fuente: Elaboración propia

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

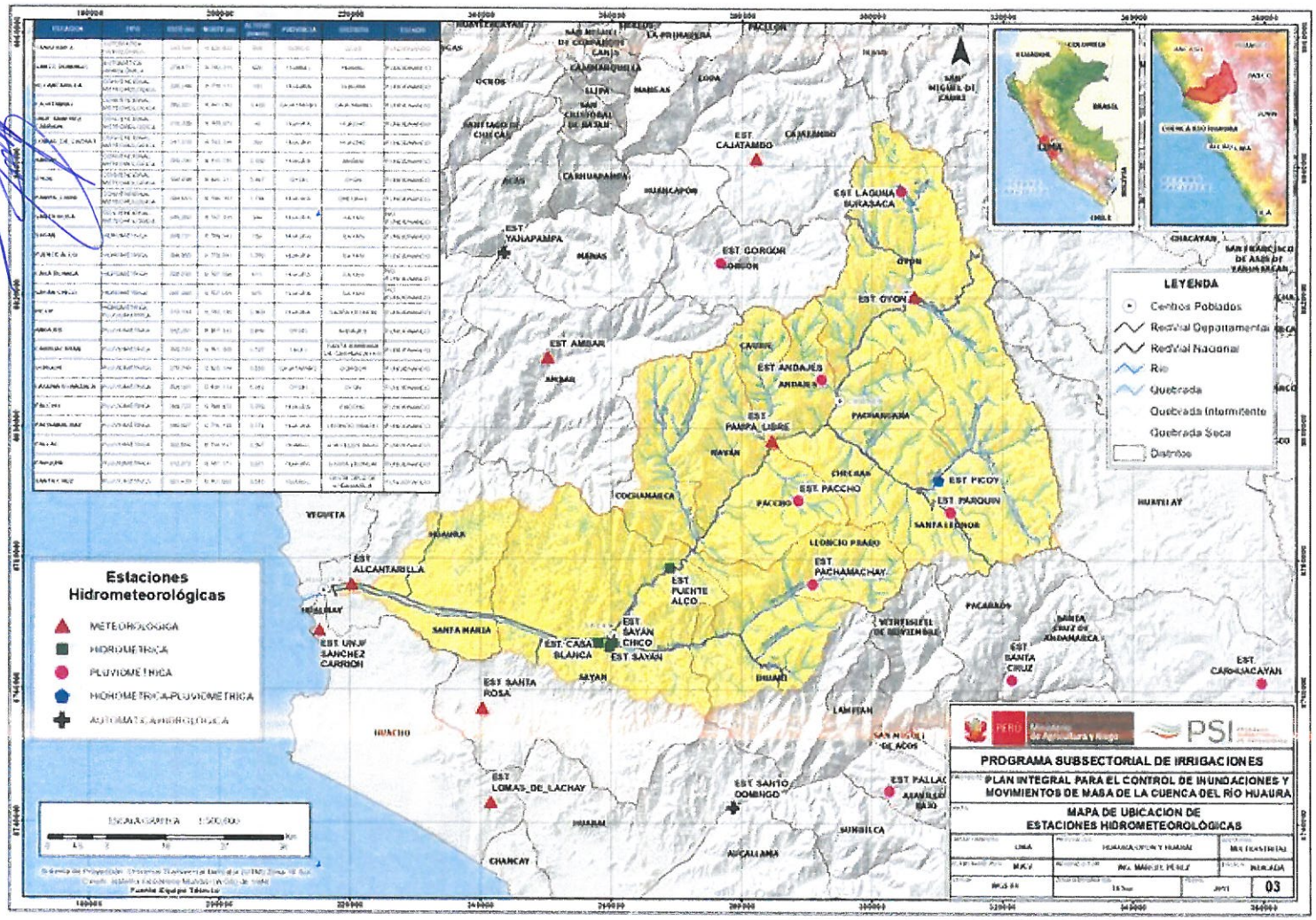
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64084

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 4: Red de estaciones hidrometeorológicas en el ámbito de Estudio



Hidrología – Plan Integral para el control de inundaciones y Movimientos de Masa de la cuenca del Rio Huaura

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

2360

La descripción de cada grupo hidrológico que se han conformado con los pluviómetros se describe a continuación:

- Grupo PT01, Estos pluviómetros dan una cobertura teórica a la cabecera Noreste de la cuenca del río Huaura y la vertiente del atlántico, que está enmarcado por unas divisorias montañosas elevadas, por lo que se suponen características microclimáticas similares.
- Grupo PT02, Estos pluviómetros dan una cobertura teórica a la cabecera Sureste de la cuenca del río Huaura, que está enmarcado por unas divisorias montañosas elevadas, por lo que se suponen características microclimáticas similares.
- Grupo PT03, Geográficamente estos pluviómetros dan cobertura en la parte central de la cuenca del río Huaura. El régimen de precipitaciones es una continuación, presentando una buena correlación de los registros pluviométricos.
- Grupo PT04, Estos pluviómetros dan una cobertura de las características climáticas de las cuencas vecinas (zona media) de la vertiente del pacífico, localizadas al sureste, presentando similares condiciones microclimáticas en este grupo.
- Grupo PT05, Estos pluviómetros dan una cobertura de las características climáticas en el límite sureste de la cuenca, compuesto por unas divisorias montañosas elevadas, con características microclimáticas similares.
- Grupo PT06, Geográficamente estos pluviómetros dan cobertura en la parte baja de la cuenca del río Huaura. El régimen de precipitaciones es una continuación, presentando una buena correlación de los registros pluviométricos.

Manuel J. Ecos Vásquez
Residente Común del Consorcio
SUPERVISION HUAURA

El análisis de doble masa ha permitido la identificación de algunos saltos, lo que se traduce en la separación de los períodos con información confiable respecto de aquellos que presentan deficiencias.

El análisis estadístico es un proceso de inferencia en relación al comportamiento homogéneo de la media y varianza de los diferentes períodos de información utilizando para ello las pruebas estadísticas "T" y "F", respectivamente.

Mediante dichas pruebas es posible establecer si existe diferencia estadística a un nivel de significación de 95% entre la media y desviación estándar de los dos períodos de información considerados.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Para estas pruebas se establecen los parámetros estadísticos T_c y F_c como descriptores del comportamiento comparativo entre las muestras de longitud N_1 y N_2, de los periodos en análisis.

Los valores de T_c y F_c son comparados con los valores teóricos límites esperados obtenidos de las tablas estadísticas con una probabilidad del 95% (o un grado de significancia de $\alpha = 0.05$) y con N_1+N_2-2 grados de libertad para la prueba T Student y con N_1-1, N_2-1 grados de libertad para la prueba F. Si $|T_c| < T_t$ y $F_c < F_t$, entonces el salto en la media y desviación estándar respectivamente no es significativo, aun presentando quiebres en el diagrama doble masa; pero si el resultado es contrario a lo anterior, entonces si es necesario realizar la corrección respectiva.

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Para realizar las pruebas y estas correcciones se ha hecho uso de una hoja de cálculo en Excel, y los resultados de los diferentes grupos realizados se muestran en detalle en los Cuadros del 5.2 al 5.12, para las precipitaciones.

Se ha tenido especial cuidado en analizar el método doble masa en cada grupo

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP. 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

pluviométrico, de manera que la corrección no distorsione significativamente los periodos a corregir, siendo fundamental tener presente la longitud del registro y periodo común de análisis.

5.1.1.4 Análisis de tendencia lineal

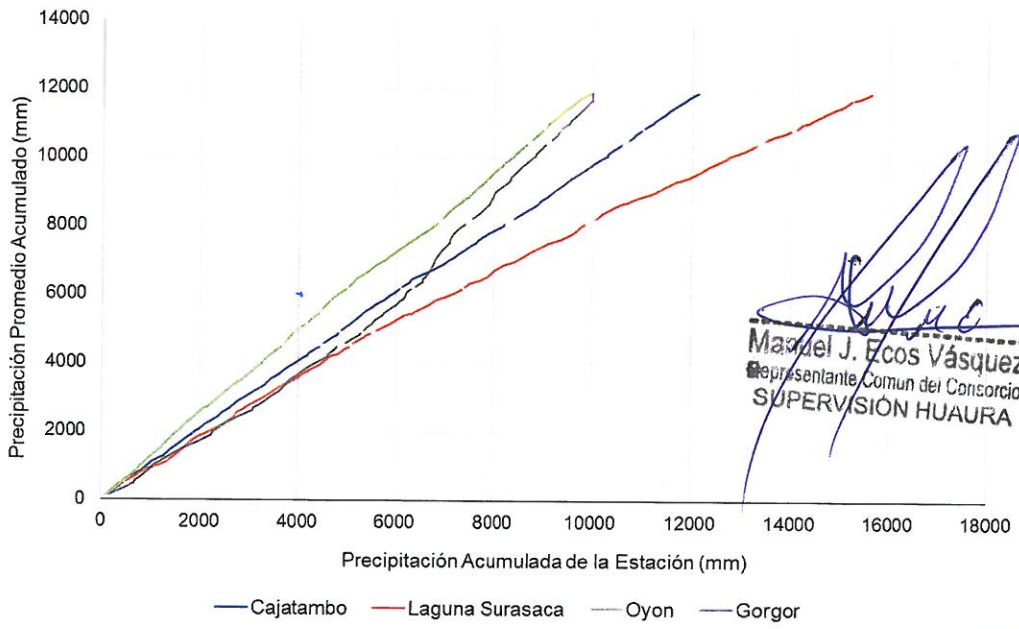
Para evaluar la existencia de tendencias lineales en la serie anual, se evalúa el coeficiente de correlación lineal entre la precipitación total mensual - años y caudal medio mensual - año, a efecto de verificar si resultan significativas o no la relación. Para esto se compara el estadístico "T" de Student para un nivel de significancia del 95% y N-2 grados de libertad, (siendo N el número de años de registro); contra el estadístico calculado "T_c". Si se cumple que $T_c < T_t$, para $\alpha = 0.05$ de significación y N-2 grados, entonces "r" no es significativamente diferente de cero y por lo tanto no existe tendencia.

5.1.1.5 Diagramas obtenidos

En este análisis, los errores producidos por los fenómenos naturales y sistemáticos son detectados mediante los "quiebres" que se presentan en los diagramas y permite determinar el rango de los períodos dudosos y confiables para cada estación en estudio, la cual se debe corregirse utilizando ciertos criterios estadísticos.

En este caso, para el análisis de doble masa se ha trabajado con los grupos anteriormente mencionados de estaciones meteorológicas, con el fin obtener una comparación adecuada de las series de precipitaciones mensuales, los gráficos de análisis, antes y después del tratamiento, se muestran a continuación.

Figura 5: ANÁLISIS DOBLE MASA – GRUPO I – ANTES DEL TRATAMIENTO



Fuente: Elaboración propia.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 59999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

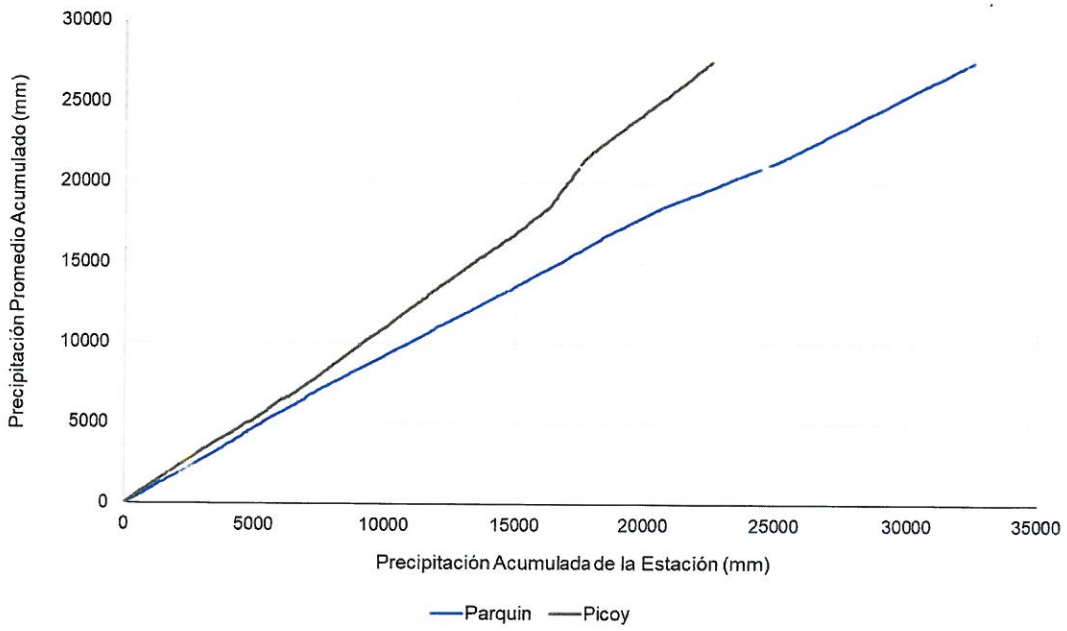
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

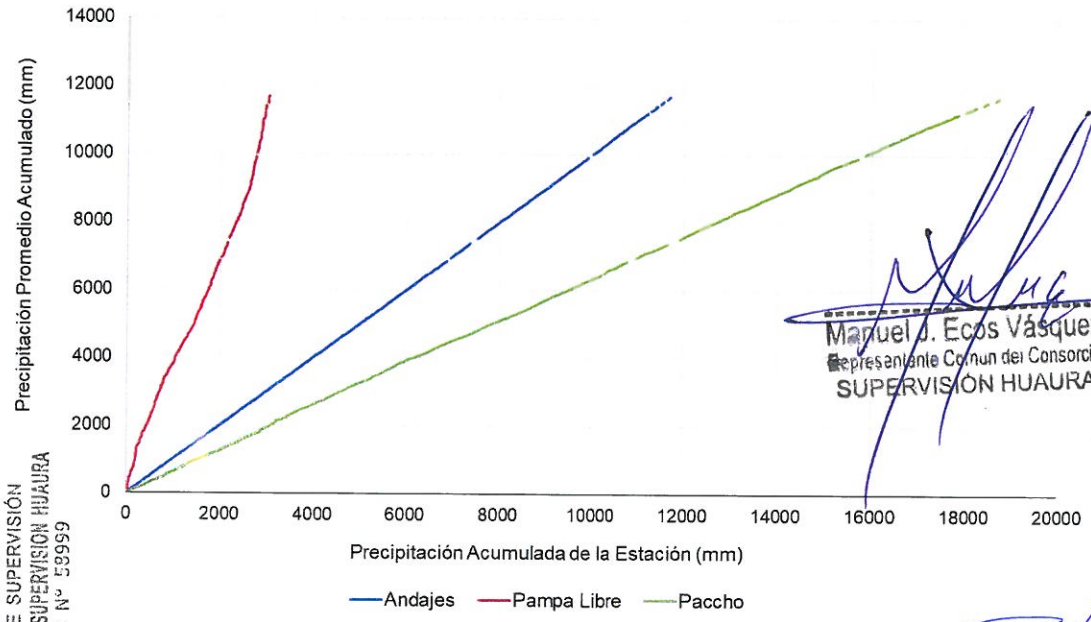
CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 6: ANÁLISIS DOBLE MASA – GRUPO II – ANTES DEL TRATAMIENTO



Fuente: Elaboración propia.

Figura 7: ANÁLISIS DOBLE MASA – GRUPO III – ANTES DEL TRATAMIENTO



Fuente: Elaboración propia.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 59999

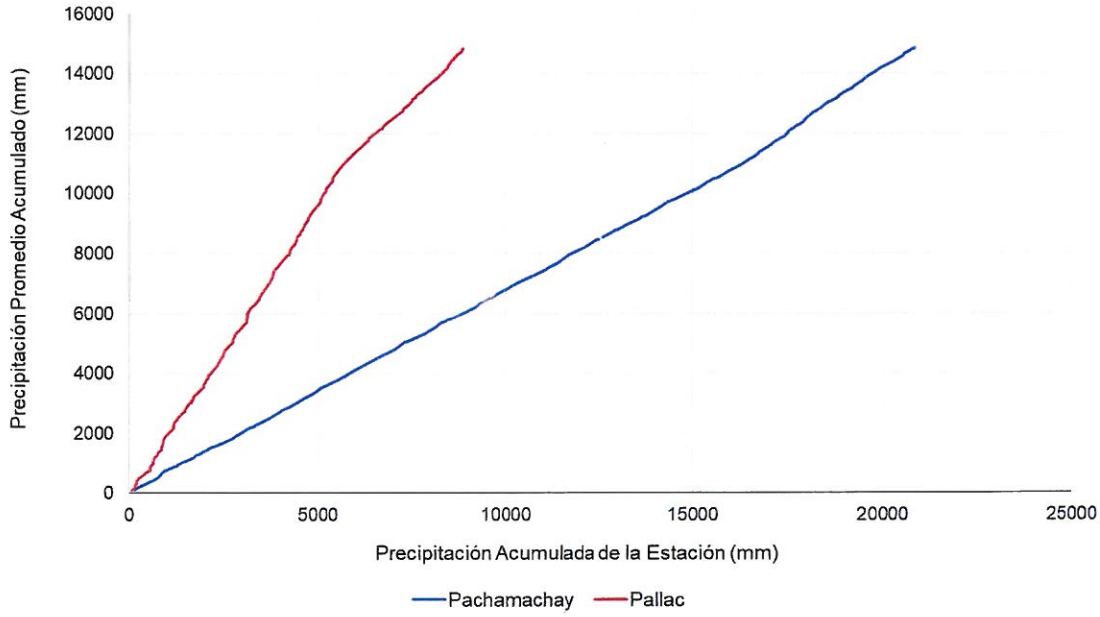
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

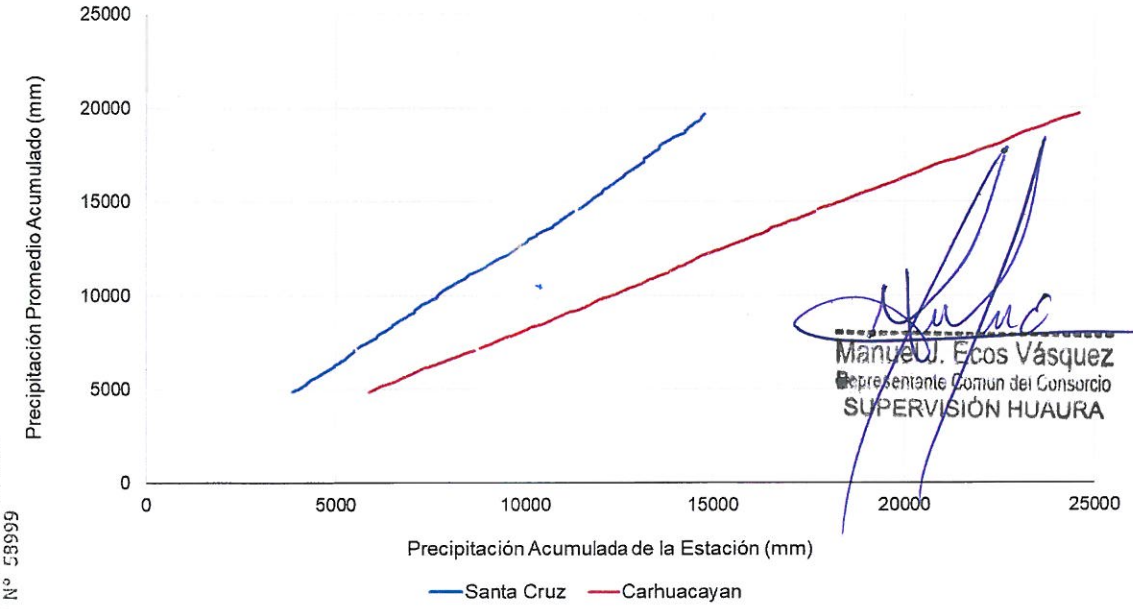
CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 8: ANÁLISIS DOBLE MASA – GRUPO IV – ANTES DEL TRATAMIENTO



Fuente: Elaboración propia.

Figura 9: ANÁLISIS DOBLE MASA – GRUPO V – ANTES DEL TRATAMIENTO



Fuente: Elaboración propia.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

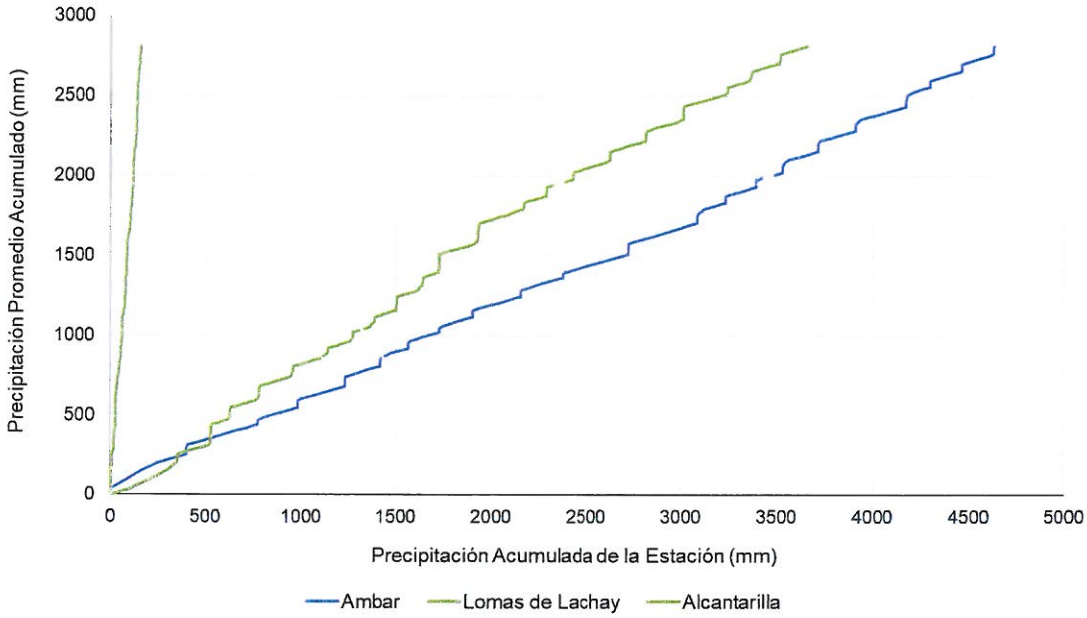
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

Ing Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 10: ANÁLISIS DOBLE MASA – GRUPO VI



Fuente: Elaboración propia.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Después de haber analizado los hidrogramas originales y los diagramas de doble masa se obtiene los períodos de posible corrección y los períodos de datos que se mantendrán con sus valores originales, se procede al análisis estadístico de Saltos, en los parámetros como la media y la desviación estándar.

La consistencia en la media se realiza mediante la prueba estadística "T" de Students y para la desviación estándar el análisis estadístico consiste en probar, mediante la prueba estadística de "F" de Fisher. Si los parámetros la media y la desviación estándar de los períodos considerados en el análisis son iguales estadísticamente, entonces no se corrige la información de lo contrario se debe corregirse. Después de todo el análisis respectivo la información es una serie homogénea, confiable y consistente al 95% de probabilidad.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

En este caso, según el análisis realizado en forma mensual se obtiene que la serie mensual de precipitaciones de las estaciones consideradas en el presente estudio no muestran "Saltos" significativos en los parámetros analizados (media y desviación estándar) en todas las estaciones consideradas, para su posible corrección, sin embargo, no se corrige dichas informaciones.

A continuación, se muestran los cuadros del análisis respectivo.

Una vez analizado los Saltos tanto en la media y desviación estándar de la información pluviométrica se procedió a evaluar las Tendencias en los dos parámetros determinísticos. Para saber si la tendencia es significativa o no, se analiza el coeficiente de correlación "R" mediante la prueba estadística de T de Students.

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Generalmente la tendencia en la desviación se presenta en los datos semanales o mensuales, pero no en datos anuales.

Ing Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Mardel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

En este caso, según el análisis realizado en forma mensual se obtiene que la serie mensual de precipitaciones de las estaciones consideradas en el presente estudio no muestran "Tendencias" significativas en los parámetros analizados (media y desviación estándar) en todas las estaciones consideradas, para su posible corrección, sin embargo, no se corrige dichas informaciones.

Los resultados se muestran a continuación.

Cuadro 5-2: Resultados de las pruebas estadísticas de saltos en la media y desviación estándar – Grupo I

EST.	PERIODO	N	MED.	DESV. EST.	S_p	S_d	PRUEBAS ESTADÍSTICAS			
							T_c	T_T	F_c	F_T
Cajatambo	1996-2004	104	58,350	63,597	63,231	8,687	0,272	1,971	1,023	1,381
	2005-2014	108	55,984	62,877						
	SALTO SIGNIF.				ECUAC. DE CORRECCIÓN					
	MEDIA		D. EST							
	NO		NO		1,011	X_T	+	1,724		
					0,989	X_T	+	-1,705		

EST.	PERIODO	N	MED.	DESV. EST.	S_p	S_d	PRUEBAS ESTADÍSTICAS			
							T_c	T_T	F_c	F_T
Laguna Surasaca	1996-2004	104	70,350	60,161	65,445	8,991	0,721	1,971	1,360	1,381
	2005-2014	108	76,831	70,156						
	SALTO SIGNIF.				ECUAC. DE CORRECCIÓN					
	MEDIA		D. EST							
	NO		NO		0,858	X_T	+	4,465		
					1,166	X_T	+	-5,207		

EST.	PERIODO	N	MED.	DESV. EST.	S_p	S_d	PRUEBAS ESTADÍSTICAS			
							T_c	T_T	F_c	F_T
Oyon	1996-2004	104	47,911	47,733	47,536	6,531	0,261	1,971	1,016	1,381
	2005-2014	108	46,206	47,345						
	SALTO SIGNIF.				ECUAC. DE CORRECCIÓN					
	MEDIA		D. EST							
	NO		NO		1,008	X_T	+	1,326		
					0,992	X_T	+	-1,315		

EST.	PERIODO	N	MED.	DESV. EST.	S_p	S_d	PRUEBAS ESTADÍSTICAS			
							T_c	T_T	F_c	F_T
Gorgor	1996-1998	104	60,527	76,561	62,034	8,523	3,091	1,971	3,069	1,381
	1999-2001	108	34,181	43,705						
	SALTO SIGNIF.				ECUAC. DE CORRECCIÓN					
	MEDIA		D. EST							
	SI		SI		1,752	X_T	+	0,650		
					0,571	X_T	+	-0,371		

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los cuadros mostrados, se ha detectado inconsistencia en la media y desviación estándar en las series de precipitación de la estación Gorgor, por lo que han sido corregidos con la ecuación: X'(t)= 1.752 * Xt + 0.650, en el periodo 1999 – 2001, tal como se muestra en los cuadros siguientes:

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

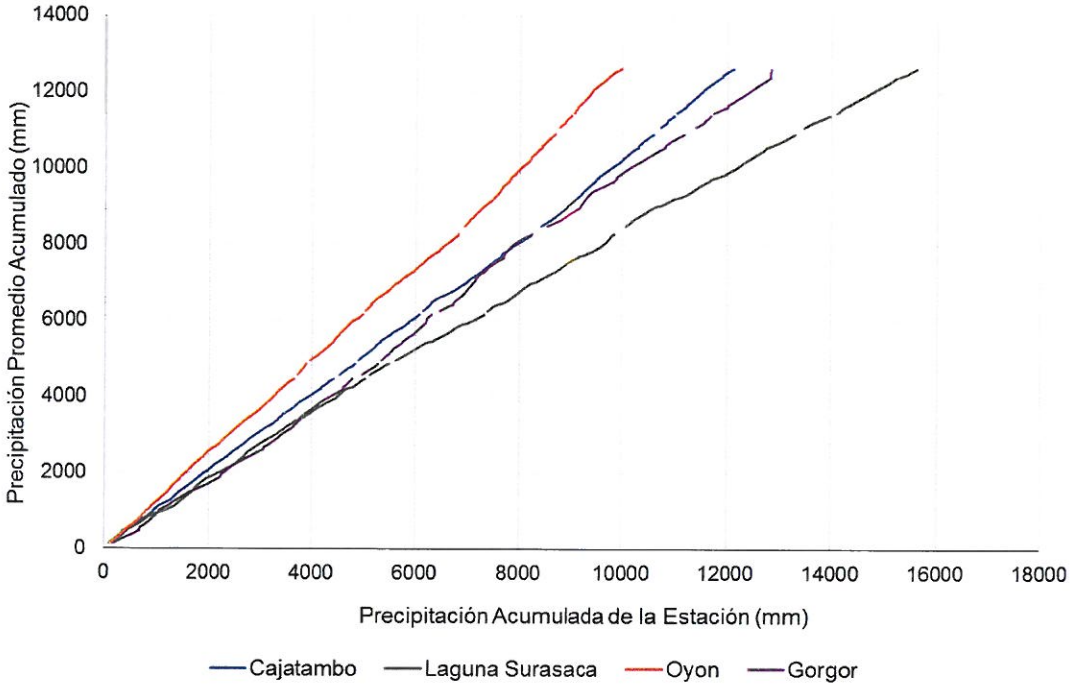
ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 11: ANÁLISIS DOBLE MASA – GRUPO I - CORREGIDO



Cuadro 5-3: Resultados de las pruebas estadísticas de saltos en la media y desviación estándar – Grupo II

EST.	PERIODO	N	MED.	DESV. EST.	S_p	S_d	PRUEBAS ESTADÍSTICAS			
							T_C	T_T	F_C	F_T
Parquin	1968-1998	359	55.003	62.828	70.702	6.664	3.427	1.965	1.851	1.240
	1999-2013	164	77.838	85.486						
			SALTO SIGNIF.		ECUAC. DE CORRECCIÓN					
			MEDIA	D. EST						
			SI	SI	*0.735*	X_T	+	*-2.204*		
					1.361	X_T	+	*2.999*		

EST.	PERIODO	N	MED.	DESV. EST.	S_p	S_d	PRUEBAS ESTADÍSTICAS			
							T_C	T_T	F_C	F_T
Picoy	1968-1998	359	43.557	47.153	47.680	4.494	0.301	1.965	1.072	1.240
	1999-2013	164	42.205	48.817						
			SALTO SIGNIF.		ECUAC. DE CORRECCIÓN					
			MEDIA	D. EST						
			NO	NO	*0.966*	X_T	+	*2.790*		
					1.035	X_T	+	*-2.889*		

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los cuadros mostrados, se ha detectado inconsistencia en la media y desviación estándar en las series de precipitación de la estación Parquin, por lo que han sido corregidos con la ecuación: X'(t)= 1.361 * Xt + 2.999, en el periodo 1999 – 2013, tal como se muestra en los cuadros siguientes:

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

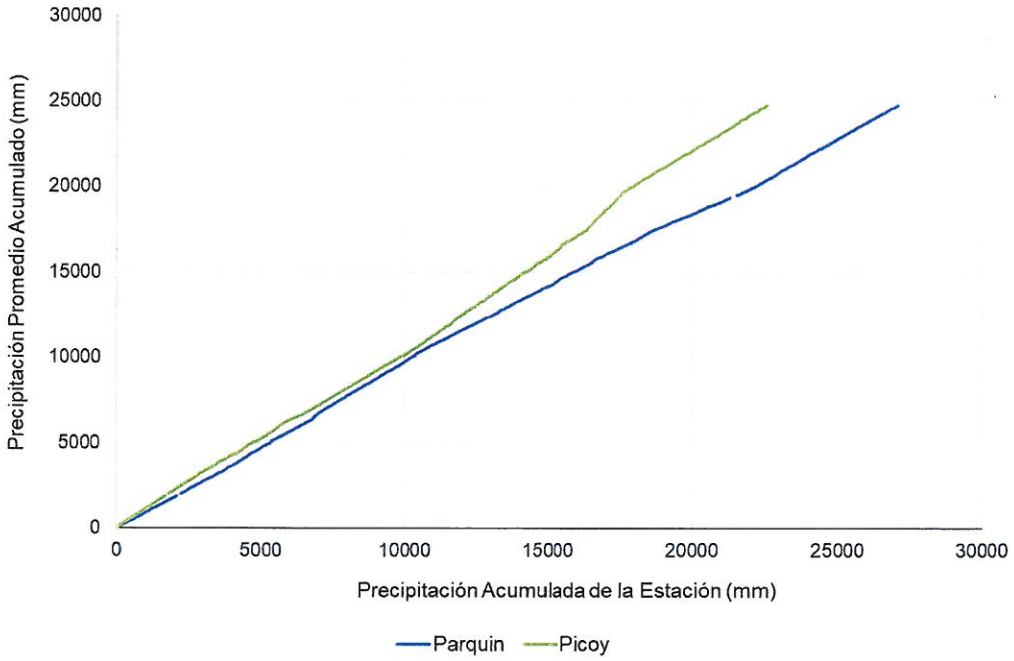
Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 12: ANÁLISIS DOBLE MASA – GRUPO II - CORREGIDO



Cuadro 5-4: Resultados de las pruebas estadísticas de saltos en la media y desviación estándar – Grupo III

EST.	PERIODO	N	MED.	DESV. EST.	S_p	S_d	PRUEBAS ESTADÍSTICAS			
							T_C	T_T	F_C	F_T
Andajes	1984-2008	270	35,676	45,083	44,555	5,024	0,441	1,966	1,087	1,291
	2009-2018	111	33,460	43,238						
			SALTO SIGNIF.		ECUAC. DE CORRECCIÓN					
			MEDIA	D. EST						
			NO	NO	*1,043*	X_T	+	*0,788*		
					0,959	X_T	+	*-0,755*		

EST.	PERIODO	N	MED.	DESV. EST.	S_p	S_d	PRUEBAS ESTADÍSTICAS			
							T_C	T_T	F_C	F_T
Pampa Libre	1984-2008	270	9,151	14,983	13,567	1,530	2,988	1,966	2,636	1,291
	2009-2018	111	4,581	9,229						
			SALTO SIGNIF.		ECUAC. DE CORRECCIÓN					
			MEDIA	D. EST						
			SI	SI	*1,624*	X_T	+	*1,714*		
					0,616	X_T	+	*-1,056*		

EST.	PERIODO	N	MED.	DESV. EST.	S_p	S_d	PRUEBAS ESTADÍSTICAS			
							T_C	T_T	F_C	F_T
Paccho	1984-2008	270	49,964	67,988	65,927	7,433	0,389	1,966	1,259	1,291
	2009-2018	111	47,071	60,591						
			SALTO SIGNIF.		ECUAC. DE CORRECCIÓN					
			MEDIA	D. EST						
			NO	NO	*1,122*	X_T	+	*-2,853*		
					0,891	X_T	+	*2,543*		

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los cuadros mostrados, se ha detectado inconsistencia en la media y desviación estándar en las series de precipitación de la estación Pampa Libre, por lo que han sido corregidos con la ecuación: X'(t)= 1.624 * Xt + 1,714, en el periodo 2009 – 2018, tal como se muestra en los cuadros siguientes:

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISIÓN HUAURA
CIP Nº 53555

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

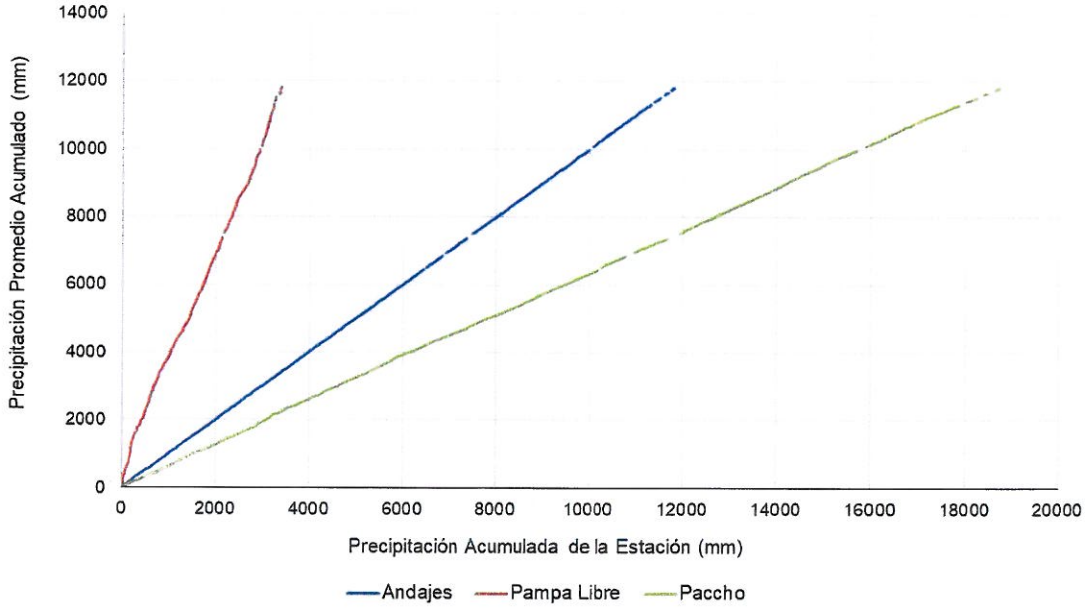
Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

Ing Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 13: ANÁLISIS DOBLE MASA – GRUPO III - CORREGIDO



Cuadro 5-5: Resultados de las pruebas estadísticas de saltos en la media y desviación estándar – Grupo IV

EST.	PERIODO	N	MED.	DESV. EST.	S_p	S_d	PRUEBAS ESTADÍSTICAS			
							T_C	T_T	F_C	F_T
Pachamachay	1988-2006	225	65,812	85,170	76,293	8,195	3,002	1,967	2,056	1,280
	2007-2018	141	41,209	59,392						
	SALTO SIGNIF.				ECUAC. DE CORRECCIÓN					
	MEDIA		D. EST							
	SI		SI		1,434 X_T + 6,718					
					0,697 X_T + -4,685					

EST.	PERIODO	N	MED.	DESV. EST.	S_p	S_d	PRUEBAS ESTADÍSTICAS			
							T_C	T_T	F_C	F_T
Pallac	1988-2006	225	22,842	37,735	38,698	4,156	0,837	1,967	1,134	1,280
	2007-2018	141	26,321	40,190						
	SALTO SIGNIF.				ECUAC. DE CORRECCIÓN					
	MEDIA		D. EST							
	NO		NO		0,939 X_T + -1,872					
					1,065 X_T + 1,994					

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los cuadros mostrados, se ha detectado inconsistencia en la media y desviación estándar en las series de precipitación de la estación Pachamachay, por lo que han sido corregidos con la ecuación: X'(t)= 1.434 * Xt + 6,718, en el periodo 2007 – 2018, tal como se muestra en los cuadros siguientes:

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

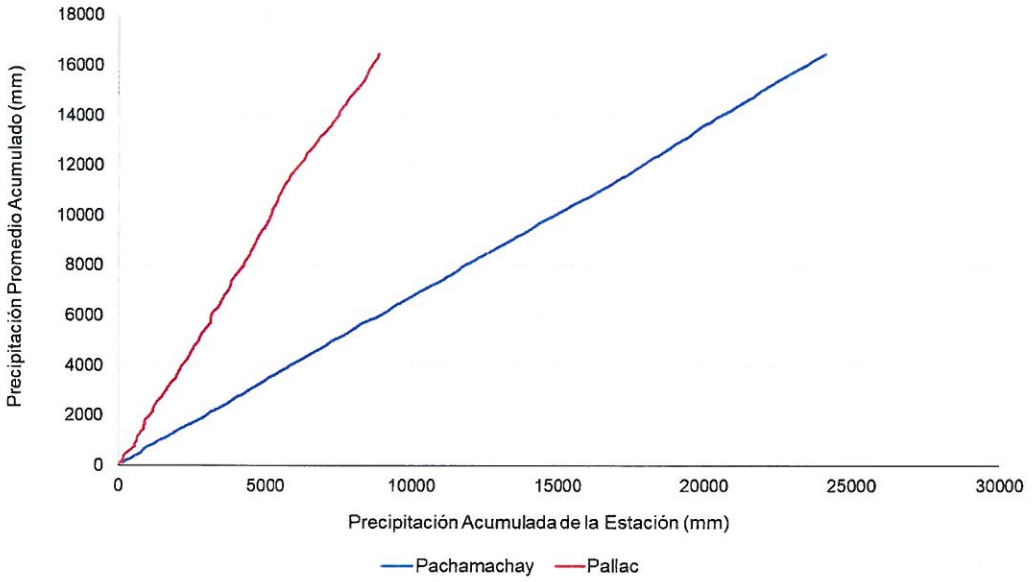
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Figura 14: ANÁLISIS DOBLE MASA – GRUPO IV - CORREGIDO

Ing Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL



Cuadro 5-6: Resultados de las pruebas estadísticas de saltos en la media y desviación estándar – Grupo V

EST.	PERIODO	N	MED.	DESV. EST.	S_p	S_d	PRUEBAS ESTADÍSTICAS			
							T_C	T_T	F_C	F_T
Santa Cruz	1993-2012	227	51.577	55.128	53.534	7.241	1.243	1.968	1.313	1.354
	2013-2018	72	42.576	48.112						
			SALTO SIGNIF.		ECUAC. DE CORRECCIÓN					
			MEDIA	D. EST						
			NO	NO	1.146	X_T	+	2.791		
					0.873	X_T	+	-2.436		

EST.	PERIODO	N	MED.	DESV. EST.	S_p	S_d	PRUEBAS ESTADÍSTICAS			
							T_C	T_T	F_C	F_T
Carhuacayan	1993-2012	227	80.997	65.605	62.967	8.517	0.590	1.968	1.492	1.354
	2013-2018	72	86.019	53.715						
			SALTO SIGNIF.		ECUAC. DE CORRECCIÓN					
			MEDIA	D. EST						
			NO	SI	1.221	X_T	+	-24.064		
					0.819	X_T	+	19.702		

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los cuadros mostrados, se ha detectado inconsistencia en la media y desviación estándar en las series de precipitación de la estación Carhuacayan, por lo que han sido corregidos con la ecuación: X'(t)= 0.819 * Xt + 19.702, en el periodo 2013 – 2018, tal como se muestra en los cuadros siguientes:

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53959

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

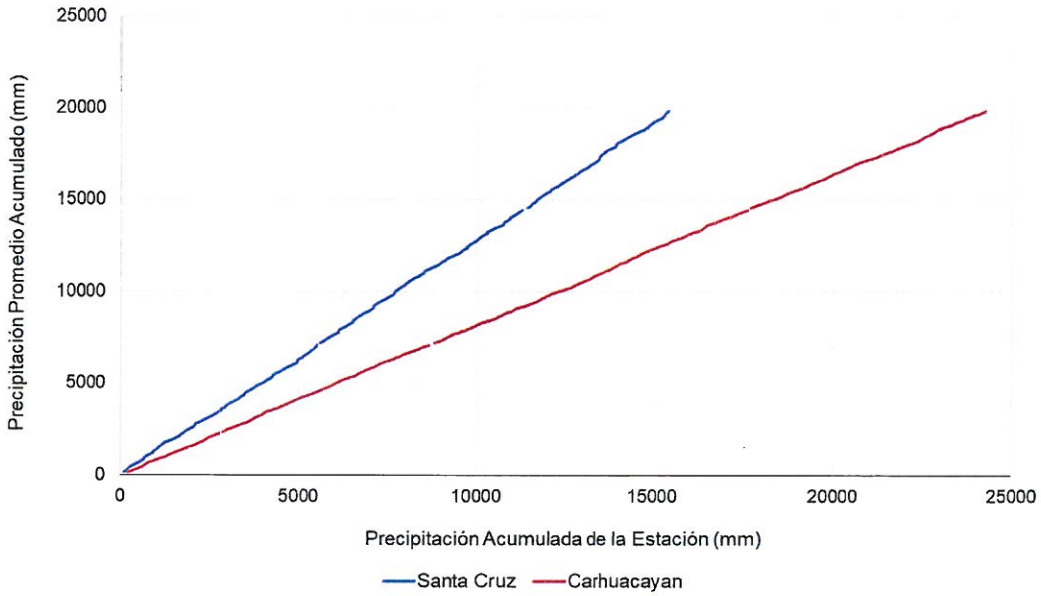
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrología
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 15: ANÁLISIS DOBLE MASA – GRUPO V - CORREGIDO



Cuadro 5-7: Resultados de las pruebas estadísticas de saltos en la media y desviación estándar – Grupo VI

EST.	PERIODO	N	MED.	DESV. EST.	S_p	S_d	PRUEBAS ESTADÍSTICAS			
							T_C	T_T	F_C	F_T
Ambar	1997-2007	122	19.575	33.249	31.333	3.950	0.599	1.969	1.277	1.345
	2008-2018	130	17.207	29.422						
			SALTO SIGNIF.		ECUAC. DE CORRECCIÓN					
			MEDIA	D. EST						
			NO	NO	*1.130*	X_T	+	*0.130*		
					0.885	X_T	+	*-0.115*		

EST.	PERIODO	N	MED.	DESV. EST.	S_p	S_d	PRUEBAS ESTADÍSTICAS			
							T_C	T_T	F_C	F_T
Lomas de Lachay	1997-2007	122	14.120	15.945	15.639	1.971	0.384	1.969	1.079	1.345
	2008-2018	130	14.876	15.347						
			SALTO SIGNIF.		ECUAC. DE CORRECCIÓN					
			MEDIA	D. EST						
			NO	NO	*1.039*	X_T	+	*-1.336*		
					0.963	X_T	+	*1.286*		

EST.	PERIODO	N	MED.	DESV. EST.	S_p	S_d	PRUEBAS ESTADÍSTICAS			
							T_C	T_T	F_C	F_T
Alcantarilla	1997-2007	122	0.668	1.017	1.006	0.127	0.889	1.969	1.044	1.345
	2008-2018	130	0.555	0.995						
			SALTO SIGNIF.		ECUAC. DE CORRECCIÓN					
			MEDIA	D. EST						
			NO	NO	*1.022*	X_T	+	*0.101*		
					0.979	X_T	+	*-0.098*		

Fuente: Elaboración propia.

Después de realizar las correcciones a las series evaluadas, se verificó nuevamente los resultados mediante las mismas pruebas estadísticas, arrojando los siguientes resultados.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Cuadro 5-8: Resultado de las pruebas estadísticas a las series corregida – Grupo I

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

EST.	PERIODO	N	MED.	DESV. EST.	S_p	S_d	PRUEBAS ESTADÍSTICAS				SALTO SIGNIF.	
							T_C	T_T	F_C	F_T	MEDIA	D. EST
Gorgor	1996-2004	104	60.527	76.561	76.501	10.510	0.016	1.971	1.003	1.381	NO	NO
	2005-2014	108	60.695	76.443								

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5-9: Resultados de las pruebas estadísticas a las series corregidas – Grupo II

EST.	PERIODO	N	MED.	DESV. EST.	S_p	S_d	PRUEBAS ESTADÍSTICAS				SALTO SIGNIF.	
							T_C	T_T	F_C	F_T	MEDIA	D. EST
Parquin	1968-1998	359	49.948	58.036	59.385	5.597	1.018	1.965	1.150	1.240	NO	NO
	1979-1987	164	55.644	62.247								

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5-10: Resultados de las pruebas estadísticas a las series corregidas – Grupo III

EST.	PERIODO	N	MED.	DESV. EST.	S_p	S_d	PRUEBAS ESTADÍSTICAS				SALTO SIGNIF.	
							T_C	T_T	F_C	F_T	MEDIA	D. EST
Pampa Libre	1984-2008	270	9.151	14.983	15.111	1.704	0.491	1.966	1.059	1.291	NO	NO
	2009-2018	111	8.315	15.419								

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5-11: Resultados de las pruebas estadísticas a las series corregidas – Grupo IV

EST.	PERIODO	N	MED.	DESV. EST.	S_p	S_d	PRUEBAS ESTADÍSTICAS				SALTO SIGNIF.	
							T_C	T_T	F_C	F_T	MEDIA	D. EST
Pachamachay	1988-2006	226	66.562	85.650	85.924	9.201	0.064	1.966	1.017	1.279	NO	NO
	2007-2018	142	67.154	86.361								

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5-12: Resultados de las pruebas estadísticas de saltos en la media y desviación estándar – Grupo V

EST.	PERIODO	N	MED.	DESV. EST.	S_p	S_d	PRUEBAS ESTADÍSTICAS				SALTO SIGNIF.	
							T_C	T_T	F_C	F_T	MEDIA	D. EST
Carhuacayan	1993-2012	227	80.997	65.605	65.387	8.844	0.076	1.968	1.029	1.354	NO	NO
	2013-2018	72	81.667	64.689								

Fuente: Elaboración propia.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

5.1.2 Completación y extensión de la información

Las estaciones meteorológicas presentan períodos incompletos, por lo que se realizó el proceso de uniformización al período base.

Se utilizó un procedimiento de correlación simple mejorado, tomando una estación base en cada grupo analizado, obteniendo correlaciones altas (r>0.85) en el análisis.

El modelo de regresión simple toma la forma siguiente:

$$Y_t = Y_1 + r\frac{S_1(Y)}{S_1(X)}(X_t - X_1) + \alpha\theta(1-r^2)S_1(Y)\varepsilon_t$$

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Donde:

α = Es usado para remover el sesgo en el estimado de la varianza de Y está dada

Ing Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

por:

$$\alpha^2 = \frac{N_2(N_1-4)(N_1-1)}{(N_2-1)(N_1-3)(N_1-2)}$$

θ = 1 cuando la variable aleatoria es considerada, y

θ = 0 cuando la variable aleatoria no es considerada,

ε_t = Variable aleatoria normal o independiente con media cero y varianza unitaria.

A continuación, se presentan los histogramas de precipitación total mensual y anual, consistentes, completados y extendidos; agrupados en tres zonas de la cuenca: Zona de Cabecera Noreste, Zona Cabecera Sureste, Zona Centro y Zona Baja.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

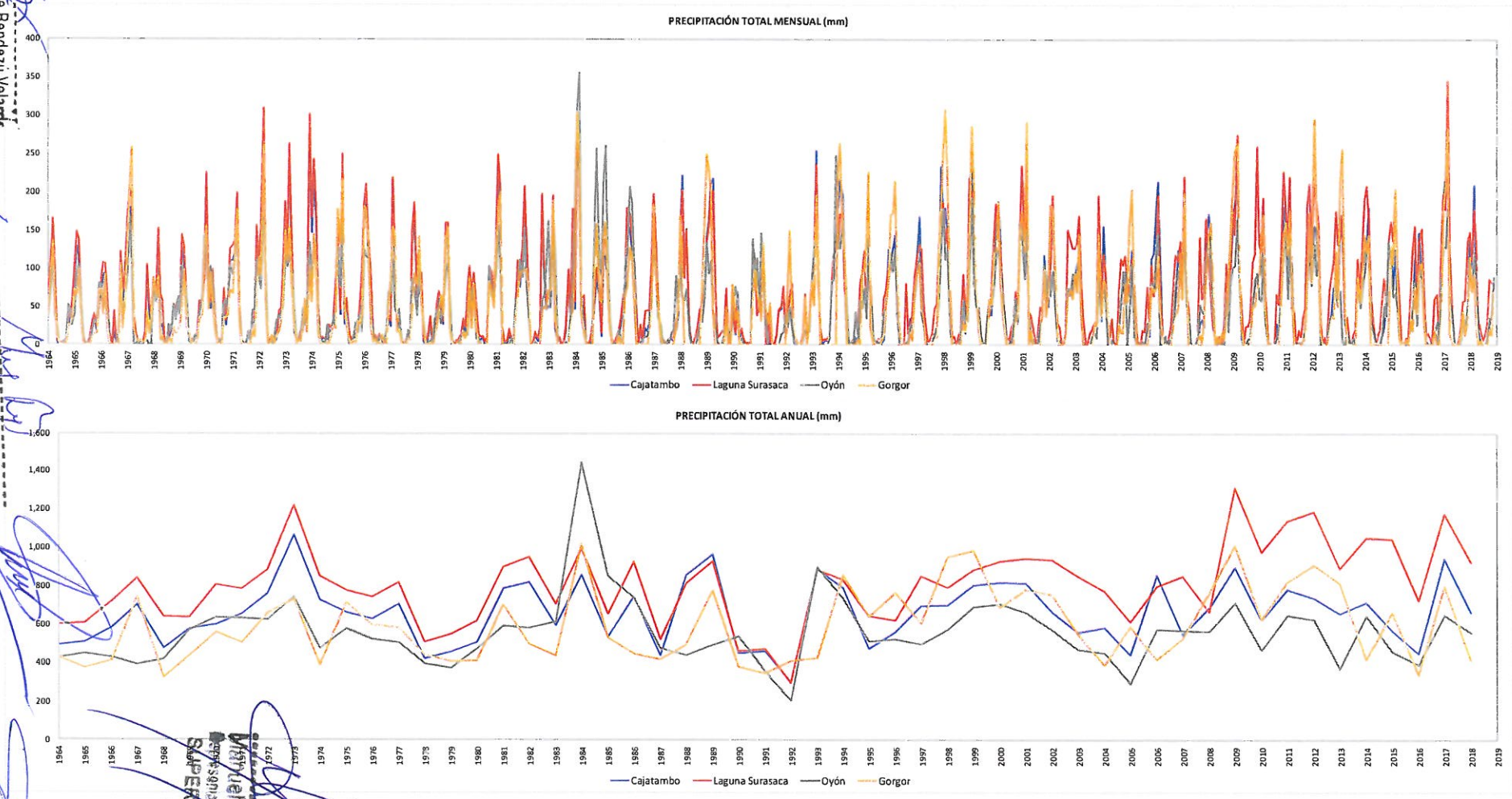
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 16: HISTOGRAMAS DE PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL/ANUAL, CONSISTENTES, COMPLETADOS Y EXTENDIDOS, ZONA CABECERA NORESTE CUENCA RÍO HUAURA



Fuente: Elaboración propia.

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P 43296

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 59999

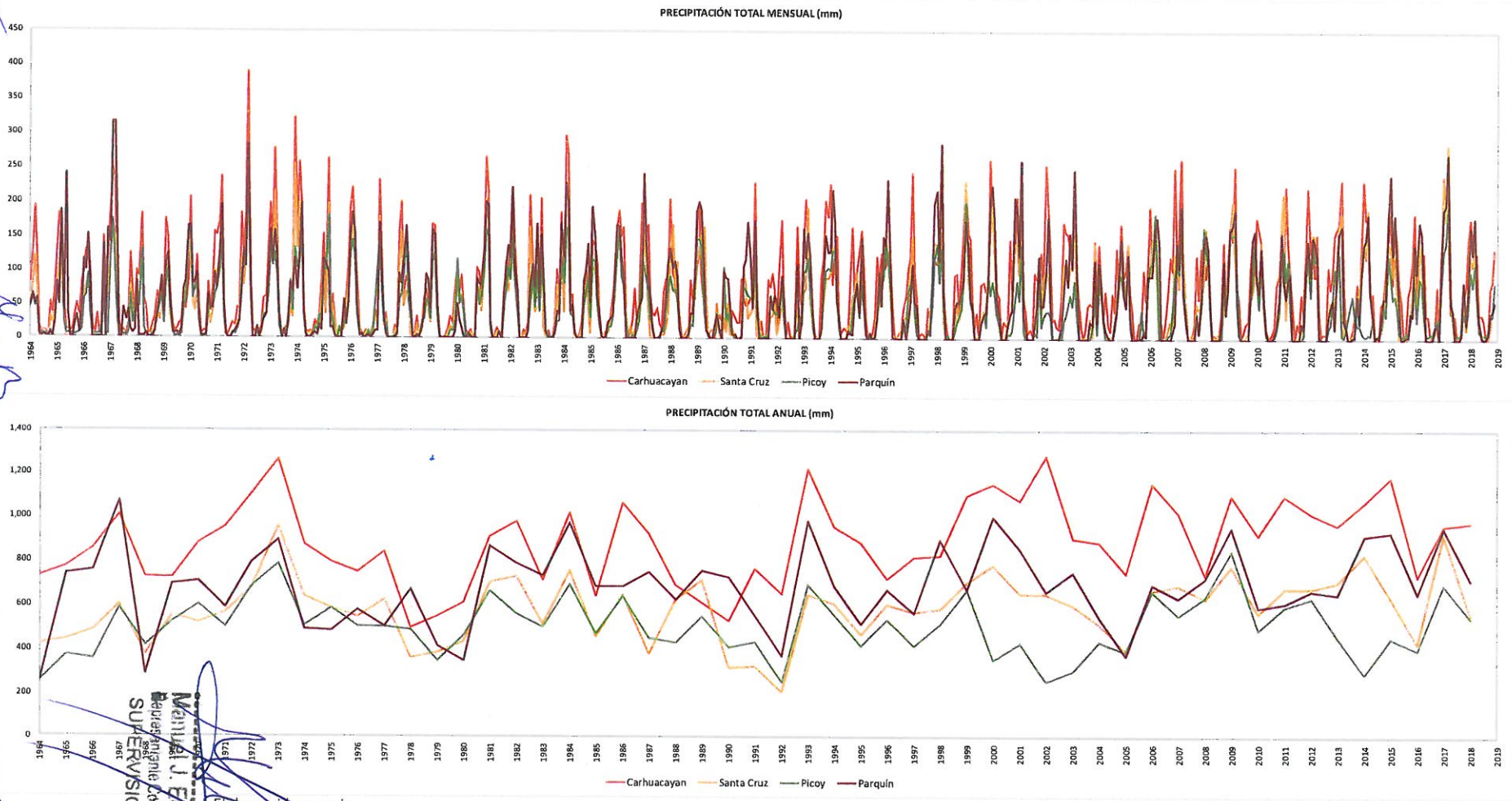
Manuel Ecos Vasquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

2316

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Figura 17: HISTOGRAMAS DE PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL/ANUAL, CONSISTENTES, COMPLETADOS Y EXTENDIDOS, ZONA CABECERA SURESTE CUENCA RÍO HUAURA



Fuente: Elaboración propia.

Ing. Luis Enrique Benavides Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

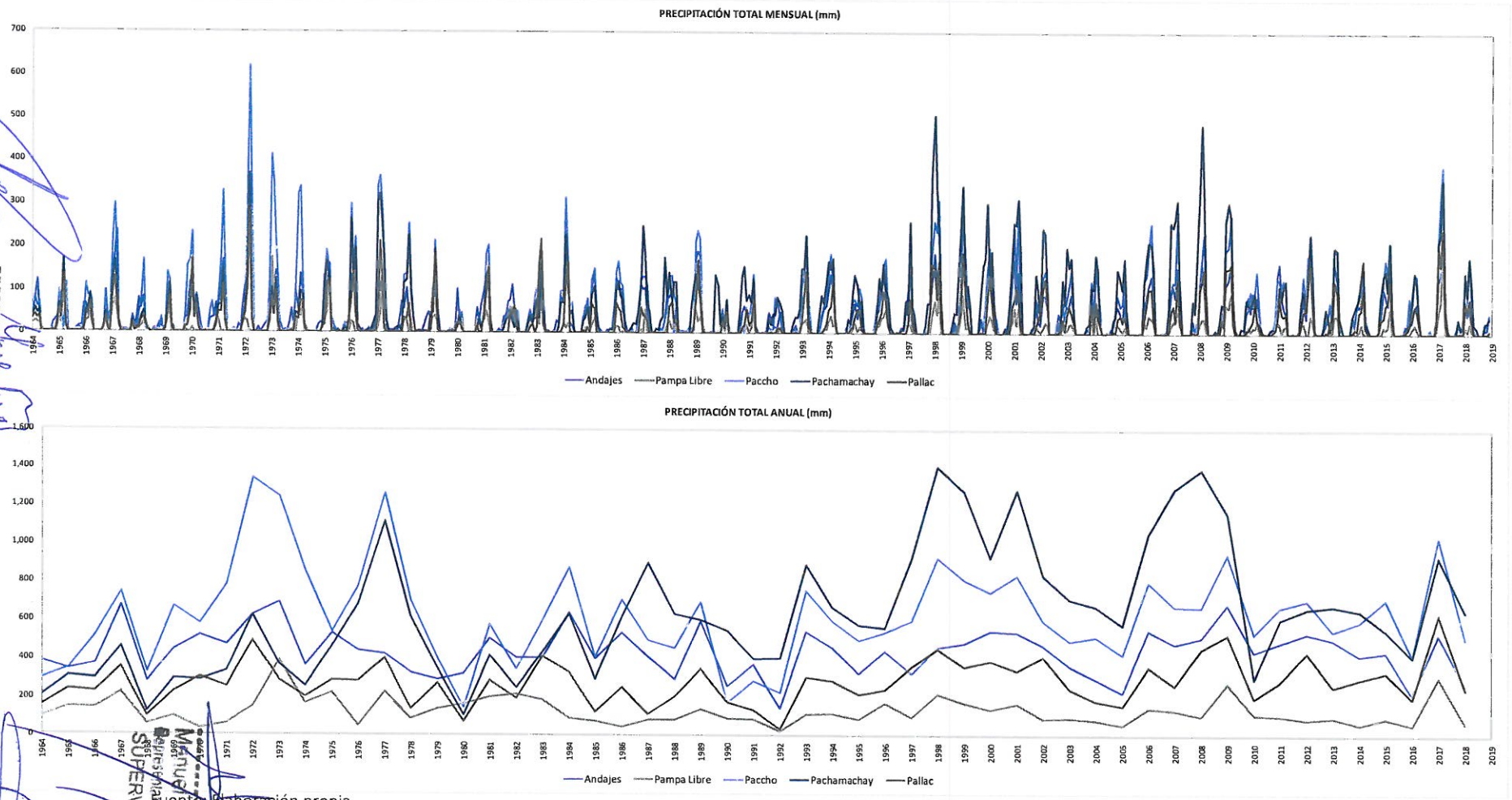
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Manuel J. Elos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

2345

Figura 18: HISTOGRAMAS DE PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL/ANUAL, CONSISTENTES, COMPLETADOS Y EXTENDIDOS, ZONA CENTRO CUENCA RÍO HUAURA



Fuente: Elaboración propia.

Ing. Luis Enrique Mendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS CIP: 64031
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53099

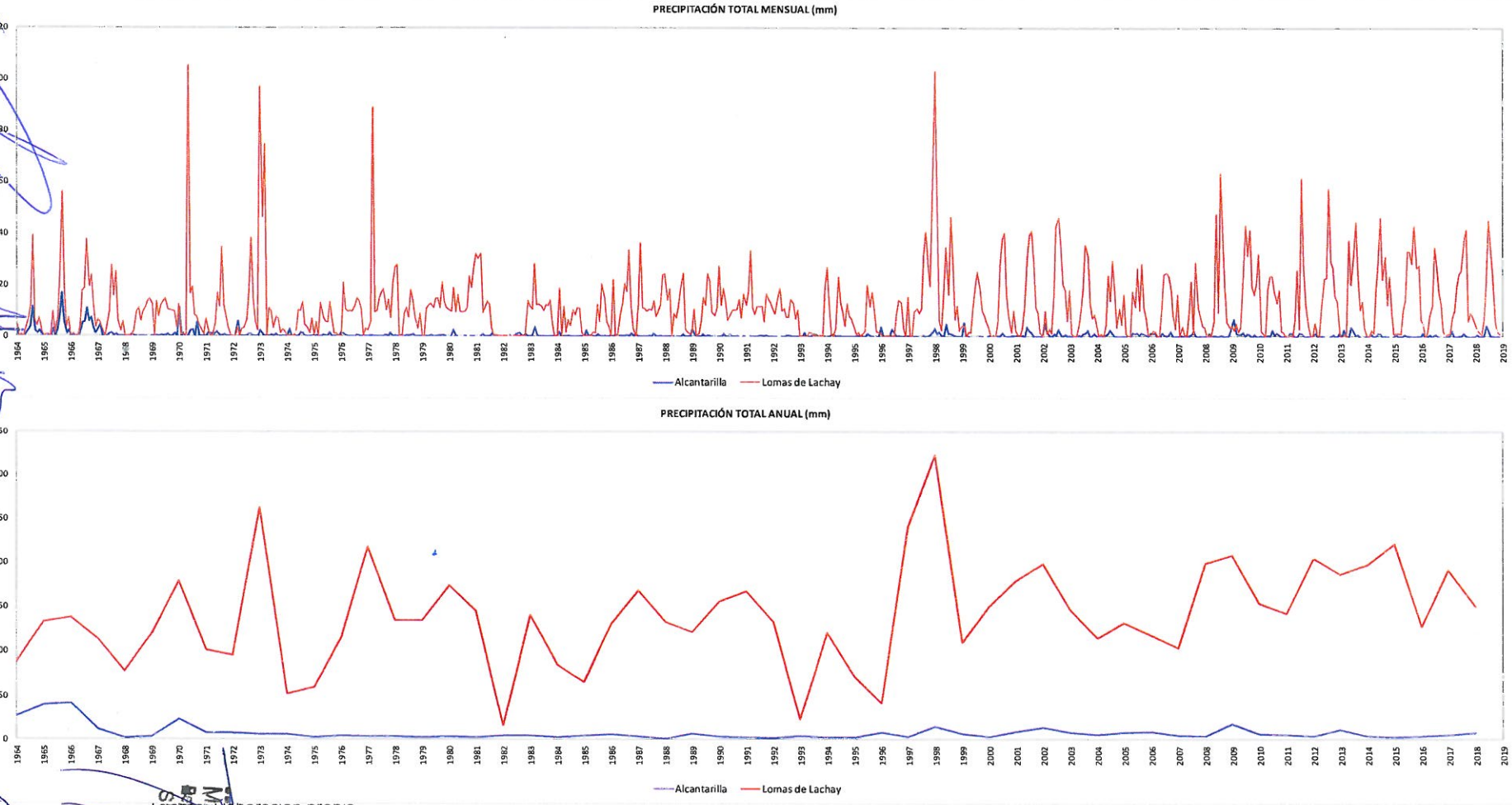
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Manuel E. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

2344

Figura 19: HISTOGRAMAS DE PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL/ANUAL, CONSISTENTES, COMPLETADOS Y EXTENDIDOS, ZONA BAJA CUENCA RÍO HUAURA



Fuente: Elaboración propia.

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°20021

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Manuel Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

2343

2342

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

5.2 PRECIPITACIÓN MÁXIMA 24 HORAS

5.2.1 Registro en estaciones

A la falta de datos disponibles sobre las intensidades de lluvia y las relaciones "frecuencia – intensidad – duración", se prestó una especial atención a las precipitaciones diarias. Para la cual su estimación de las precipitaciones extremas en el área de estudio, se ha realizado tomando como base los registros de precipitación máxima diaria ocurrida en 13 estaciones, todas operadas por el SENAMHI; ver Cuadro 3.1, la ubicación y sus características principales de las estaciones Alcantarilla, Andajes, Gorgor, Lomas de Lachay, Oyon, Paccho, Pachamachay, Pallac, Pampa Libre, Parquin, Picoy, San Rafael y Santa Cruz.

En el cuadro siguiente se presenta los registros de precipitación máxima en 24 horas de las estaciones ubicadas en el entorno de la cuenca del río Huaura.

Cuadro 5-13: Precipitación máxima en 24 horas de las estaciones meteorológicas

AÑO	Alcantarilla	Andajes	Gorgor	Lomas de Lachay	Oyon	Paccho	Pachamachay	Pallac	Pampa Libre	Parquin	Picoy	San Rafael	Santa Cruz
1964		35,1		4,0	18,6			9,8					20,3
1965		30,3		7,2	28,2	74,2		23,5		100,0			32,0
1966		27,2		6,5	22,6	20,0		20,0		31,2		22,1	19,2
1967	3,8	37,0		4,2	20,2	28,0		22,5		35,5	13,3	104,4	25,4
1968	0,8	21,0		1,3	16,8	32,4		9,6		17,5	24,1	15,0	14,0
1969	0,6	14,3		2,9	23,8	18,2		12,5		19,2	21,2	22,0	23,2
1970	10,4	25,8		11,8	18,7	13,7		94,1		19,5	20,0	14,4	27,5
1971	1,4	24,1		6,0	13,7	15,0		18,3	9,0	22,9	16,0	26,5	18,0
1972	2,9	42,8		6,2	26,4	39,4		32,0	9,6	26,2	24,2	56,0	39,5
1973	1,2	25,6		1,4	28,2	23,4		20,5	19,3	23,3	20,0	34,5	42,4
1974	2,9	18,0		3,5	22,5	18,9		18,5	8,1	23,4	20,7	29,5	32,5
1975	0,6	25,5		3,2	26,5	20,0		31,5	10,6	28,3	24,2	35,0	16,9
1976	1,1	15,6		4,1	21,7	23,2		22,2	9,3	25,5	19,2	140,0	20,8
1977	1,4	26,5		2,6	17,5	17,5		47,0	14,1	25,8	28,4	222,5	18,9
1978	0,4	19,7		4,2	17,2	22,0		11,7	8,6	44,8	34,4	25,3	19,3
1979	0,4	24,6		0,4	20,1	13,6		40,0		22,4	22,8	40,0	15,3
1980	2,5	24,6	23,1		20,2	13,7		10,1		16,5	19,8	100,0	33,7
1981	0,6	22,9	34,9		29,8	31,0		28,7		21,9	18,0	206,0	31,1
1982	0,9	19,7	22,1		23,0	23,8		20,0		35,3	22,1	560,0	25,0
1983	2,6	15,2	20,1	2,0	21,8	32,4		32,0		31,7	16,3	28,7	26,1
1984	0,6	36,0	32,0	18,5		34,6		13,0	6,3	35,5	32,8		35,2
1985	2,1	24,0	30,1	2,0		28,3		20,0	6,5	33,8	20,0		18,6
1986	1,0	31,3	18,6	1,9	21,6	29,1		15,0	4,5	19,0	35,7		22,9
1987	0,5	24,9	16,1		16,1	18,6		10,9	17,0	24,6	15,9	173,0	18,6
1988	0,3	30,0	19,2	3,0	16,4	30,2	15,4	17,5	5,8	20,9	16,8	42,7	20,9

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 158699

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

AÑO	Alcantarilla	Andajes	Gorgor	Lomas de Lachay	Oyon	Paccho	Pachamachay	Pallac	Pampa Libre	Parquin	Picoy	San Rafael	Santa Cruz
1989	2,7		29,2	4,7	21,8	30,4	17,3	27,0	8,9	21,3	17,9		21,5
1990	1,1	18,2	11,5		24,9	23,9	15,3	30,0	11,4	23,4	16,5	90,0	19,7
1991	0,6	34,6	16,2		11,2	18,2	15,2	26,0	8,7	17,2	13,4	14,0	15,6
1992	0,3	16,9	22,3		12,5	11,9	13,8	7,0	7,2	22,8	40,3		14,2
1993	0,9	20,2	18,2		17,3	21,8	15,5	28,5	8,2	22,0	17,0	40,0	23,0
1994	0,8	17,8	21,7	11,2	16,0	27,5	16,5	20,7	10,5	28,8	18,0	38,5	17,6
1995	0,4	21,8	30,7	3,0	22,1	21,5	12,7	21,9	8,7	19,2	23,3	36,8	24,2
1996	3,6	19,9	19,8	0,4	23,7	39,2	15,1	19,2	17,1	50,2	20,2	22,8	23,0
1997	1,5	19,8	24,5	10,5	19,6	26,4	17,8	32,3	8,6	23,2	18,0	56,7	20,1
1998	1,8	16,1	48,9	15,4	19,5	32,9	19,0	13,4	11,7	20,3	15,4	29,4	24,0
1999	2,4	16,0	19,8	4,8	22,5	44,5	18,2	15,5	13,0	34,5	19,3	21,6	25,8
2000	0,4	17,3	23,8	4,5	20,3	25,8	17,4	9,5	13,0	21,8	6,8	25,1	23,7
2001	1,1	17,0	33,3	3,7	19,5	24,2	16,8	9,6	11,5	24,4	16,6	41,8	23,4
2002	5,2	22,8	22,3	10,0	22,1	22,6	17,0	16,3	7,0	26,0	6,0	29,9	40,7
2003	1,2	21,1	19,9	7,4	26,6	26,3	17,1	15,8	9,1	22,8	12,0	52,9	26,5
2004	1,7	15,9	16,9	3,4	16,6	22,6	16,0	26,0	13,4	22,6	17,7	29,6	21,2
2005	0,7	11,5	9,9	11,0	15,9	18,8	15,1	9,9	6,1	17,2	16,5	32,0	18,2
2006	1,4	20,7	9,1	5,0	20,6	26,2	19,4	18,4	12,3	30,2	30,5	28,8	30,6
2007	0,5	25,0	15,7	6,6	22,2	27,8	19,3	19,2	9,5	24,0	20,0	31,9	25,0
2008	0,8	20,3	12,5	9,8	20,7	27,5	22,5	22,4	13,6	23,4	29,5	42,1	24,5
2009	2,4	24,0	21,1	7,3	22,2	27,0	19,4	41,0	9,8	28,0	23,4	25,5	22,8
2010	0,7	24,7	22,5	5,6	29,6	21,9	11,2	11,9	6,5	18,9	27,6	25,1	15,5
2011	1,0	17,9	21,2	7,0	22,8	21,2	14,2	14,7	5,4	23,1	16,1	21,8	27,3
2012	1,3	25,2	23,0	5,1	18,5	31,7	22,3	50,5	8,0	23,6	19,0	33,5	30,8
2013	1,4	56,6	48,0	5,0	18,6	22,8	22,4	24,2	5,3	21,4	16,5	41,1	24,4
2014	1,2	13,7	18,2	7,7	19,1	21,4	24,4	17,0	5,0	27,5		25,7	19,7
2015	0,9	23,9		7,4	17,6	33,2	18,2	21,6	5,0	34,2		16,4	15,0
2016	1,4	16,8		3,9	16,8	19,5	18,7	18,0	6,1	34,3		28,2	19,3
2017	1,0	20,5		5,6	18,1	34,1	21,9	41,7	19,4	28,4		28,6	20,7
2018	2,3	15,0		3,9	28,7	27,2	16,3	15,7	4,2	20,4		32,7	21,0

Fuente: Elaboración propia en base a información del SENAMHI

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 20: Histograma de precipitación máxima en 24 horas de la estación Alcantarilla

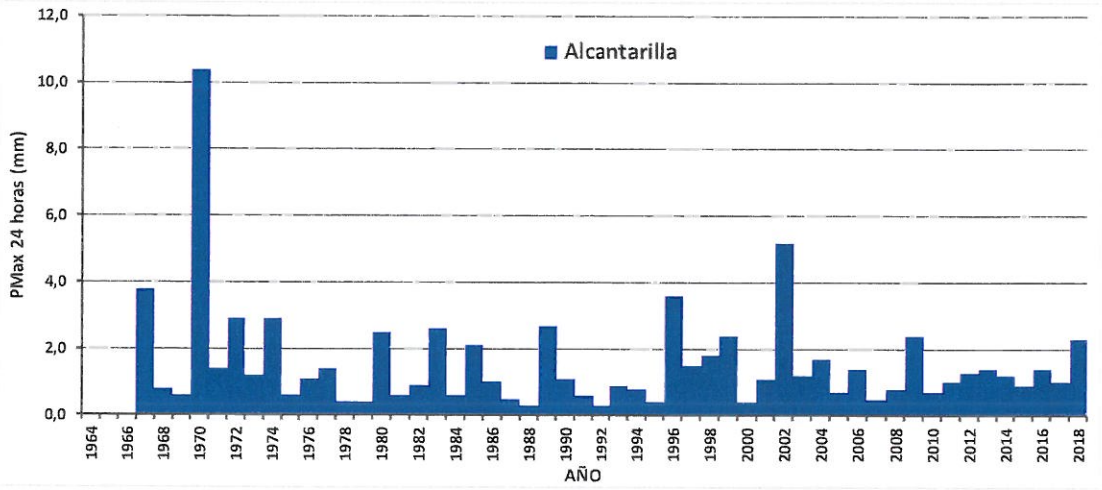


Figura 21: Histograma de precipitación máxima en 24 horas de la estación Alcantarilla

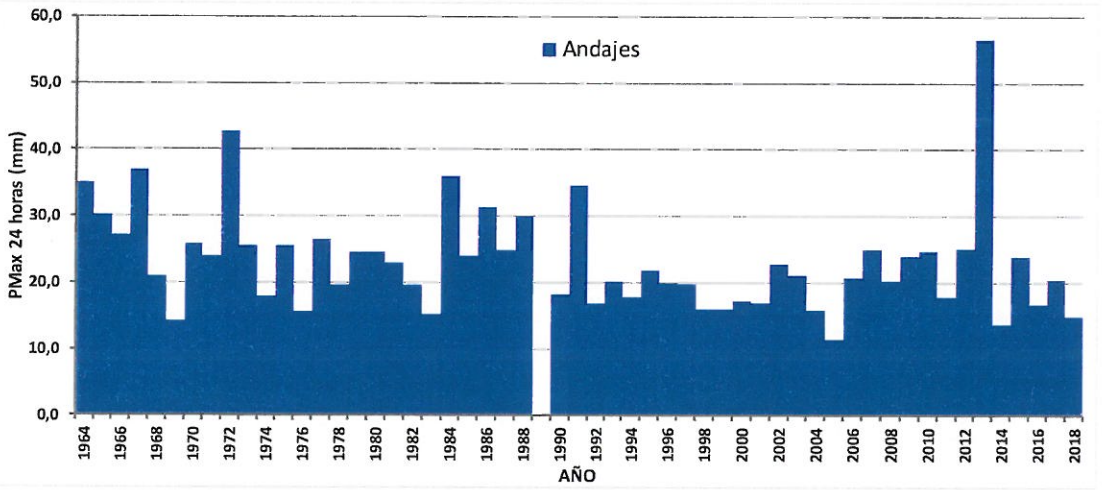
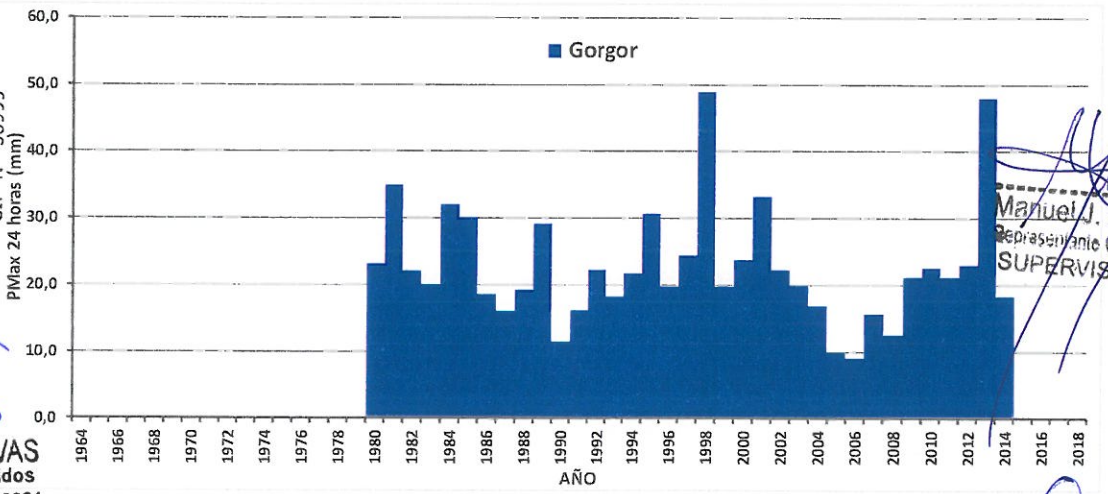


Figura 22: Histograma de precipitación máxima en 24 horas de la estación Gorgor



ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 23: Histograma de precipitación máxima en 24 horas de la estación Pachamachay

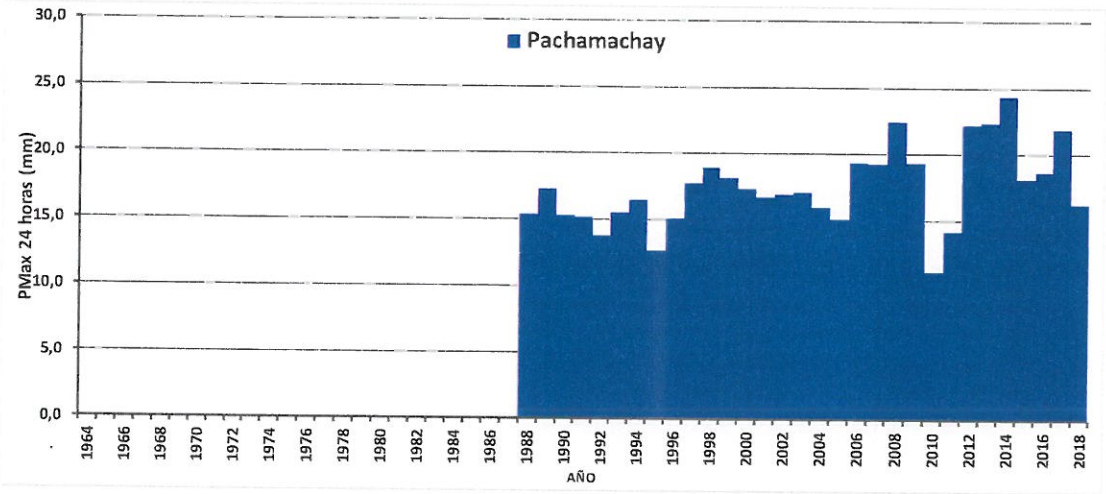


Figura 24: Histograma de precipitación máxima en 24 horas de la estación Lachay

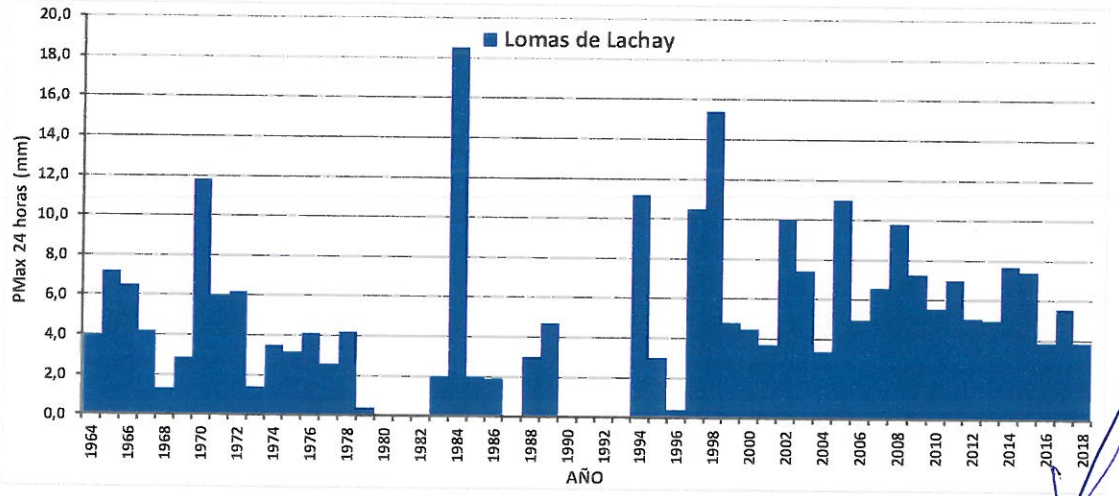
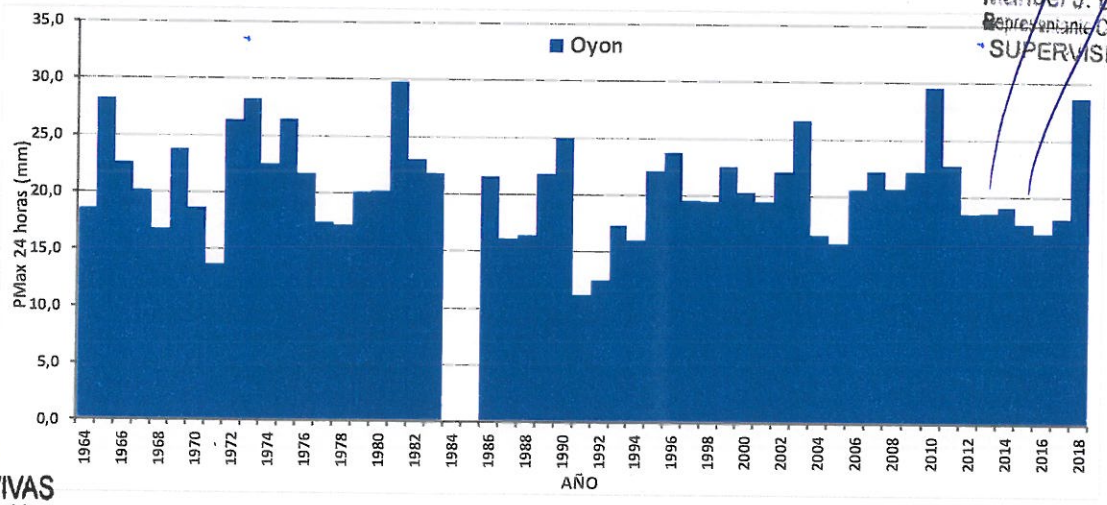


Figura 25: Histograma de precipitación máxima en 24 horas de la estación Oyon



Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 26: Histograma de precipitación máxima en 24 horas de la estación Paccho

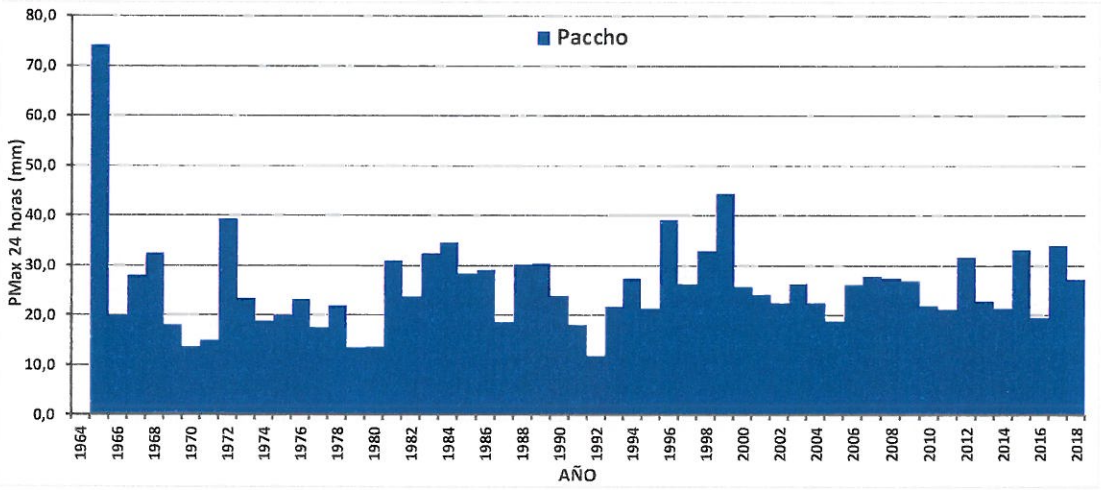


Figura 27: Histograma de precipitación máxima en 24 horas de la estación Pallac

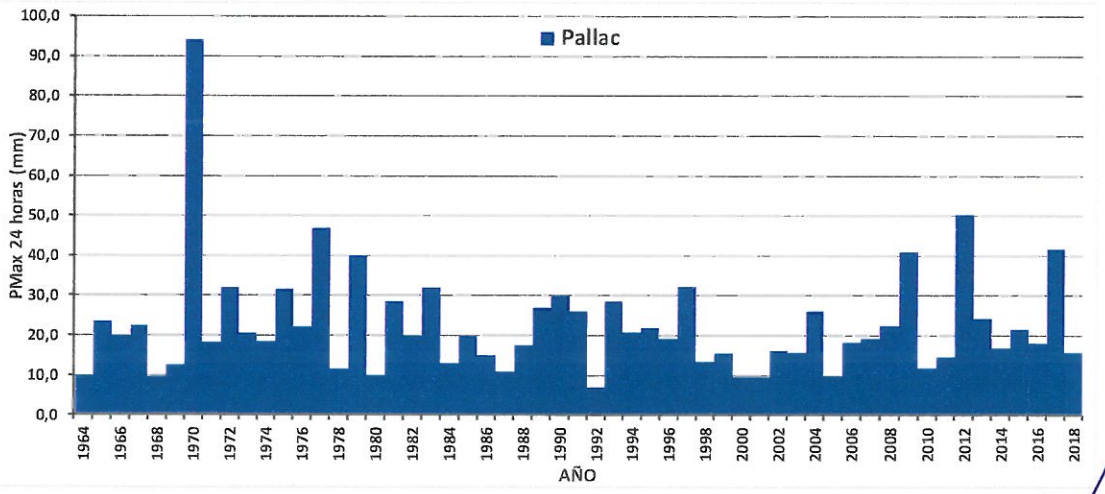
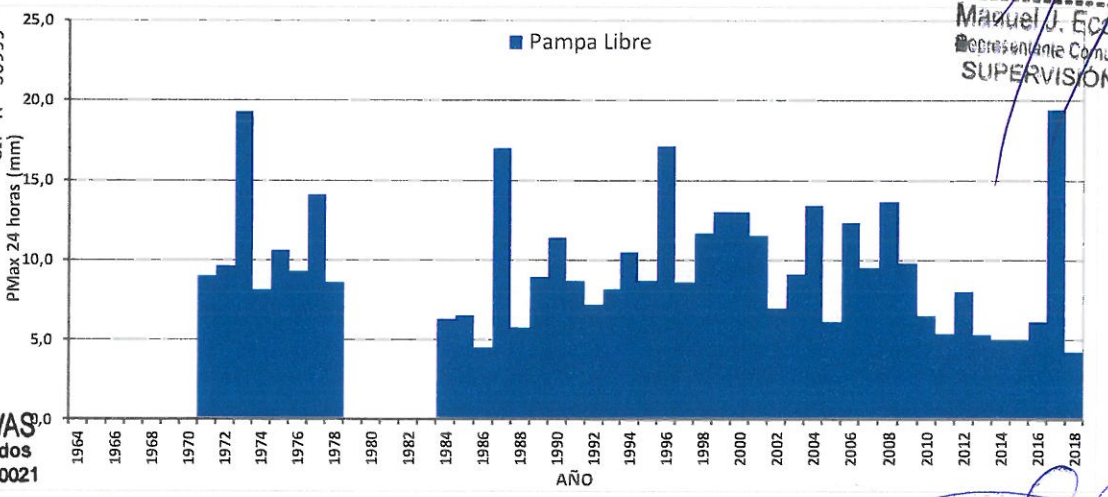


Figura 28: Histograma de precipitación máxima en 24 horas de la estación Pampa Libre



ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 29: Histograma de precipitación máxima en 24 horas de la estación Parquin

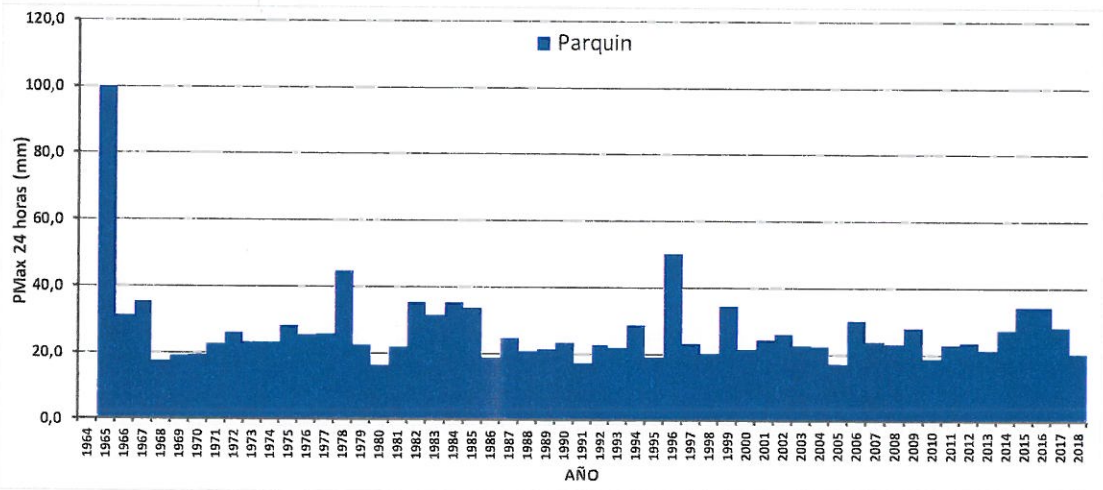


Figura 30: Histograma de precipitación máxima en 24 horas de la estación Picoy

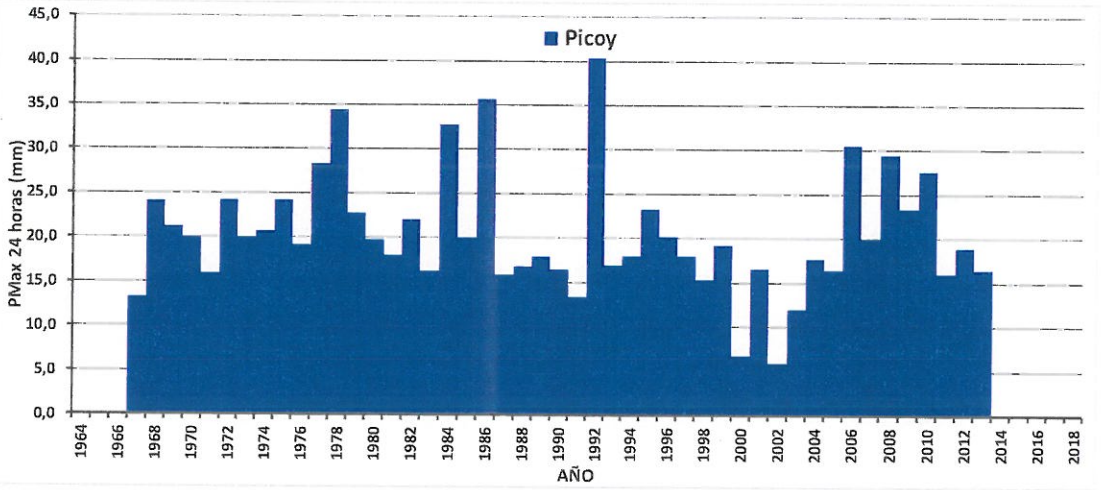
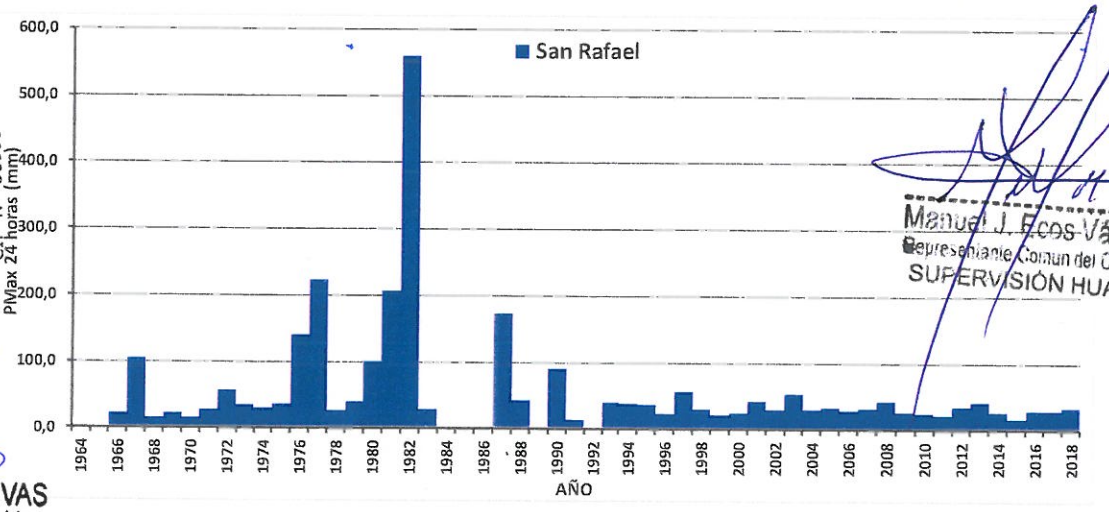


Figura 31: Histograma de precipitación máxima en 24 horas de la estación San Rafael



ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISIÓN HUAURA
CIP N° 53999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

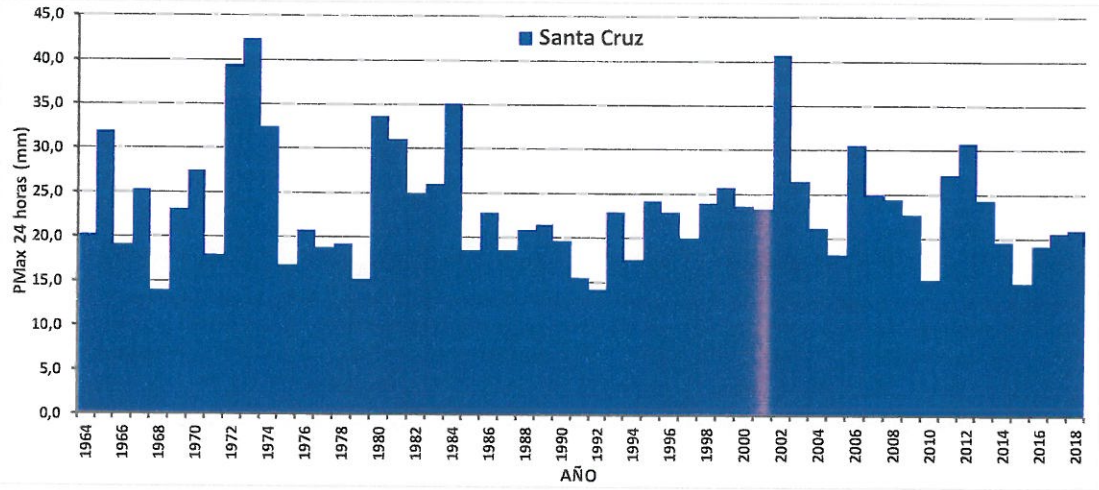
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Mardel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 32: Histograma de precipitación máxima en 24 horas de la estación Santa Cruz



5.2.2 Análisis de datos dudosos

Para describir la lluvia máxima diaria de la cuenca del río Huaura, se usaron la información de 13 estaciones meteorológicas, debido a ello se procedió analizar los datos de eventos de la lluvia de cada estación, donde es frecuente encontrar puntos que se separen en forma más o menos sensibles de la línea media de frecuencia. El método del Water Resources Council (1981) recomienda la realización de ajustes de estos datos dudosos. Los datos dudosos son puntos de la información que se alejan significativamente de la tendencia de la información restante. La inclusión o eliminación de estos datos puede afectar significativamente la magnitud de los parámetros estadísticos calculados para la información, especialmente en muestras pequeñas. Los procedimientos para tratar los datos dudosos requieren un criterio que involucra consideraciones matemáticas e hidrológicas. De acuerdo con el Water Resources Council (1981) si la asimetría de la estación es mayor que +0,4 se considera primero las pruebas para detectar datos dudosos altos; si la asimetría de la estación es menor que -0,4 primero se consideran pruebas para detectar datos dudosos bajos. Cuando la asimetría de la estación se encuentre entre ± 0,4 deben aplicarse pruebas para detectar dados dudosos altos y bajos antes de eliminar cualquier dato dudoso del conjunto de datos. La siguiente ecuación puede utilizarse para detectar datos dudosos altos y bajos:

$$y_H = \bar{y} + K_n S_y \qquad \text{Datos dudosos altos}$$

$$y_L = \bar{y} - K_n S_y \qquad \text{Datos dudoso bajos}$$

Donde:

y_H: Banda superior de los logaritmos de los valores de caudales o precipitaciones.

y_L: Banda inferior de los logaritmos de los valores caudales o precipitaciones.

y: Media aritmética de los logaritmos de los valores caudales o precipitaciones.

K_n: Coeficiente que depende del tamaño de la muestra caudales o precipitaciones.

S_y: Desviación estándar de los logaritmos de los valores caudales o precipitaciones.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 59999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Si los logaritmos de los valores en una muestra son mayores que y_H, entonces se consideran como datos dudosos altos. Si existe información disponible que indica que un dato dudoso alto es el máximo sobre un periodo extendido, el dato dudoso es excluido del análisis. Si no hay disponibilidad de información histórica útil para comparar con los datos dudosos altos, entonces estos deben ser retenidos como parte del registro sistemático. Los valores de Kn dados en el cuadro siguiente se usan en pruebas para detectar datos dudosos en el nivel 10% de significancia en información normalmente distribuida.

Cuadro 5-14: Valores de Kn para la prueba de datos dudosos

Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

Fuente: Ven Te Chow, 1994

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Maikel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 5-15: Resumen de la prueba de los datos dudosos para la estación Alcantarilla

Estación Alcantarilla	Unidades	Unidades logarítmicas
Numero de datos n	52,0	
Kn	2,782	
Suma ∑	81,700	3,264
Máximo	10,400	1,017
Mínimo	0,300	-0,523
Promedio $\bar{x}$	1,571	0,063
Desviación estándar s	1,604	0,318
Coeficiente asimetría Cs	3,644	0,438
Cs/6 k	0,607	0,073
Umbral de datos dudosos altos (xH: unid. logarítmicas)	**0,947**	**8,845**
Umbral de datos dudosos bajos (xL: unid. logarítmicas)	**-0,821**	**0,151**

Se observa que todos los valores ' P24 ' están dentro de los límites PH y PL, es decir se encuentran entre 0.151 y 8.845 mm. Por lo tanto, no existen datos dudosos.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5-16: Resumen de la prueba de los datos dudosos para la estación Andajes

Estación Andajes	Unidades	Unidades logarítmicas
Numero de datos n	54,0	
Kn	2,797	
Suma ∑	1252,900	72,607
Máximo	56,600	1,753
Mínimo	11,500	1,061
Promedio $\bar{x}$	23,202	1,345
Desviación estándar s	7,956	0,224
Coeficiente asimetría Cs	1,807	0,595
Cs/6 k	0,301	0,099
Umbral de datos dudosos altos (xH: unid. logarítmicas)	**1,970**	**93,313**
Umbral de datos dudosos bajos (xL: unid. logarítmicas)	**0,719**	**5,238**

Se observa que todos los valores ' P24 ' están dentro de los límites PH y PL, es decir se encuentran entre 5.238 y 93.313 mm. Por lo tanto, no existen datos dudosos.

Fuente: Elaboración propia

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
CIP 43296

Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 5-17: Resumen de la prueba de los datos dudosos para la estación Gorgor

Estación Gorgor	Unidades	Unidades logarítmicas
Numero de datos n	35,0	
Kn	2,628	
Suma ∑	796,400	46,464
Máximo	48,900	1,689
Mínimo	9,100	0,959
Promedio $\bar{x}$	22,754	1,328
Desviación estándar s	8,902	0,657
Coeficiente asimetría Cs	1,335	-0,003
Cs/6 k	0,222	0,000
Umbral de datos dudosos altos (xH: unid. logarítmicas)	**3,055**	**1134,203**
Umbral de datos dudosos bajos (xL: unid. logarítmicas)	**-0,400**	**0,398**

Se observa que todos los valores ' P24 ' están dentro de los límites PH y PL, es decir se encuentran entre 0.398 y 1134.203 mm. Por lo tanto, no existen datos dudosos.

Fuente: Elaboración propia

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Cuadro 5-18: Resumen de la prueba de los datos dudosos para la estación Lomas de Lachay

Estación Lomas de Lachay	Unidades	Unidades logarítmicas
Numero de datos n	47,0	
Kn	2,744	
Suma ∑	266,800	30,601
Máximo	18,500	1,267
Mínimo	0,400	-0,398
Promedio $\bar{x}$	5,677	0,651
Desviación estándar s	3,728	0,389
Coeficiente asimetría Cs	1,358	-1,156
Cs/6 k	0,226	-0,193
Umbral de datos dudosos altos (xH: unid. logarítmicas)	**1,718**	**52,278**
Umbral de datos dudosos bajos (xL: unid. logarítmicas)	**-0,416**	**0,384**

Se observa que todos los valores ' P24 ' están dentro de los límites PH y PL, es decir se encuentran entre 0.384 y 52.278 mm. Por lo tanto, no existen datos dudosos.

Fuente: Elaboración propia

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43290

Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 5-19: Resumen de la prueba de los datos dudosos para la estación Oyon

Estación Oyon	Unidades	Unidades logarítmicas
Numero de datos n	53,0	
Kn	2,790	
Suma ∑	1099,200	69,312
Máximo	29,800	1,474
Mínimo	11,200	1,049
Promedio $\bar{x}$	20,740	1,308
Desviación estándar s	4,212	0,263
Coeficiente asimetría Cs	0,251	-0,384
Cs/6 k	0,042	-0,064
Umbral de datos dudosos altos (xH: unid. logarítmicas)	**2,040**	**109,693**
Umbral de datos dudosos bajos (xL: unid. logarítmicas)	**0,575**	**3,762**

Se observa que todos los valores ' P24 ' están dentro de los límites PH y PL, es decir se encuentran entre 3.762 y 109.693 mm. Por lo tanto, no existen datos dudosos.

Fuente: Elaboración propia

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Cuadro 5-20: Resumen de la prueba de los datos dudosos para la estación Oyon

Estación Paccho	Unidades	Unidades logarítmicas
Numero de datos n	54,0	
Kn	2,797	
Suma ∑	1401,200	75,101
Máximo	74,200	1,870
Mínimo	11,900	1,076
Promedio $\bar{x}$	25,948	1,391
Desviación estándar s	9,596	0,233
Coeficiente asimetría Cs	2,502	0,402
Cs/6 k	0,417	0,067
Umbral de datos dudosos altos (xH: unid. logarítmicas)	**2,043**	**110,375**
Umbral de datos dudosos bajos (xL: unid. logarítmicas)	**0,739**	**5,478**

Se observa que todos los valores ' P24 ' están dentro de los límites PH y PL, es decir se encuentran entre 5.478 y 110.375 mm. Por lo tanto, no existen datos dudosos.

Fuente: Elaboración propia

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 59999

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43291

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 5-21: Resumen de la prueba de los datos dudosos para la estación Pachamachay

Estación Pachamachay	Unidades	Unidades logarítmicas
Numero de datos n	31,0	
Kn	2,577	
Suma ∑	541,400	38,310
Máximo	24,400	1,387
Mínimo	11,200	1,049
Promedio x̄	17,465	1,236
Desviación estándar s	3,040	0,621
Coeficiente asimetría Cs	0,381	-0,121
Cs/6 k	0,063	-0,020
Umbral de datos dudosos altos (xH: unid. logarítmicas)	**2,836**	**686,056**
Umbral de datos dudosos bajos (xL: unid. logarítmicas)	**-0,365**	**0,432**

Se observa que todos los valores ' P24 ' están dentro de los límites PH y PL, es decir se encuentran entre 0.432 y 686.056 mm. Por lo tanto, no existen datos dudosos.

Fuente: Elaboración propia

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Cuadro 5-22: Resumen de la prueba de los datos dudosos para la estación Pallac

Estación Pallac	Unidades	Unidades logarítmicas
Numero de datos n	55,0	
Kn	2,804	
Suma ∑	1245,800	71,390
Máximo	94,100	1,974
Mínimo	7,000	0,845
Promedio x̄	22,651	1,298
Desviación estándar s	13,869	0,216
Coeficiente asimetría Cs	2,857	0,452
Cs/6 k	0,476	0,075
Umbral de datos dudosos altos (xH: unid. logarítmicas)	**1,903**	**80,013**
Umbral de datos dudosos bajos (xL: unid. logarítmicas)	**0,693**	**4,930**

Se observa que NO todos los valores ' P24 ' están dentro de los límites PH y PL, es decir NO se encuentran entre 0.693 y 4.930 mm. SI existen datos dudosos, se eliminan de cálculo estadístico.

Fuente: Elaboración propia

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 5-23: Resumen de la prueba de los datos dudosos para la estación Pampa Libre

Estación Pampa Libre	Unidades	Unidades logarítmicas
Numero de datos n	43,0	
Kn	2,710	
Suma ∑	412,900	40,845
Máximo	19,400	1,288
Mínimo	4,200	0,623
Promedio x̄	9,602	0,950
Desviación estándar s	3,849	0,423
Coeficiente asimetría Cs	0,915	0,088
Cs/6 k	0,152	0,015
Umbral de datos dudosos altos (xH: unid. logarítmicas)	**2,097**	**125,021**
Umbral de datos dudosos bajos (xL: unid. logarítmicas)	**-0,197**	**0,635**

Se observa que todos los valores ' P24 ' están dentro de los límites PH y PL, es decir se encuentran entre 0.635 y 125.021 mm. Por lo tanto, no existen datos dudosos.

Fuente: Elaboración propia

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Cuadro 5-24: Resumen de la prueba de los datos dudosos para la estación Parquin

Estación Parquin	Unidades	Unidades logarítmicas
Numero de datos n	54,0	
Kn	2,797	
Suma ∑	1459,800	75,990
Máximo	100,000	2,000
Mínimo	16,500	1,217
Promedio x̄	27,033	1,407
Desviación estándar s	12,166	0,231
Coeficiente asimetría Cs	4,366	1,939
Cs/6 k	0,728	0,323
Umbral de datos dudosos altos (xH: unid. logarítmicas)	**2,053**	**112,880**
Umbral de datos dudosos bajos (xL: unid. logarítmicas)	**0,762**	**5,779**

Se observa que todos los valores ' P24 ' están dentro de los límites PH y PL, es decir se encuentran entre 5.779 y 112.880 mm. Por lo tanto, no existen datos dudosos.

Fuente: Elaboración propia

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 5-25: Resumen de la prueba de los datos dudosos para la estación Picoy

Estación Picoy	Unidades	Unidades logarítmicas
Numero de datos n	47,0	
Kn	2,744	
Suma ∑	963,400	60,491
Máximo	40,300	1,605
Mínimo	6,000	0,778
Promedio $\bar{x}$	20,498	1,287
Desviación estándar s	6,809	0,480
Coeficiente asimetría Cs	0,772	-0,889
Cs/6 k	0,129	-0,148
Umbral de datos dudosos altos (xH: unid. logarítmicas)	**2,603**	**400,706**
Umbral de datos dudosos bajos (xL: unid. logarítmicas)	**-0,029**	**0,936**

Se observa que todos los valores ' P24 ' están dentro de los límites PH y PL, es decir se encuentran entre 0.936 y 400.706 mm. Por lo tanto, no existen datos dudosos.

Fuente: Elaboración propia

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Cuadro 5-26: Resumen de la prueba de los datos dudosos para la estación San Rafael

Estación San Rafael	Unidades	Unidades logarítmicas
Numero de datos n	48,0	
Kn	2,753	
Suma ∑	2840,100	76,532
Máximo	560,000	2,748
Mínimo	14,000	1,146
Promedio $\bar{x}$	59,169	1,594
Desviación estándar s	87,386	0,618
Coeficiente asimetría Cs	4,463	1,578
Cs/6 k	0,744	0,263
Umbral de datos dudosos altos (xH: unid. logarítmicas)	**3,295**	**1974,253**
Umbral de datos dudosos bajos (xL: unid. logarítmicas)	**-0,107**	**0,782**

Se observa que todos los valores ' P24 ' están dentro de los límites PH y PL, es decir se encuentran entre 0.782 y 1974.253 mm. Por lo tanto, no existen datos dudosos.

Fuente: Elaboración propia

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 59999

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrología
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 5-27: Resumen de la prueba de los datos dudosos para la estación Santa Rosa

Estación Santa Rosa	Unidades	Unidades logarítmicas
Numero de datos n	55,0	
Kn	2,804	
Suma ∑	1296,300	74,647
Máximo	42,400	1,627
Mínimo	14,000	1,146
Promedio x̄	23,569	1,357
Desviación estándar s	6,552	0,114
Coeficiente asimetría Cs	1,049	0,381
Cs/6 k	0,175	0,064
Umbral de datos dudosos altos (xH: unid. logarítmicas)	**1,677**	**47,505**
Umbral de datos dudosos bajos (xL: unid. logarítmicas)	**1,038**	**10,907**

Se observa que todos los valores ' P24 ' están dentro de los límites PH y PL, es decir se encuentran entre 10.907 y 47.505 mm. Por lo tanto, no existen datos dudosos.

Fuente: Elaboración propia

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

5.2.3 Análisis de frecuencia de las precipitaciones máximas

Un sistema hidrológico es afectado eventualmente por eventos extremos, tales como tormentas severas, crecientes, etc. La magnitud de este evento extremo está relacionada con su frecuencia de ocurrencia mediante una distribución de probabilidades.

Los métodos estadísticos se apoyan en la existencia de series de datos de caudales y precipitaciones en la cuenca del río Huaura y cercanas a la misma, las cuales son sometidas a un análisis de frecuencias. Esto implica efectuar ajustes de varias distribuciones teóricas a una determinada muestra, para comparar y concluir cuál de ellas se aproxima mejor a la distribución empírica.

Una vez tratada y evaluada la información de las precipitaciones máximas 24 horas desarrolladas en el numeral 5.2.2, se procedió al análisis probabilístico mediante modelos que represente en forma satisfactoria el comportamiento de la variable.

Para utilizar estos modelos probabilísticos, se deben calcular sus parámetros y realizar la prueba de bondad de ajuste.

Si el ajuste es bueno, se puede utilizar la distribución elegida, una vez encontrada la ley de distribución que rige a las variables aleatorias, además se podrá predecir con determinada probabilidad, la ocurrencia de una determinada magnitud, de un fenómeno hidrometeorológico. También se podrá determinar la magnitud de un fenómeno para un determinado periodo de retorno.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

Las distribuciones teóricas utilizadas en el estudio, son las siguientes:

- Distribución Normal
- Distribución Log-Normal de 2 ó 3 parámetros
- Distribución gamma de 2 ó 3 parámetros
- Distribución Log-Pearson tipo III

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

- Distribución Gumbel
- Distribución Log-Gumbel.

5.2.3.1 Distribución normal o gaussiana

FUNCIÓN DENSIDAD

Se dice que una variable aleatoria X, tiene una distribución normal, si su función densidad es, es:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\prod S}} EXP\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-X}{S}\right)^2\right]$$

Para $-\infty<x<\infty$

donde:

f(x) = Función densidad normal de la variable x

x = Variable independiente

X = Parámetro de localización, igual a la media aritmética de x.

S = Parámetro de escala, igual a la desviación estándar de x.

EXP = Función exponencial con base e, de los logaritmos neperianos.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

5.2.3.2 Distribución log-normal de dos parámetros

Cuando los logaritmos, ln(x), de una variable x están normalmente distribuidos, entonces se dice que la distribución de x sigue la distribución de probabilidad log-normal, en que la función de probabilidad log-normal f(x) viene representado como:

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma_y\sqrt{2\prod}} EXP\left\{-\frac{1}{2}\left[\frac{\ln x - \mu_y}{\sigma_y}\right]^2\right\}$$

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 59959

Para $0<x<\infty$, se tiene que $x \sim \log N(\mu_y, \sigma_y^2)$

donde:

μy, σy = Son la media y desviación estándar de los logaritmos naturales de x, es decir de ln(x), y representan respectivamente, el parámetro de escala y el parámetro de forma de la distribución.

5.2.3.3 Distribución log-normal de tres parámetros

Muchos casos el logaritmo de una variable aleatoria x, del todo no son normalmente distribuido, pero restando un parámetro de límite inferior x0, antes de tomar logaritmos, se puede conseguir que sea normalmente distribuida.

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

FUNCIÓN DENSIDAD

La función de densidad, de la distribución log-normal de 3 parámetros, es:

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

$$f(x) = \frac{1}{(x - x_0)\sigma_y \sqrt{2\prod}} EXP\left\{ -\frac{1}{2}\left[\frac{\ln(x - x_0) - \mu_y}{\sigma_y} \right]^2 \right\}$$

Para x0≤x<∞

donde:

x0 = Parámetro de posición en el dominio x

μy = Parámetro de escala en el domino x

σ2y = Parámetro de forma en el dominio x.

5.2.3.4 Distribución gamma de dos parámetros

FUNCIÓN DENSIDAD

Se dice que una variable aleatoria X, tiene una distribución gamma de 2 parámetros si su función densidad de probabilidad es:

$$f(x) = \frac{x^{\gamma-1} e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^{\gamma}\Gamma(\gamma)}$$

Para: 0≤x<∞, 0<γ<∞, 0<β<∞

siendo:

γ = Parámetro de forma (+)

β = Parámetro de escala (+)

Γ(γ)= Función gamma completa, definida como:

$\Gamma(\gamma) = \int x^{\gamma-1} e^{-x} dx$, que converge si γ>0

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58599

5.2.3.5 Distribución gamma de tres parámetros o Pearson Tipo III

La distribución Log Pearson tipo 3 (LP3) es un modelo muy importante dentro de la hidrología estadística, sobre todo, luego de las recomendaciones del Consejo de Recursos Hidráulicos de los Estados Unidos (Water Resources Council – WRC), para ajustar la distribución Pearson tipo 3 (LP3) a los logaritmos de las máximas avenidas. Pues, la distribución LP3, es una familia flexible de tres parámetros capaz de tomar muchas formas diferentes, por consiguiente, es ampliamente utilizado en el modelamiento de series anuales de máximas avenidas de los datos no transformados.

Se dice que una variable aleatoria X, tiene una distribución gamma de 3 parámetros o distribución Pearson Tipo III, si su función densidad de probabilidad es:

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
CIP 43296

Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

$$f(x) = \frac{(x - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(x-x_0)}{\beta}}}{\beta^{\gamma}\Gamma(\gamma)}$$

Para:

$x0 \leq x < \infty$, $-\infty < x0 < \infty$, $0 < \beta < \infty$, $0 < \gamma < \infty$

5.2.3.6 Prueba de bondad de ajuste

Las pruebas de bondad de ajuste son pruebas de hipótesis que se usan para evaluar si un conjunto de datos es una muestra independiente de la distribución elegida. En el presente trabajo se utilizará para probar a que distribución probabilística se ajusta mejor los datos existentes.

a) Prueba Chi Cuadrado

Es la prueba más común utilizada para verificar la bondad de ajuste de distribución empírica a una distribución teórica conocida está dada por la siguiente prueba estadística: $Xc^2 = \sum n(\theta i - \varepsilon i)^2 / \varepsilon i$

Donde:

θi: frecuencia observada en intervalo i

εi: frecuencia esperada en intervalo i, de acuerdo con la distribución de frecuencias que se quiere probar.

Para lo cual se aplica un procedimiento de prueba de hipótesis la cual es: Ho: la variable o los datos se ajustan a una distribución normal H1: la variable no se ajusta a una distribución normal. Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$ o $\alpha = 0.01$, donde α es el error permitido.

b) Prueba de Smirnov – Kolmogorov

El procedimiento es similar al del test de la chi-2, se trata de comparar la distribución muestral observada con la resultante de dar por cierta la hipotética distribución de la población. En el caso de la chi-2 se comparaban frecuencias absolutas observadas con sus homónimas teóricas, en el caso del test de Kolmogorov-Smirnov las frecuencias a comparar serán las frecuencias relativas acumuladas F(xi) de las dos distribuciones; observada y teórica. De ahí su utilidad para aquellas ocasiones en las que los datos se encuentren en forma de escala ordinal.

Escuetamente el procedimiento consiste en establecer las frecuencias relativas acumuladas referentes a la información muestral. Fo (xi) Establecer, también, en base a la distribución de probabilidad hipotética las frecuencias relativas acumuladas Ft(xi).

Compararemos ambas frecuencias creando el estadístico

$D = max|F_t(x_i) - F_o(x_i)|$ es decir, el valor máximo de entre todas las diferencias entre frecuencias relativas acumuladas teóricas y observadas para los mismos valores o intervalos de la variable.

Dicho estadístico D se comparará con el correspondiente de la tabla del tests de K-

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP Nº 59999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

S (ir a tabla de K-S) en base al nivel de significación establecido y el tamaño muestral ; de manera que si

D<D (tabla, n, a) no rechazaremos la hipótesis de que la muestra procede de la hipotética población con distribución establecida, mientras que si D>D (tabla, n, a) rechazaremos dicha hipótesis.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 59999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

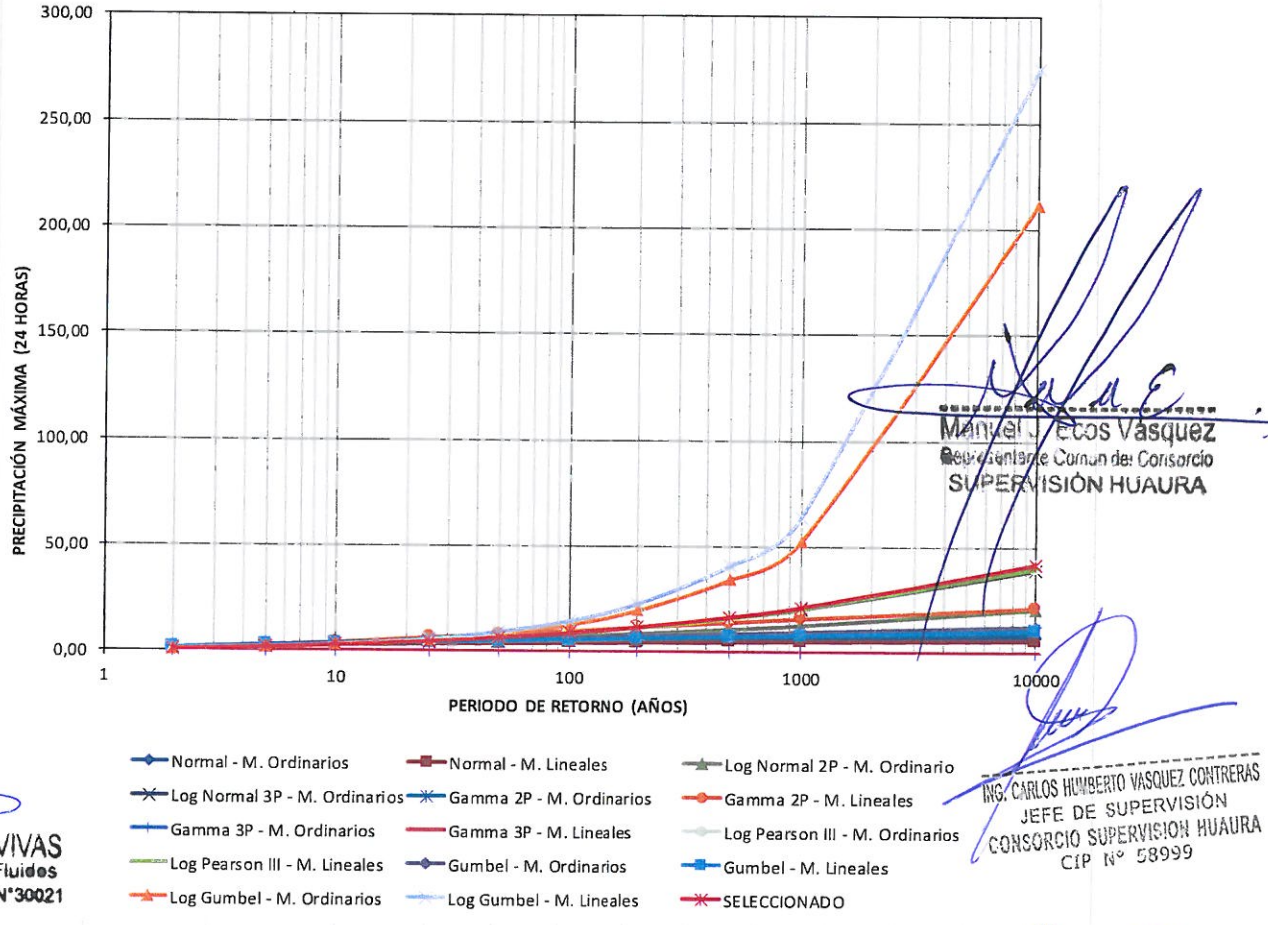
Ing. Marvel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 5-28: Resultado estadístico de las distribuciones teóricas – Pmax24h estación Alcantarilla

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	MOMENTOS	DELTA TEÓRICO	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)									
				2	5	10	25	50	100	200	500	1000	10000
ALCANTARILLA	Normal	Ordinarios (1)	0.21780	1.59	2.99	3.72	4.50	5.01	5.46	5.88	6.38	6.74	7.78
		Lineales (2)	0.23180	1.59	2.65	3.21	3.80	4.18	4.53	4.84	5.22	5.49	6.29
	Log Normal 2P	Ordinarios (3)	0.07060	1.14	2.20	3.09	4.44	5.62	6.94	8.43	10.65	12.55	20.43
		Lineales (4)	0.07130	1.14	2.21	3.11	4.49	5.68	7.03	8.54	10.81	12.76	20.84
	Log Normal 3P	Ordinarios (5)	0.05600	1.04	2.19	3.32	5.26	7.12	9.37	12.07	16.44	20.42	38.99
	Gamma 2P	Ordinarios (6)	0.13190	1.28	2.42	3.21	4.22	4.96	5.69	6.40	7.33	8.01	9.99
		Lineales (7)	0.30490	0.77	2.61	4.22	6.49	8.26	10.08	11.91	14.34	16.17	21.56
	Gamma 3P	Ordinarios (8)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		Lineales (9)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Log Pearson III	Ordinarios (10)	0.05829	1.08	2.15	3.18	4.98	6.75	8.97	11.71	16.32	20.67	39.72
		Lineales (11)	0.05551	1.08	2.16	3.23	5.08	6.92	9.23	12.11	16.96	21.56	41.99
	Gumbel	Ordinarios (12)	0.20050	1.31	2.78	3.76	4.99	5.90	6.81	7.72	8.91	9.81	12.80
		Lineales (13)	0.16300	1.37	2.53	3.31	4.28	5.01	5.72	6.44	7.38	8.10	10.47
	Log Gumbel	Ordinarios (14)	0.08150	1.01	2.00	3.14	5.58	8.53	13.01	19.81	34.49	52.45	210.98
		Lineales (15)	0.08100	1.00	2.06	3.31	6.05	9.45	14.73	22.91	41.04	63.76	275.35
	Distribución Seleccionada Log Pearson III (11)			**1.08**	**2.16**	**3.23**	**5.08**	**6.92**	**9.23**	**12.11**	**16.96**	**21.56**	**41.99**

gráfico distribuciones teóricas



Manuel J. Ecos Vasquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

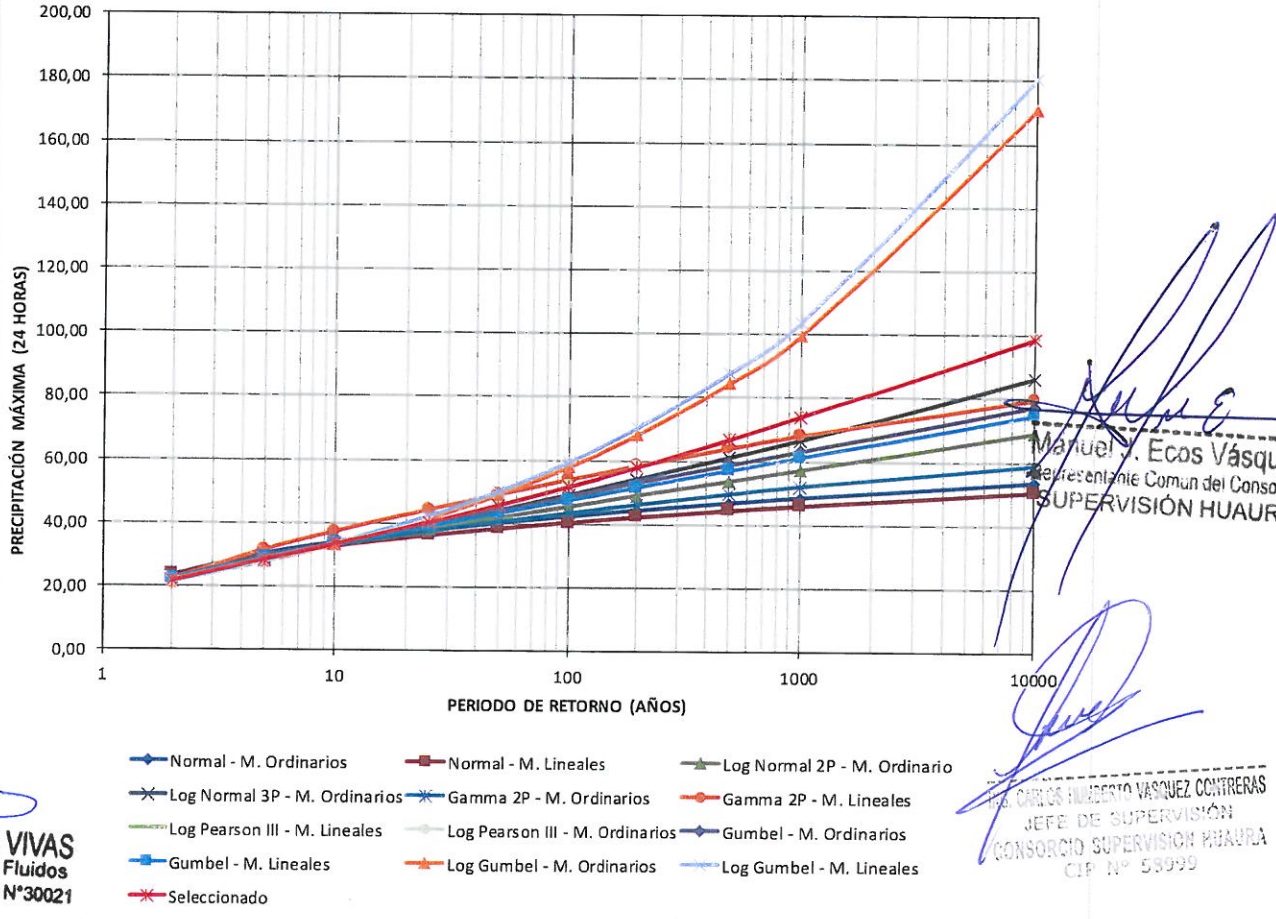
Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 5-29: Resultado estadístico de las distribuciones teóricas – Pmax24h estación Andajes

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	MOMENTOS	DELTA TEÓRICO	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)									
				2	5	10	25	50	100	200	500	1000	10000
ANDAJES	Normal	Ordinarios (1)	0.15560	23.57	30.33	33.87	37.64	40.08	42.27	44.27	46.70	48.40	53.45
		Lineales (2)	0.14470	23.57	29.71	32.92	36.34	38.55	40.54	42.35	44.56	46.10	50.68
	Log Normal 2P	Ordinarios (3)	0.08870	22.48	28.97	33.09	38.12	41.76	45.34	48.88	53.55	57.08	68.99
		Lineales (4)	0.08600	22.48	28.86	32.88	37.79	41.35	44.83	48.27	52.80	56.22	67.75
	Log Normal 3P	Ordinarios (5)	0.06750	21.97	28.72	33.43	39.61	44.36	49.24	54.27	61.18	66.63	86.27
	Gamma 2P	Ordinarios (6)	0.10890	22.84	29.33	33.15	37.56	40.60	43.46	46.17	49.58	52.02	58.84
		Lineales (7)	0.15790	22.09	31.54	37.38	44.33	49.22	53.89	58.38	64.08	68.20	79.83
	Gamma 3P	Ordinarios (8)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		Lineales (9)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Log Pearson III	Ordinarios (10)	0.06001	21.80	28.60	33.56	40.38	45.87	51.72	57.96	66.87	74.08	98.67
		Lineales (11)	0.05989	21.79	28.56	33.51	40.33	45.83	51.69	57.95	66.89	74.14	98.88
	Gumbel	Ordinarios (12)	0.09000	22.25	29.35	34.05	39.99	44.40	48.77	53.13	58.88	63.22	77.65
		Lineales (13)	0.08480	22.32	29.05	33.50	39.13	43.30	47.44	51.57	57.02	61.13	74.80
	Log Gumbel	Ordinarios (14)	0.08500	21.40	27.93	33.32	41.63	49.12	57.88	68.16	84.58	99.56	171.07
		Lineales (15)	0.08300	21.37	28.09	33.67	42.33	50.17	59.38	70.24	87.66	103.64	180.70
	Distribución Seleccionada Log Pearson III (11)			**21.79**	**28.56**	**33.51**	**40.33**	**45.83**	**51.69**	**57.95**	**66.89**	**74.14**	**98.88**

gráfico distribuciones teóricas



Manuel A. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58099

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

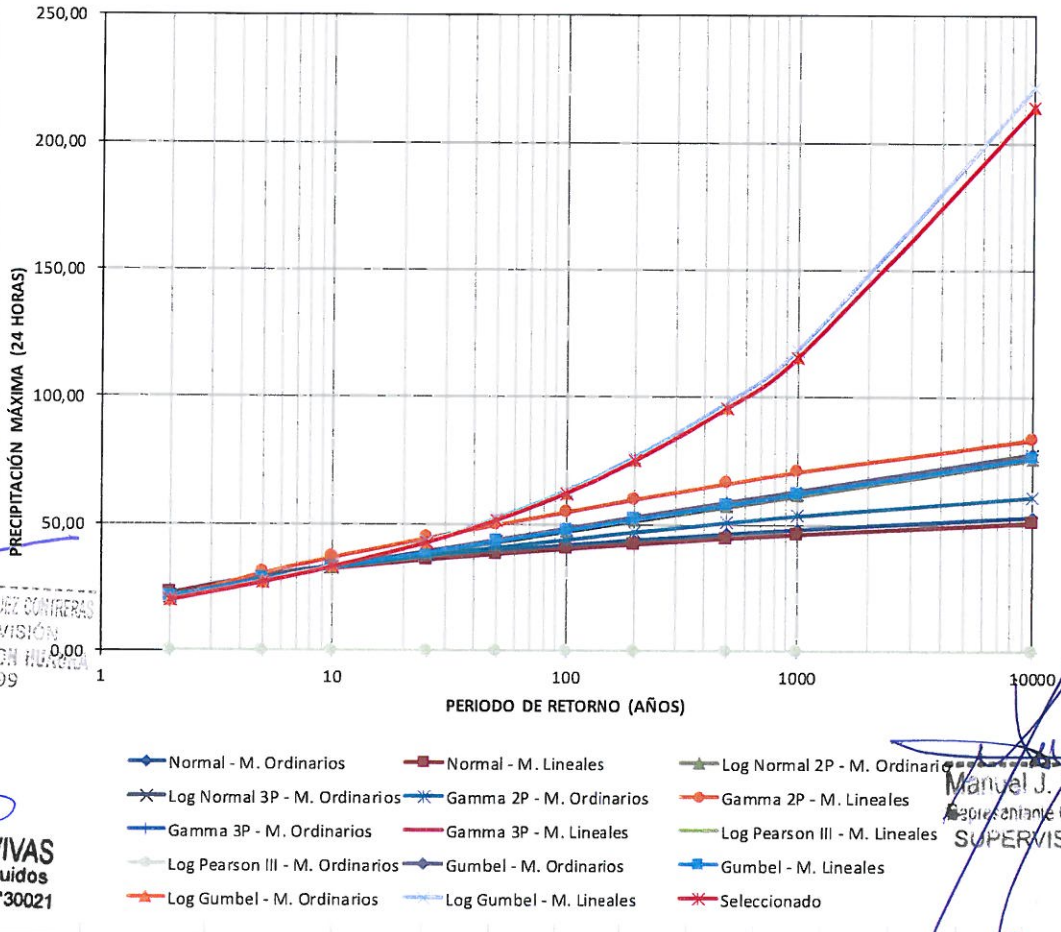
Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 5-30: Resultado estadístico de las distribuciones teóricas – Pmax24h estación Gorgor

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	MOMENTOS	DELTA TEÓRICO	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)									
				2	5	10	25	50	100	200	500	1000	10000
GORGOR	Normal	Ordinarios (1)	0.17020	22.53	29.47	33.11	36.98	39.49	41.74	43.80	46.29	48.04	53.23
		Lineales (2)	0.16350	22.53	28.96	32.32	35.91	38.22	40.31	42.21	44.52	46.14	50.95
	Log Normal 2P	Ordinarios (3)	0.10330	21.24	28.35	32.97	38.73	42.98	47.19	51.41	57.03	61.33	76.10
		Lineales (4)	0.09910	21.24	28.13	32.59	38.12	42.18	46.20	50.22	55.55	59.63	73.57
	Log Normal 3P	Ordinarios (5)	0.09900	21.16	28.26	32.92	38.79	43.15	47.49	51.86	57.72	62.22	77.80
	Gamma 2P	Ordinarios (6)	0.12280	21.66	28.59	32.72	37.54	40.87	44.02	47.02	50.80	53.51	61.12
		Lineales (7)	0.18470	20.80	30.80	37.09	44.63	49.98	55.11	60.06	66.36	70.93	83.88
	Gamma 3P	Ordinarios (8)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		Lineales (9)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Log Pearson III	Ordinarios (10)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		Lineales (11)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Gumbel	Ordinarios (12)	0.10320	21.17	28.47	33.30	39.40	43.93	48.42	52.90	58.81	63.27	78.10
		Lineales (13)	0.10020	21.22	28.27	32.93	38.83	43.21	47.55	51.88	57.58	61.90	76.22
	Log Gumbel	Ordinarios (14)	0.09790	20.07	27.19	33.23	42.83	51.69	62.31	75.06	95.95	115.52	213.92
		Lineales (15)	0.10150	20.06	27.29	33.47	43.32	52.45	63.41	76.62	98.33	118.74	222.11
	Distribución Seleccionada Log Gumbel (14)			**20.07**	**27.19**	**33.23**	**42.83**	**51.69**	**62.31**	**75.06**	**95.95**	**115.52**	**213.92**

gráfico distribuciones teóricas



ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

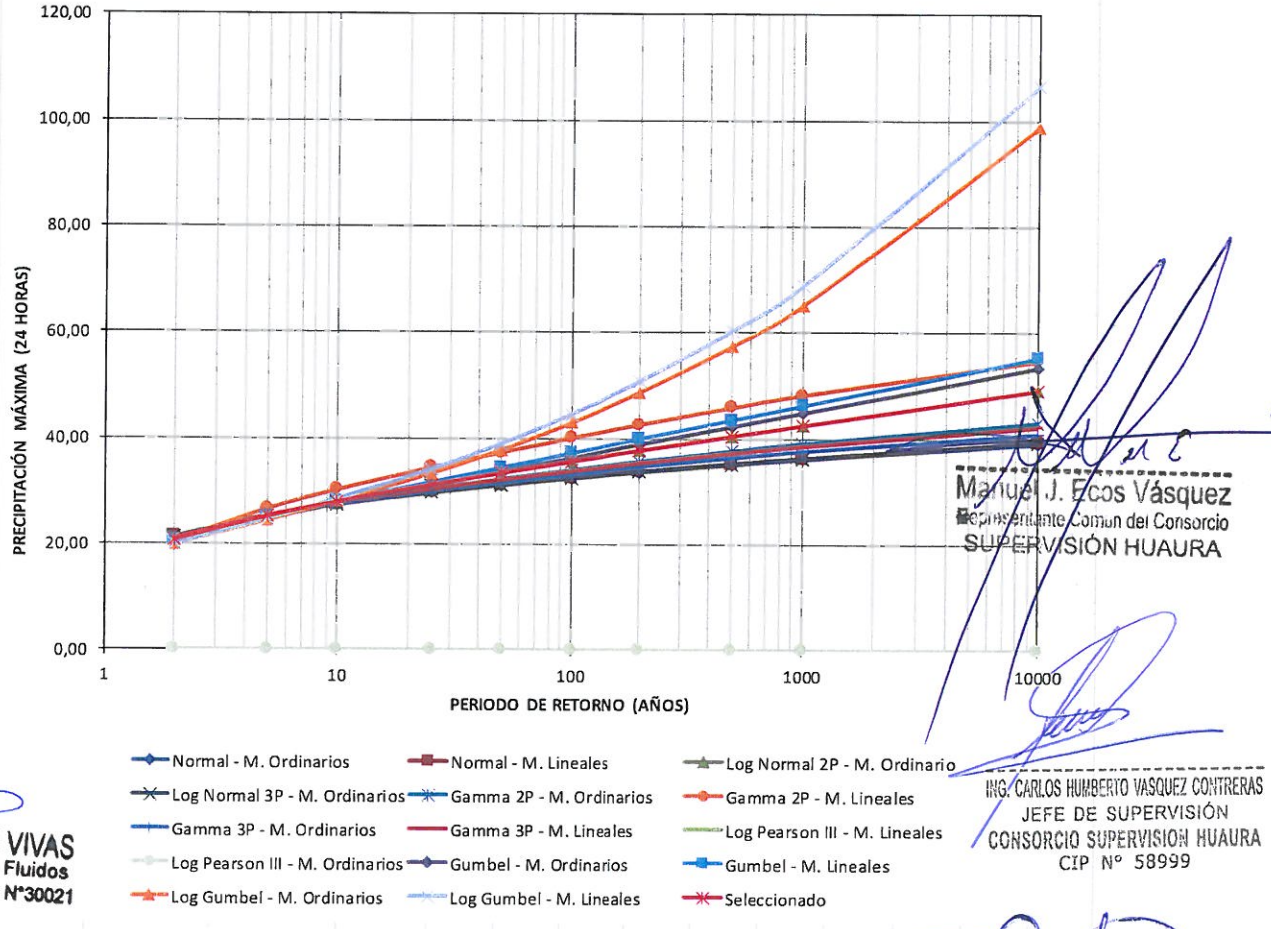
Ing. Marnel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 5-31: Resultado estadístico de las distribuciones teóricas – Pmax24h estación Oyon

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	MOMENTOS	DELTA TEÓRICO	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)									
				2	5	10	25	50	100	200	500	1000	10000
OYON	Normal	Ordinarios (1)	0.08520	21.28	25.31	27.42	29.66	31.12	32.42	33.62	35.06	36.08	39.09
		Lineales (2)	0.08630	21.28	25.34	27.47	29.74	31.20	32.52	33.72	35.18	36.21	39.24
	Log Normal 2P	Ordinarios (3)	0.06750	20.74	25.21	27.93	31.14	33.41	35.59	37.71	40.45	42.49	49.17
		Lineales (4)	0.06730	20.74	25.23	27.95	31.17	33.45	35.64	37.77	40.53	42.58	49.29
	Log Normal 3P	Ordinarios (5)	0.08060	21.24	25.25	27.37	29.66	31.14	32.48	33.72	35.22	36.28	39.44
	Gamma 2P	Ordinarios (6)	0.06130	20.92	25.18	27.62	30.38	32.25	34.00	35.64	37.69	39.14	43.15
		Lineales (7)	0.12370	20.57	26.66	30.27	34.45	37.33	40.05	42.63	45.88	48.20	54.72
	Gamma 3P	Ordinarios (8)	0.07281	21.10	25.25	27.52	30.03	31.69	33.21	34.62	36.35	37.57	40.89
		Lineales (9)	0.06859	21.01	25.26	27.64	30.30	32.08	33.73	35.27	37.17	38.51	42.23
	Log Pearson III	Ordinarios (10)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		Lineales (11)	0.08942	20.45	25.12	28.19	32.09	35.01	37.95	40.92	44.92	47.98	57.52
	Gumbel	Ordinarios (12)	0.09570	20.49	24.72	27.53	31.07	33.69	36.30	38.90	42.32	44.91	53.51
		Lineales (13)	0.09400	20.45	24.91	27.86	31.58	34.35	37.10	39.83	43.44	46.17	55.22
	Log Gumbel	Ordinarios (14)	0.13600	19.96	24.51	28.07	33.33	37.85	42.95	48.71	57.52	65.21	98.93
		Lineales (15)	0.13280	19.93	24.70	28.47	34.08	38.93	44.44	50.70	60.33	68.80	106.43
	Distribución Seleccionada Log Normal 2P (4)			**20.74**	**25.23**	**27.95**	**31.17**	**33.45**	**35.64**	**37.77**	**40.53**	**42.58**	**49.29**

gráfico distribuciones teóricas



Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

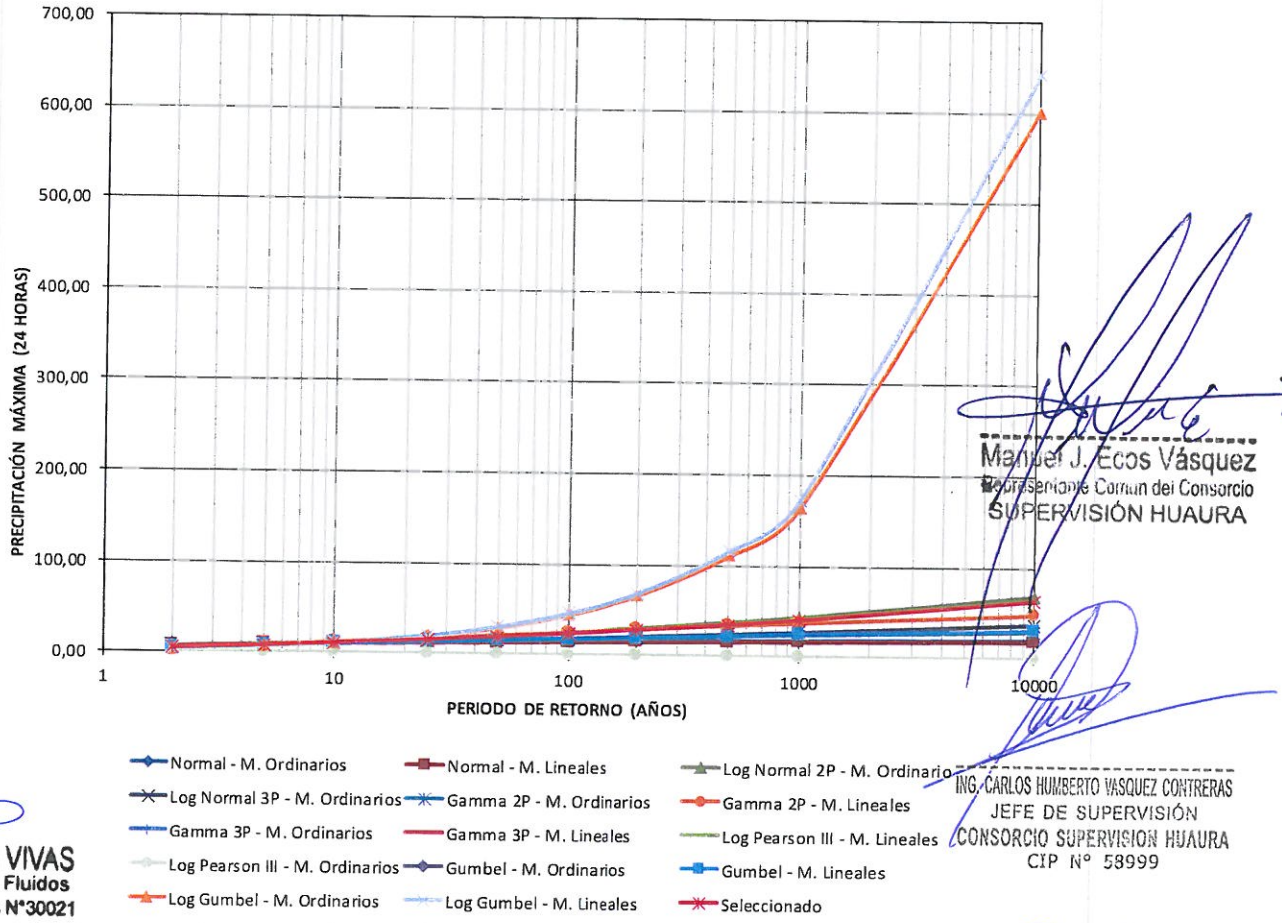
Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 5-32: Resultado estadístico de las distribuciones teóricas – Pmax24h estación Lomas de Lachay

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	MOMENTOS	DELTA TEÓRICO	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)									
				2	5	10	25	50	100	200	500	1000	10000
LOMAS DE LACHAY	Normal	Ordinarios (1)	0.15140	5.77	8.99	10.67	12.47	13.62	14.67	15.62	16.77	17.58	19.99
		Lineales (2)	0.15570	5.77	8.80	10.38	12.07	13.16	14.14	15.03	16.12	16.88	19.14
	Log Normal 2P	Ordinarios (3)	0.07220	4.64	8.52	11.71	16.44	20.46	24.92	29.85	37.14	43.29	68.19
		Lineales (4)	0.06800	4.64	8.37	11.40	15.84	19.60	23.73	28.27	34.95	40.55	63.04
	Log Normal 3P	Ordinarios (5)	0.06360	4.96	8.25	10.58	13.68	16.09	18.58	21.16	24.73	27.57	37.91
	Gamma 2P	Ordinarios (6)	0.07020	5.00	8.45	10.73	13.57	15.62	17.62	19.57	22.07	23.91	29.18
		Lineales (7)	0.19460	4.12	9.23	13.04	18.05	21.82	25.57	29.30	34.18	37.80	48.35
	Gamma 3P	Ordinarios (8)	0.05956	4.91	8.46	10.88	13.91	16.12	18.28	20.39	23.13	25.14	30.91
		Lineales (9)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Log Pearson III	Ordinarios (10)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		Lineales (11)	0.10510	4.33	8.18	11.88	18.23	24.46	32.24	41.88	58.13	73.44	141.17
	Gumbel	Ordinarios (12)	0.08680	5.15	8.52	10.76	13.58	15.68	17.76	19.83	22.57	24.63	31.50
		Lineales (13)	0.08820	5.16	8.47	10.67	13.44	15.50	17.54	19.58	22.26	24.29	31.03
	Log Gumbel	Ordinarios (14)	0.13340	4.12	7.80	11.90	20.31	30.20	44.76	66.24	111.13	164.29	601.69
		Lineales (15)	0.13460	4.11	7.85	12.05	20.72	30.97	46.14	68.65	115.97	172.36	642.35
	Distribución Seleccionada Log Normal 2P (4)			**4.64**	**8.37**	**11.40**	**15.84**	**19.60**	**23.73**	**28.27**	**34.95**	**40.55**	**63.04**

gráfico distribuciones teóricas



Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

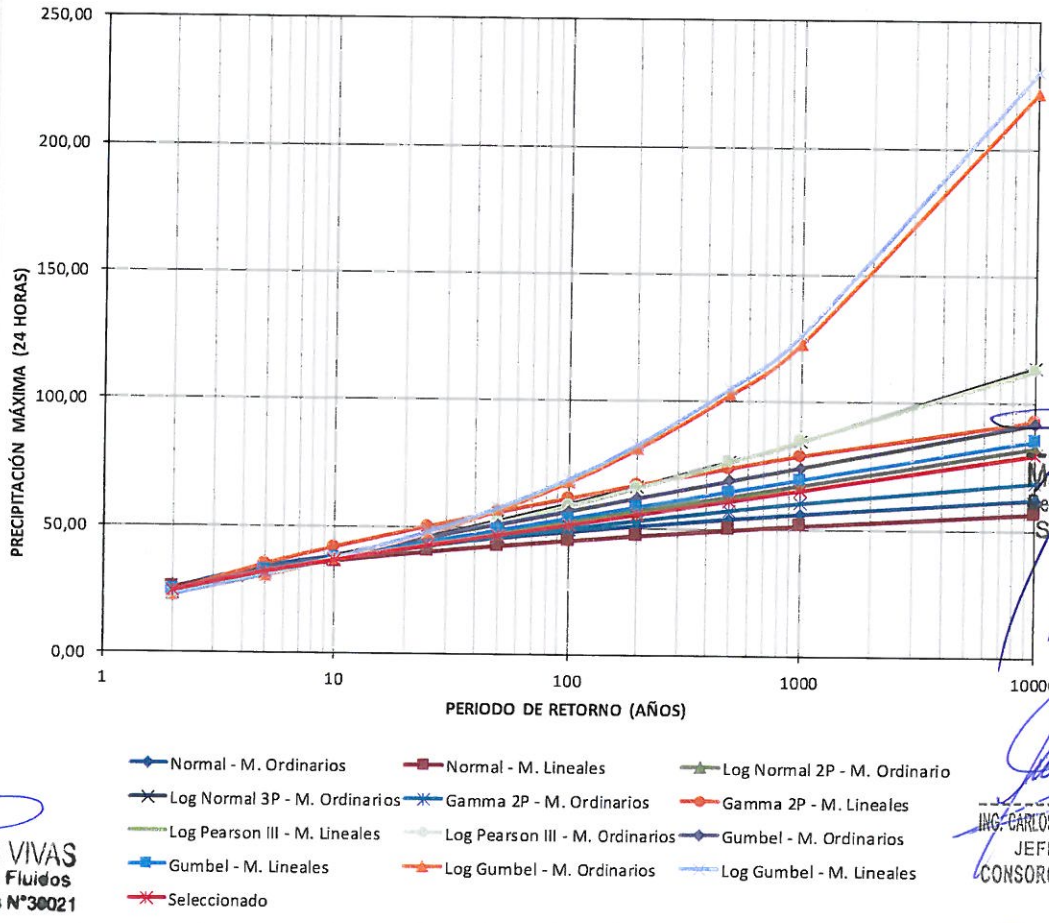
Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 5-33: Resultado estadístico de las distribuciones teóricas – Pmax24h estación Paccho

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	MOMENTOS	DELTA TEÓRICO	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)									
				2	5	10	25	50	100	200	500	1000	10000
PACCHO	Normal	Ordinarios (1)	0.12170	25.60	33.82	38.12	42.70	45.66	48.33	50.76	53.72	55.79	61.93
		Lineales (2)	0.10470	25.60	32.64	36.32	40.25	42.78	45.07	47.15	49.68	51.46	56.72
	Log Normal 2P	Ordinarios (3)	0.05810	24.21	31.94	36.92	43.09	47.62	52.09	56.55	62.46	66.98	82.39
		Lineales (4)	0.05160	24.21	31.70	36.51	42.43	46.76	51.03	55.28	60.90	65.18	79.73
	Log Normal 3P	Ordinarios (5)	0.08360	23.47	31.83	37.91	46.15	52.64	59.44	66.57	76.55	84.56	114.26
	Gamma 2P	Ordinarios (6)	0.06900	24.68	32.41	37.02	42.37	46.08	49.58	52.91	57.10	60.11	68.53
		Lineales (7)	0.16170	23.76	34.83	41.75	50.04	55.90	61.52	66.93	73.81	78.81	92.96
	Gamma 3P	Ordinarios (8)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		Lineales (9)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Log Pearson III	Ordinarios (10)	0.07586	23.54	31.58	37.43	45.44	51.88	58.72	65.99	76.35	84.71	113.11
		Lineales (11)	0.05500	30.69	31.61	36.74	43.32	48.30	53.34	58.48	65.44	70.81	87.98
	Gumbel	Ordinarios (12)	0.09180	24.00	32.72	38.50	45.79	51.20	56.57	61.92	68.98	74.32	92.04
		Lineales (13)	0.06000	24.17	31.99	37.17	43.71	48.56	53.38	58.18	64.51	69.30	85.19
	Log Gumbel	Ordinarios (14)	0.09620	22.93	30.68	37.20	47.45	56.85	68.01	81.31	102.91	122.97	222.13
		Lineales (15)	0.09890	22.91	30.80	37.46	47.97	57.63	69.14	82.90	105.32	126.21	230.14
	Distribución Seleccionada Log Normal 2P (4)			**24.21**	**31.70**	**36.51**	**42.43**	**46.76**	**51.03**	**55.28**	**60.90**	**65.18**	**79.73**

gráfico distribuciones teóricas



Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

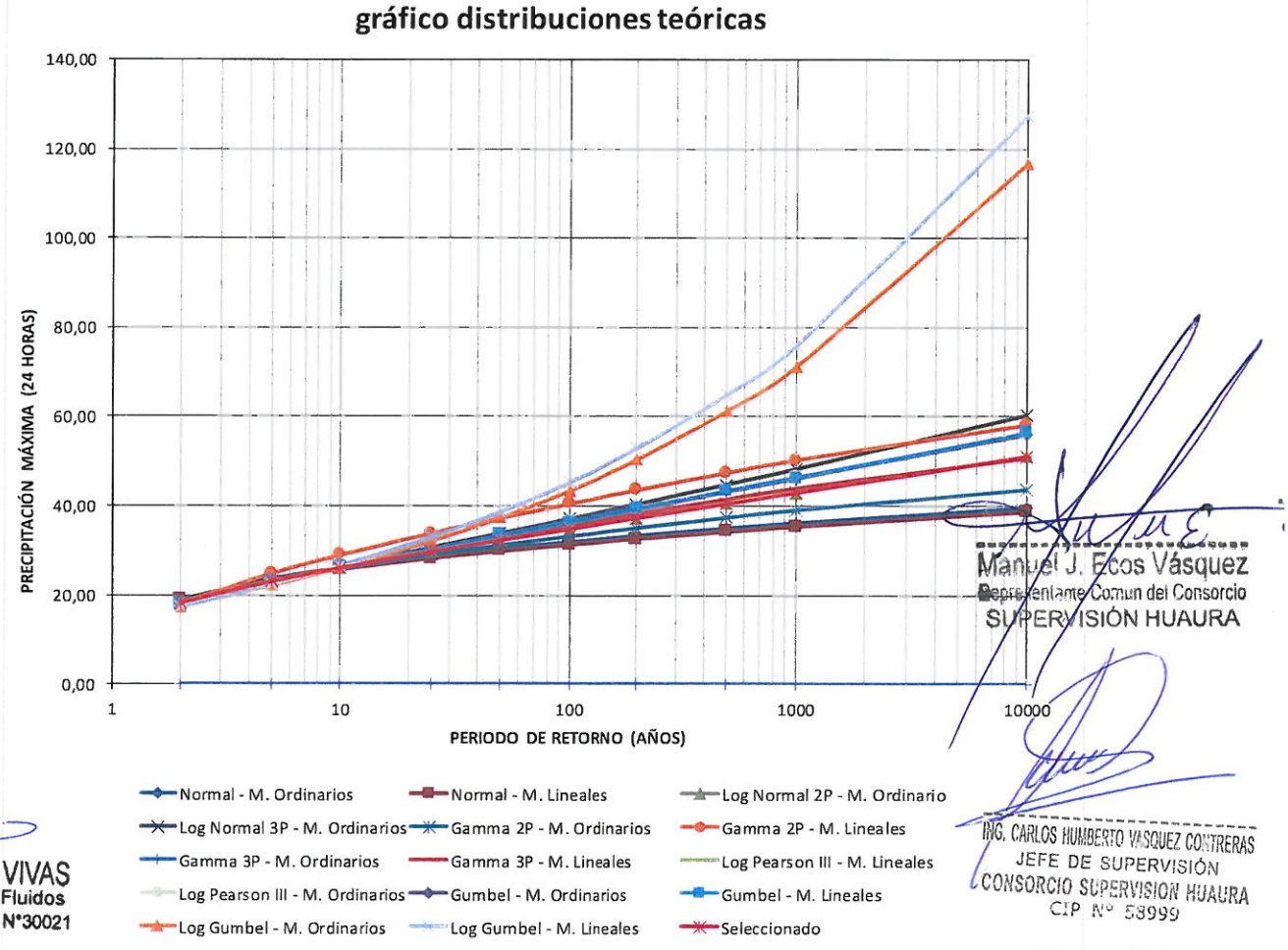
Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 5-34: Resultado estadístico de las distribuciones teóricas – Pmax24h estación Pachamachay

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	MOMENTOS	DELTA TEÓRICO	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)									
				2	5	10	25	50	100	200	500	1000	10000
PACHAMACHAY	Normal	Ordinarios (1)	0.11050	19.07	23.71	26.13	28.72	30.39	31.90	33.27	34.94	36.11	39.57
		Lineales (2)	0.10960	19.07	23.52	25.86	28.34	29.95	31.39	32.71	34.31	35.44	38.76
	Log Normal 2P	Ordinarios (3)	0.05980	18.36	23.14	26.11	29.71	32.29	34.80	37.27	40.50	42.93	51.02
		Lineales (4)	0.05920	18.36	23.15	26.14	29.75	32.34	34.86	37.34	40.59	43.03	51.17
	Log Normal 3P	Ordinarios (5)	0.06830	18.06	23.04	26.39	30.66	33.87	37.10	40.38	44.81	48.25	60.33
	Gamma 2P	Ordinarios (6)	0.07320	18.60	23.26	25.97	29.08	31.21	33.21	35.10	37.46	39.15	43.84
		Lineales (7)	0.15100	18.10	24.90	29.03	33.90	37.30	40.53	43.62	47.53	50.35	58.28
	Gamma 3P	Ordinarios (8)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		Lineales (9)	0.07287	18.13	23.19	26.41	30.30	33.08	35.75	38.33	41.64	44.04	50.87
	Log Pearson III	Ordinarios (10)	0.06613	18.00	23.06	26.26	30.30	33.32	36.34	39.39	43.47	46.59	56.27
		Lineales (11)	0.06480	18.00	23.09	26.29	30.32	33.33	36.33	39.35	43.40	46.48	56.11
	Gumbel	Ordinarios (12)	0.06750	18.16	23.03	26.26	30.34	33.36	36.36	39.35	43.30	46.28	56.18
		Lineales (13)	0.06710	18.16	23.04	26.28	30.37	33.40	36.41	39.41	43.36	46.36	56.28
	Log Gumbel	Ordinarios (14)	0.09880	17.55	22.37	26.28	32.20	37.43	43.47	50.46	61.43	71.27	116.74
		Lineales (15)	0.09140	17.51	22.58	26.72	33.06	38.71	45.27	52.91	65.01	75.96	127.33
	Distribución Seleccionada Log Normal 2P (4)			**18.36**	**23.15**	**26.14**	**29.75**	**32.34**	**34.86**	**37.34**	**40.59**	**43.03**	**51.17**



Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

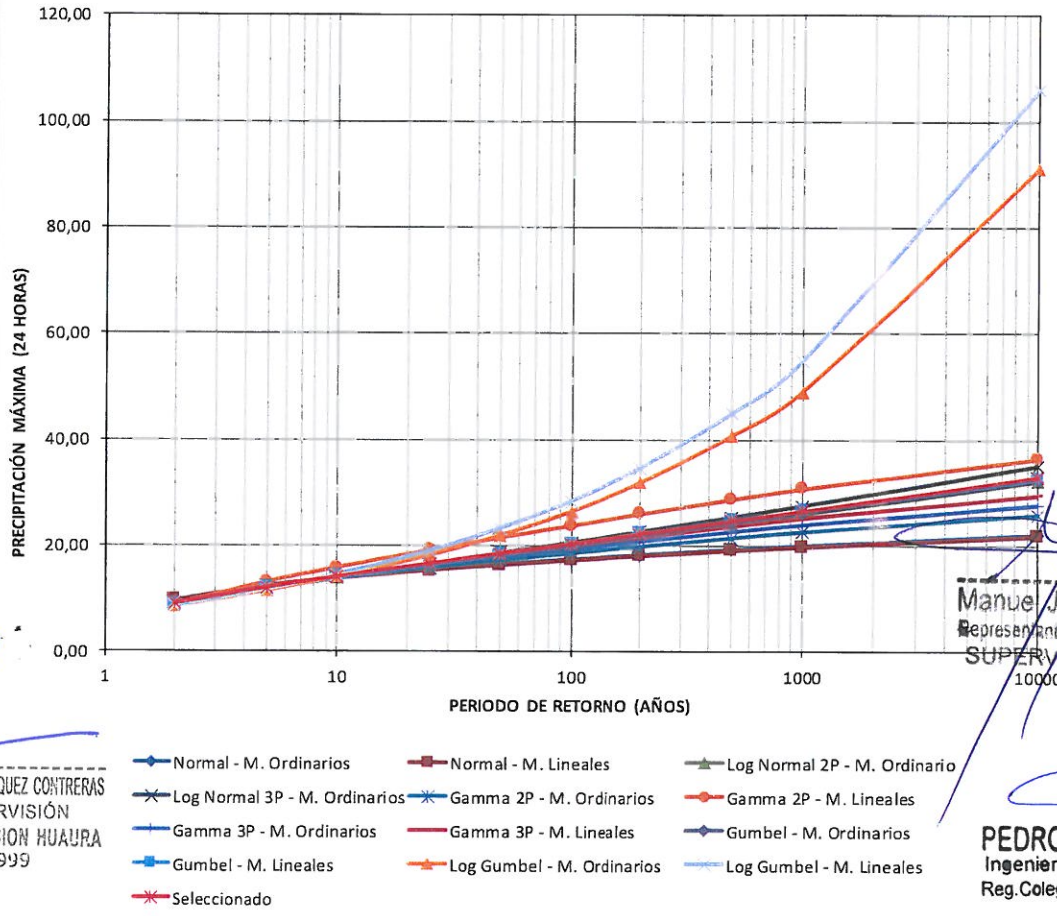
Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 5-35: Resultado estadístico de las distribuciones teóricas – Pmax24h estación Pampa Libre

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	MOMENTOS	DELTA TEÓRICO	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)									
				2	5	10	25	50	100	200	500	1000	10000
PAMPA LIBRE	Normal	Ordinarios (1)	0.12090	9.48	12.31	13.79	15.37	16.39	17.31	18.14	19.16	19.87	21.99
		Lineales (2)	0.12070	9.48	12.28	13.74	15.30	16.30	17.21	18.03	19.04	19.74	21.83
	Log Normal 2P	Ordinarios (3)	0.06100	8.94	11.95	13.91	16.36	18.16	19.95	21.74	24.13	25.96	32.24
		Lineales (4)	0.05620	8.94	12.02	14.04	16.56	18.42	20.27	22.13	24.62	26.52	33.08
	Log Normal 3P	Ordinarios (5)	0.06070	8.86	11.90	13.95	16.57	18.55	20.55	22.58	25.32	27.45	34.96
	Gamma 2P	Ordinarios (6)	0.07540	9.12	12.03	13.77	15.79	17.19	18.52	19.78	21.37	22.50	25.70
		Lineales (7)	0.12910	8.71	13.07	15.82	19.14	21.50	23.76	25.95	28.74	30.76	36.53
	Gamma 3P	Ordinarios (8)	0.06338	9.00	12.08	13.98	16.24	17.83	19.35	20.81	22.66	23.99	27.79
		Lineales (9)	0.05060	8.88	12.06	14.09	16.56	18.32	20.02	21.66	23.76	25.29	29.64
	Log Pearson III	Ordinarios (10)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		Lineales (11)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Gumbel	Ordinarios (12)	0.06500	8.93	11.90	13.87	16.35	18.20	20.03	21.85	24.26	26.08	32.11
		Lineales (13)	0.05470	8.92	11.98	14.00	16.56	18.46	20.35	22.23	24.71	26.58	32.80
	Log Gumbel	Ordinarios (14)	0.09920	8.45	11.46	14.02	18.09	21.86	26.37	31.80	40.69	49.03	91.06
		Lineales (15)	0.10220	8.42	11.65	14.44	18.94	23.17	28.29	34.53	44.91	54.77	105.90
	Distribución Seleccionada Log Normal 2P (4)			**8.94**	**12.02**	**14.04**	**16.56**	**18.42**	**20.27**	**22.13**	**24.62**	**26.52**	**33.08**

gráfico distribuciones teóricas



Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

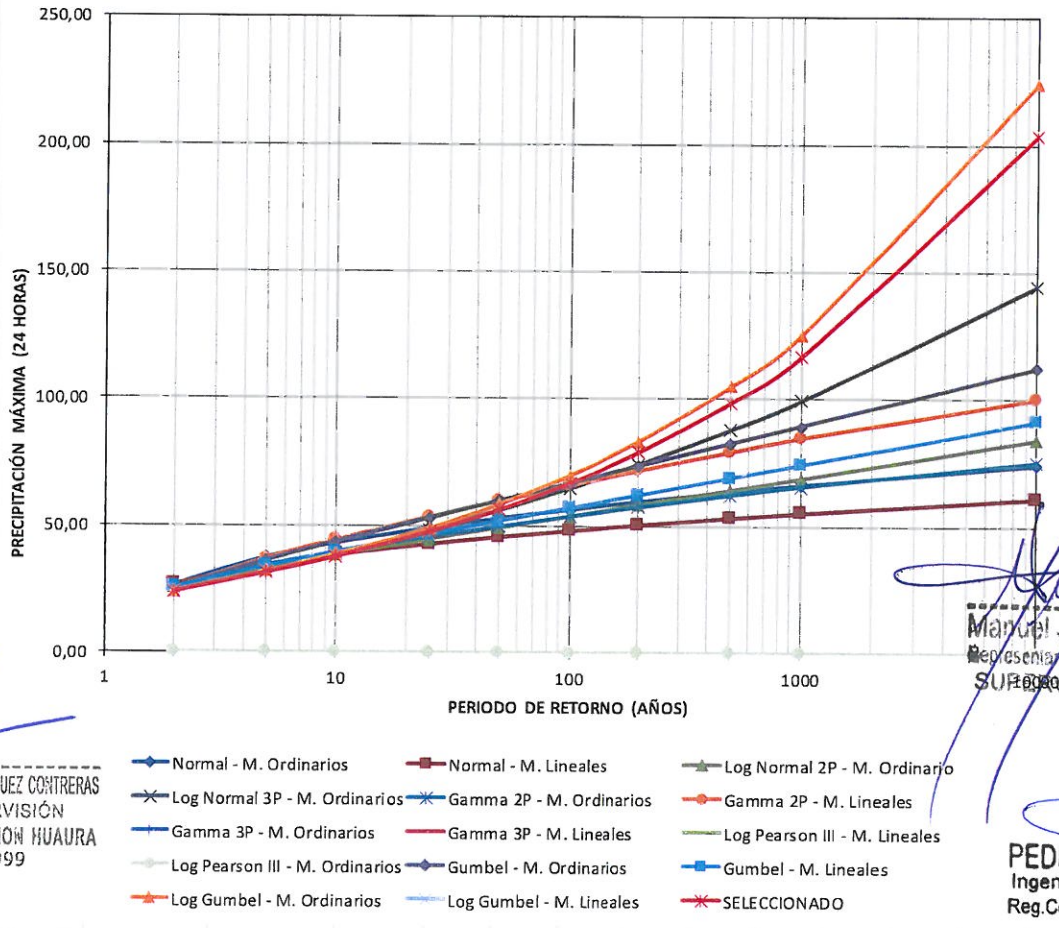
Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 5-36: Resultado estadístico de las distribuciones teóricas – Pmax24h estación Parquin

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	MOMENTOS	DELTA TEÓRICO	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)									
				2	5	10	25	50	100	200	500	1000	10000
PARQUIN	Normal	Ordinarios (1)	0.19570	26.92	37.57	43.14	49.09	52.92	56.38	59.53	63.36	66.05	74.00
		Lineales (2)	0.20440	26.92	34.61	38.63	42.92	45.69	48.18	50.46	53.23	55.16	60.91
	Log Normal 2P	Ordinarios (3)	0.12910	25.27	33.19	38.28	44.58	49.18	53.72	58.25	64.24	68.81	84.37
		Lineales (4)	0.13220	25.27	32.44	36.96	42.49	46.49	50.41	54.28	59.38	63.23	76.20
	Log Normal 3P	Ordinarios (5)	0.07110	24.01	32.26	38.83	48.33	56.25	64.89	74.29	88.00	99.42	144.53
	Gamma 2P	Ordinarios (6)	0.15650	25.81	34.40	39.54	45.55	49.72	53.67	57.43	62.17	65.58	75.17
		Lineales (7)	0.18570	24.86	36.82	44.34	53.37	59.76	65.90	71.82	79.36	84.83	100.33
	Gamma 3P	Ordinarios (8)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		Lineales (9)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Log Pearson III	Ordinarios (10)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		Lineales (11)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Gumbel	Ordinarios (12)	0.16690	24.84	36.03	43.43	52.79	59.74	66.63	73.50	82.56	89.40	112.14
		Lineales (13)	0.13420	25.35	33.78	39.36	46.42	51.65	56.85	62.02	68.85	74.01	91.14
	Log Gumbel	Ordinarios (14)	0.06670	23.96	31.91	38.57	49.01	58.55	69.85	83.28	105.02	125.14	223.98
		Lineales (15)	0.06370	24.01	31.58	37.85	47.60	56.41	66.78	79.00	98.61	116.60	203.38
	Distribución Seleccionada Log Gumbel (15)			**24.01**	**31.58**	**37.85**	**47.60**	**56.41**	**66.78**	**79.00**	**98.61**	**116.60**	**203.38**

gráfico distribuciones teóricas



Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

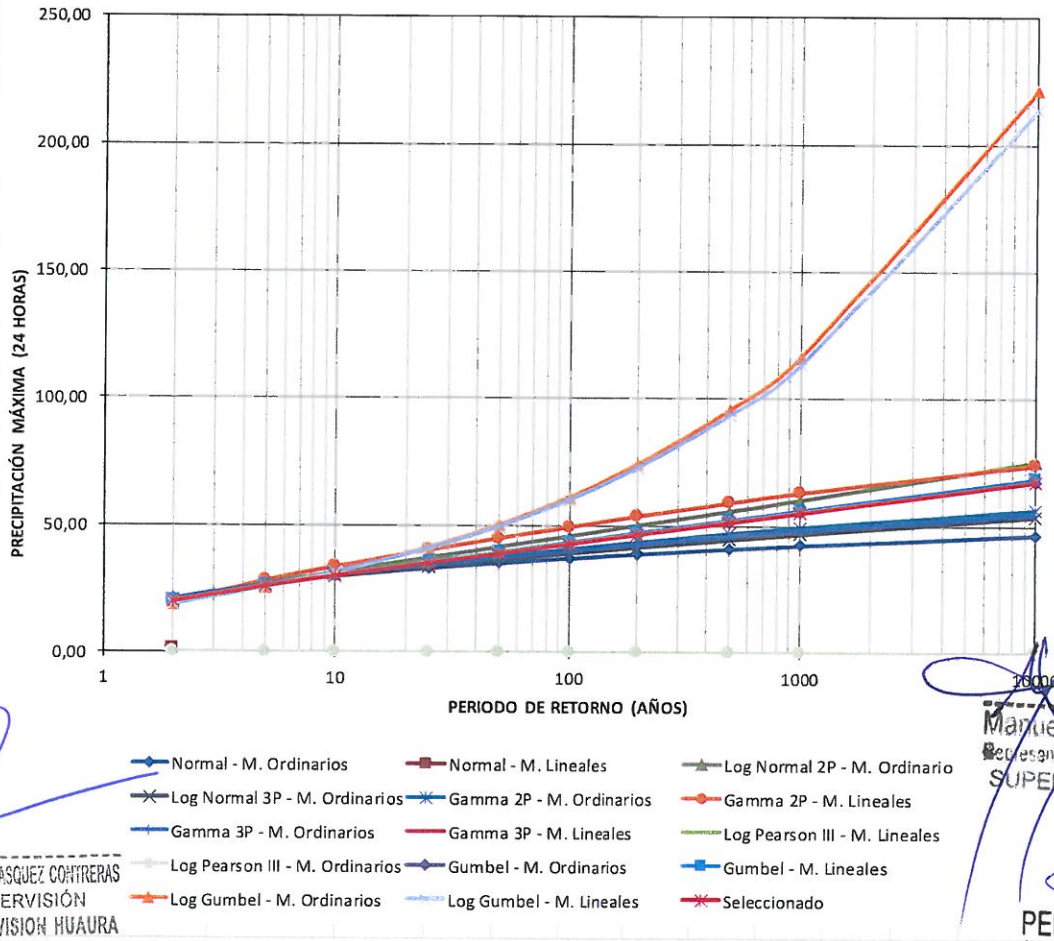
Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 5-37: Resultado estadístico de las distribuciones teóricas – Pmax24h estación Picoy

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	MOMENTOS	DELTA TEÓRICO	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)									
				2	5	10	25	50	100	200	500	1000	10000
PICOY	Normal	Ordinarios (1)	0.13450	21.01	26.84	29.90	33.16	35.26	37.15	38.88	40.98	42.45	46.81
	Log Normal 2P	Ordinarios (3)	0.13150	19.83	26.81	31.39	37.14	41.40	45.65	49.91	55.62	60.01	75.17
	Log Normal 3P	Ordinarios (5)	0.10570	20.49	26.51	29.99	33.95	36.67	39.22	41.64	44.71	46.95	54.02
	Gamma 2P	Ordinarios (6)	0.11200	20.22	26.60	30.41	34.84	37.90	40.80	43.55	47.02	49.51	56.50
		Lineales (7)	0.19710	19.57	28.36	33.82	40.35	44.96	49.37	53.61	59.01	62.91	73.96
	Gamma 3P	Ordinarios (8)	0.10572	20.33	26.56	30.22	34.43	37.33	40.06	42.64	45.87	48.19	54.63
		Lineales (9)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Log Pearson III	Ordinarios (10)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		Lineales (11)	0.12961	19.49	26.22	30.93	37.17	42.04	47.09	52.34	59.64	65.39	84.17
	Gumbel	Ordinarios (12)	0.09900	19.87	26.00	30.06	35.19	38.99	42.77	46.53	51.50	55.25	67.71
		Lineales (13)	0.10400	19.85	26.08	30.20	35.41	39.28	43.11	46.94	51.98	55.79	68.45
	Log Gumbel	Ordinarios (14)	0.15570	18.70	25.66	31.65	41.25	50.20	61.01	74.10	95.76	116.24	221.19
		Lineales (15)	0.14850	18.71	25.57	31.43	40.81	49.53	60.03	72.70	93.60	113.30	213.61
	Distribución Seleccionada Log Normal 2P (4)			**19.87**	**26.00**	**30.06**	**35.19**	**38.99**	**42.77**	**46.53**	**51.50**	**55.25**	**67.71**

gráfico distribuciones teóricas



Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

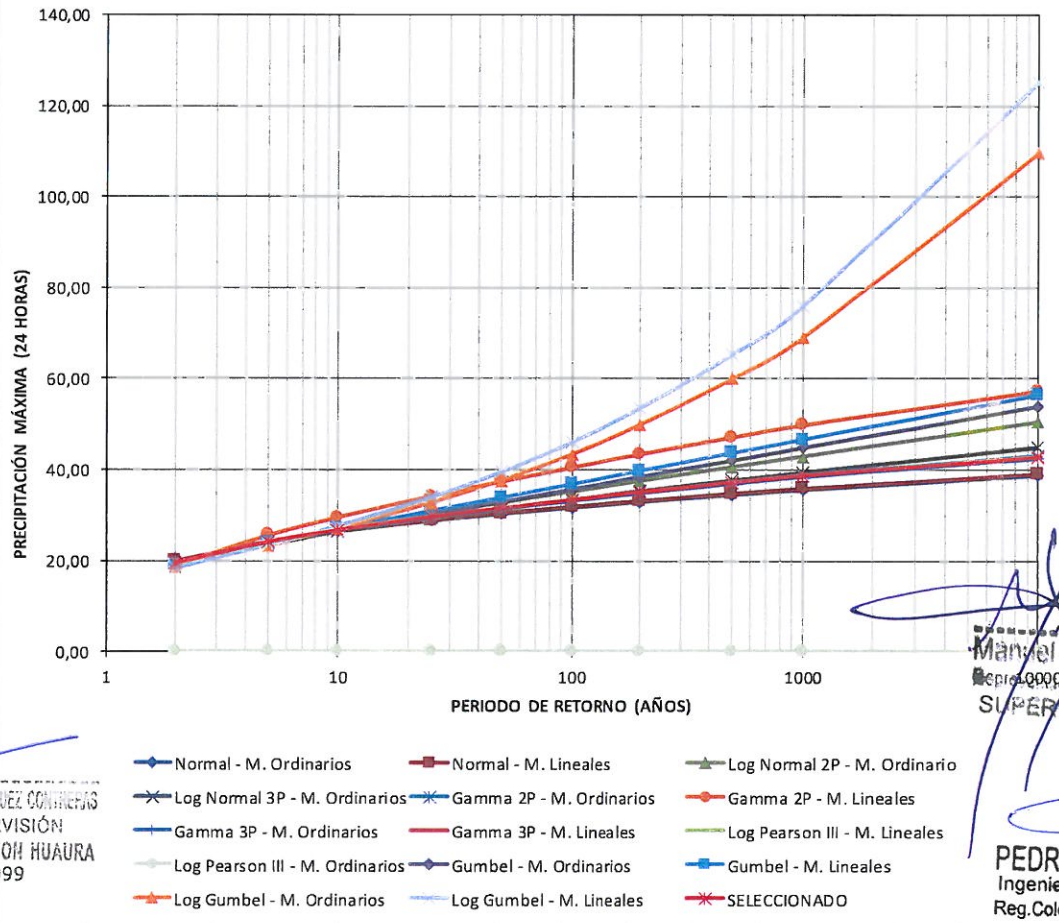
Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 5-38: Resultado estadístico de las distribuciones teóricas – Pmax24h estación Laguna Surasaca

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	MOMENTOS	DELTA TEÓRICO	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)									
				2	5	10	25	50	100	200	500	1000	10000
LAGUNA SURASACA	Normal	Ordinarios (1)	0.07350	19.90	24.17	26.40	28.77	30.31	31.69	32.95	34.48	35.56	38.74
		Lineales (2)	0.06810	19.90	24.26	26.54	28.98	30.55	31.96	33.25	34.82	35.92	39.17
	Log Normal 2P	Ordinarios (3)	0.09320	19.29	23.97	26.86	30.32	32.79	35.18	37.52	40.57	42.85	50.40
		Lineales (4)	0.09050	19.29	24.13	27.13	30.74	33.32	35.83	38.29	41.50	43.90	51.90
	Log Normal 3P	Ordinarios (5)	0.08210	19.47	23.89	26.48	29.46	31.53	33.49	35.36	37.74	39.49	45.08
	Gamma 2P	Ordinarios (6)	0.08000	19.49	23.92	26.47	29.38	31.36	33.22	34.97	37.15	38.70	43.02
		Lineales (7)	0.09580	19.02	25.63	29.61	34.28	37.52	40.60	43.53	47.24	49.90	57.41
	Gamma 3P	Ordinarios (8)	0.07268	19.58	24.04	26.57	29.41	31.33	33.10	34.77	36.83	38.30	42.34
		Lineales (9)	0.06982	19.58	24.16	26.74	29.64	31.60	33.41	35.10	37.20	38.68	42.78
	Log Pearson III	Ordinarios (10)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		Lineales (11)	0.11015	19.01	24.02	27.38	31.68	34.93	38.23	41.59	46.16	49.67	60.83
	Gumbel	Ordinarios (12)	0.11700	19.07	23.55	26.51	30.26	33.03	35.79	38.54	42.16	44.90	54.00
		Lineales (13)	0.11420	19.02	23.80	26.96	30.96	33.92	36.87	39.80	43.67	46.60	56.31
	Log Gumbel	Ordinarios (14)	0.16040	18.49	23.23	27.02	32.70	37.67	43.36	49.88	60.01	69.00	109.71
		Lineales (15)	0.15450	18.43	23.56	27.71	34.03	39.64	46.11	53.61	65.40	76.00	125.16
	Distribución Seleccionada Gamma 3P (9)			**19.58**	**24.16**	**26.74**	**29.64**	**31.60**	**33.41**	**35.10**	**37.20**	**38.68**	**42.78**

gráfico distribuciones teóricas



Manuel J. Ecos Vásquez
Repre. Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

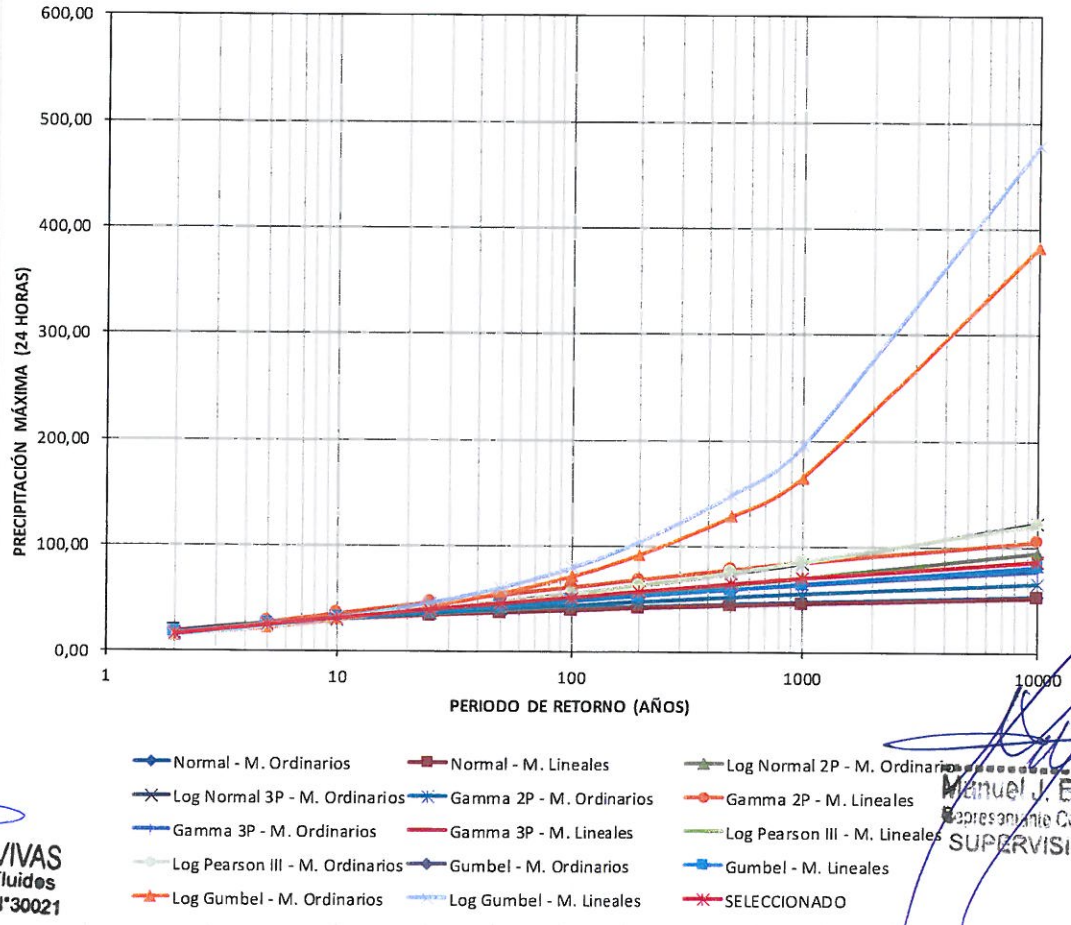
Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 5-39: Resultado estadístico de las distribuciones teóricas – Pmax24h estación Ambar

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	MOMENTOS	DELTA TEÓRICO	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)									
				2	5	10	25	50	100	200	500	1000	10000
AMBAR	Normal	Ordinarios (1)	0.13390	18.46	26.25	30.33	34.67	37.48	40.01	42.32	45.12	47.08	52.90
		Lineales (2)	0.13600	18.46	25.94	29.85	34.02	36.71	39.14	41.35	44.04	45.92	51.51
	Log Normal 2P	Ordinarios (3)	0.08730	16.58	24.54	30.13	37.50	43.19	49.04	55.09	63.43	70.02	93.86
		Lineales (4)	0.08370	16.58	24.79	30.61	38.31	44.29	50.46	56.86	65.70	72.72	98.23
	Log Normal 3P	Ordinarios (5)	0.09430	16.02	24.17	30.43	39.26	46.47	54.21	62.51	74.43	84.22	121.95
	Gamma 2P	Ordinarios (6)	0.10940	17.20	24.92	29.72	35.46	39.51	43.38	47.11	51.85	55.28	64.99
		Lineales (7)	0.17190	15.48	27.64	35.91	46.29	53.87	61.28	68.55	77.94	84.84	104.68
	Gamma 3P	Ordinarios (8)	0.07106	16.53	25.14	30.86	37.95	43.08	48.08	52.96	59.24	63.84	77.06
		Lineales (9)	0.07711	15.97	24.92	31.26	39.35	45.35	51.25	57.08	64.66	70.25	86.42
	Log Pearson III	Ordinarios (10)	0.08993	16.18	24.33	30.53	39.33	46.59	54.47	63.01	75.43	85.62	121.38
		Lineales (11)	0.08631	16.05	24.55	31.22	40.94	49.17	58.28	68.35	83.29	95.83	141.01
	Gumbel	Ordinarios (12)	0.09200	16.94	25.12	30.54	37.39	42.46	47.51	52.53	59.16	64.16	80.79
		Lineales (13)	0.09160	16.93	25.13	30.56	37.42	42.51	47.56	52.59	59.23	64.25	80.90
	Log Gumbel	Ordinarios (14)	0.11820	15.36	23.18	30.45	42.98	55.51	71.54	92.12	128.60	165.47	382.17
		Lineales (15)	0.10700	15.27	23.74	31.80	46.01	60.50	79.41	104.11	148.83	194.99	478.05
	Distribución Seleccionada Gamma 3P (9)			**15.97**	**24.92**	**31.26**	**39.35**	**45.35**	**51.25**	**57.08**	**64.66**	**70.25**	**86.42**

gráfico distribuciones teóricas



ING. CARLOS HUMBERTO VÁSQUEZ CORRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 59999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

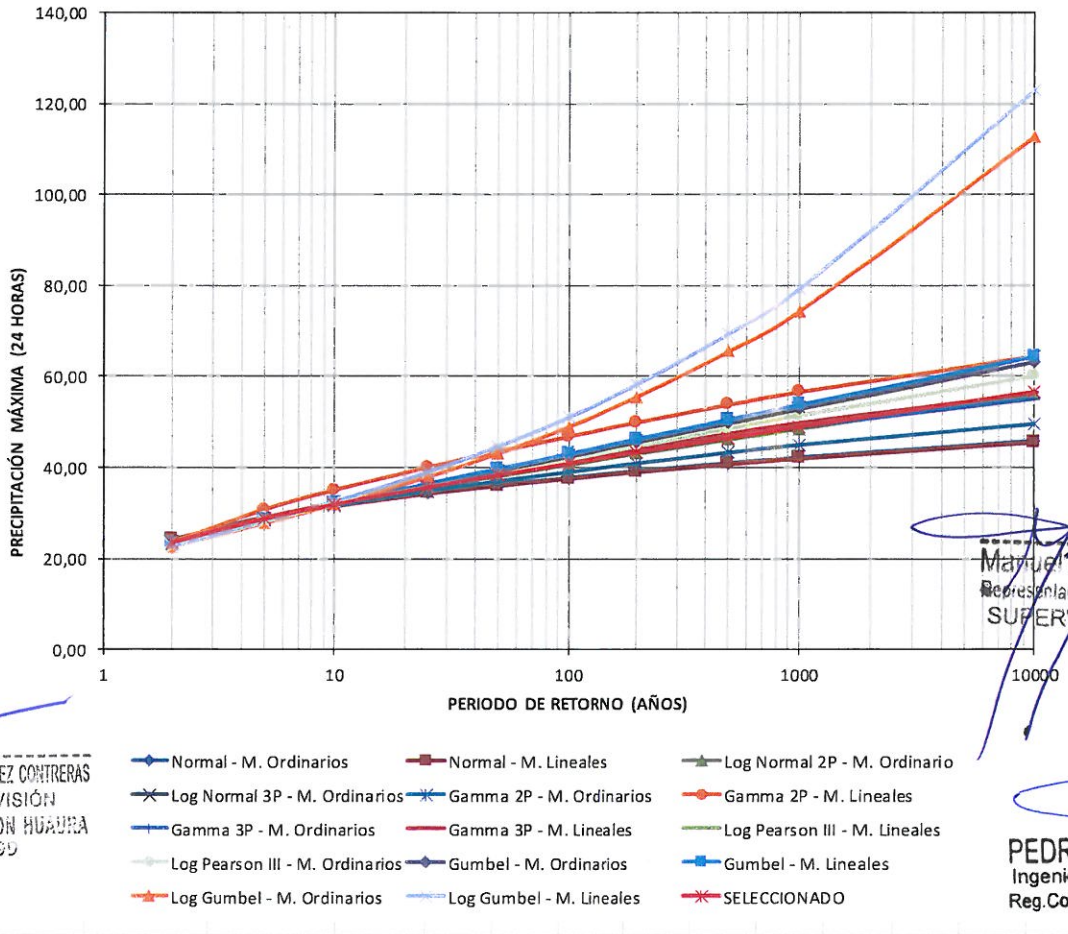
Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 5-40: Resultado estadístico de las distribuciones teóricas – Pmax24h estación Yanahuanca

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	MOMENTOS	DELTA TEÓRICO	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)									
				2	5	10	25	50	100	200	500	1000	10000
YANAHUANCA	Normal	Ordinarios (1)	0.12890	24.33	29.21	31.76	34.49	36.25	37.83	39.28	41.03	42.26	45.91
		Lineales (2)	0.13020	24.33	29.15	31.68	34.37	36.11	37.67	39.10	40.83	42.05	45.65
	Log Normal 2P	Ordinarios (3)	0.09740	23.70	28.80	31.90	35.57	38.16	40.65	43.07	46.19	48.52	56.13
		Lineales (4)	0.09490	23.70	28.87	32.01	35.73	38.36	40.89	43.36	46.54	48.91	56.68
	Log Normal 3P	Ordinarios (5)	0.10740	23.38	28.63	32.06	36.35	39.52	42.67	45.83	50.04	53.27	64.39
	Gamma 2P	Ordinarios (6)	0.10710	23.91	28.83	31.64	34.83	37.00	39.02	40.92	43.29	44.97	49.62
		Lineales (7)	0.15090	23.45	30.70	35.02	40.03	43.50	46.77	49.89	53.80	56.61	64.49
	Gamma 3P	Ordinarios (8)	0.09741	23.54	28.84	32.08	35.91	38.60	41.15	43.60	46.71	48.94	55.25
		Lineales (9)	0.09744	23.48	28.86	32.19	36.14	38.93	41.59	44.14	47.39	49.74	56.36
	Log Pearson III	Ordinarios (10)	0.10222	23.40	28.73	32.04	36.09	39.05	41.97	44.85	48.66	51.52	60.20
		Lineales (11)	0.10108	26.72	28.78	32.20	36.46	39.60	42.72	45.83	49.97	53.11	62.71
	Gumbel	Ordinarios (12)	0.11270	23.37	28.50	31.90	36.19	39.37	42.53	45.67	49.83	52.97	63.38
		Lineales (13)	0.10780	23.34	28.63	32.14	36.56	39.84	43.10	46.35	50.63	53.87	64.62
	Log Gumbel	Ordinarios (14)	0.13330	22.81	28.00	32.07	38.07	43.23	49.04	55.62	65.65	74.42	112.86
		Lineales (15)	0.12450	22.76	28.26	32.61	39.08	44.70	51.07	58.32	69.48	79.32	123.10
	Distribución Seleccionada Log Normal 2P (4)			**23.70**	**28.87**	**32.01**	**35.73**	**38.36**	**40.89**	**43.36**	**46.54**	**48.91**	**56.68**

gráfico distribuciones teóricas



Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP. N° 58999

Cuadro 5-41: resultados de las pruebas de bondad de ajuste - serie de precipitaciones máximas en estaciones - MÉTODO SMIRNOV KOLMOROV

ESTACIONES	Parámetros Smirnov Kolmogorov	Normal		Log Normal 2P		Log Normal 3P		Gamma 2P		Gamma 3P		Log P Tipo 3		Gumbel		Log Gumbel	
		Momentos		Momentos		Momentos		Momentos		Momentos		Momentos		Momentos		Momentos	
		Ord.	Lin.	Ord.	Lin.	Ord.	Lin.	Ord.	Lin.	Ord.	Lin.	Ord.	Lin.	Ord.	Lin.	Ord.	Lin.
ALCANTARILLA	Delta Tabular	0.1963	0.1963	0.1963	0.1963	0.1963		0.1963	0.1963	0.1963	0.1963	**0.1963**	**0.1963**	0.1963	0.1963	0.1963	0.1963
	Delta Teórico	0.2178	0.2318	0.0706	0.0713	0.0560		0.1319	0.3049	--	--	**0.0583**	**0.0555**	0.2005	0.1630	0.0815	0.0810
	Ajuste de la Serie	NO	NO	SI	SI	SI	NO	SI	NO	NO	NO	**SI**	**SI**	NO	SI	SI	SI
AMBAR	Delta Tabular	0.2776	0.2776	0.2776	0.2776	0.2776		0.2776	0.2776	**0.2776**	**0.2776**	0.2776	0.2776	0.2776	0.2776	0.2776	0.2776
	Delta Teórico	0.1339	0.1360	0.0873	0.0837	0.0943		0.1094	0.1719	**0.0711**	**0.0771**	0.0899	0.0863	0.0920	0.0916	0.1182	0.1070
	Ajuste de la Serie	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	**SI**	**SI**	SI	SI	SI	SI	SI	SI
ANDAJES	Delta Tabular	0.1923	0.1923	0.1923	0.1923	0.1923		0.1923	0.1923	0.1923	0.1923	**0.1923**	**0.1923**	0.1923	0.1923	0.1923	0.1923
	Delta Teórico	0.1556	0.1447	0.0887	0.0860	0.0675		0.1089	0.1579	--	--	**0.0600**	**0.0599**	0.0900	0.0848	0.0850	0.0830
	Ajuste de la Serie	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO	**SI**	**SI**	SI	SI	SI	SI
CARHUACAYAN	Delta Tabular	0.2367	0.2367	0.2367	0.2367	0.2367		0.2367	0.2367	0.2367	0.2367	0.2367	0.2367	0.2367	0.2367	**0.2367**	**0.2367**
	Delta Teórico	0.1251	0.1299	0.0988	0.0979	0.1056		0.1133	0.1835	0.0878	--	--	--	0.0970	0.0923	**0.0866**	**0.0872**
	Ajuste de la Serie	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI	SI	**SI**	**SI**
GORGOR	Delta Tabular	0.1923	0.1923	0.1923	0.1923	0.1923		0.1923	0.1923	0.1923	0.1923	0.1923	0.1923	0.1923	0.1923	**0.1923**	**0.1923**
	Delta Teórico	0.1702	0.1635	0.1033	0.0991	0.0990		0.1228	0.1847	--	--	--	--	0.1032	0.1002	**0.0979**	**0.1015**
	Ajuste de la Serie	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI	SI	**SI**	**SI**
LAGUNA SURASACA	Delta Tabular	0.2823	0.2823	0.2823	0.2823	0.2823		0.2823	0.2823	**0.2823**	**0.2823**	0.2823	0.2823	0.2823	0.2823	0.2823	0.2823
	Delta Teórico	0.0735	0.0681	0.0932	0.0905	0.0821		0.0800	0.0958	**0.0727**	**0.0698**	--	0.1102	0.1170	0.1142	0.1604	0.1545
	Ajuste de la Serie	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	**SI**	**SI**	NO	SI	SI	SI	SI	SI
LOMAS DE LACHAY	Delta Tabular	0.2099	0.2099	**0.2099**	**0.2099**	0.2099		0.2099	0.2099	0.2099	0.2099	0.2099	0.2099	0.2099	0.2099	0.2099	0.2099
	Delta Teórico	0.1514	0.1557	**0.0722**	**0.0680**	0.0636		0.0702	0.1946	0.0596	--	--	0.1051	0.0868	0.0882	0.1334	0.1346
	Ajuste de la Serie	SI	SI	**SI**	**SI**	SI	NO	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI
OYON	Delta Tabular	0.1923	0.1923	**0.1923**	**0.1923**	0.1923		0.1923	0.1923	0.1923	0.1923	0.1923	0.1923	0.1923	0.1923	0.1923	0.1923

Ing. Luis Enrique Benavente Velarde
Jefe de Estudios
C.I.P. 43296

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Marco Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Manuel Jesús Tecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

2310

ESTACIONES	Parámetros Smirnov Kolmogorov	Normal		Log Normal 2P		Log Normal 3P		Gamma 2P		Gamma 3P		Log P Tipo 3		Gumbel		Log Gumbel	
		Momentos		Momentos		Momentos		Momentos		Momentos		Momentos		Momentos		Momentos	
		Ord.	Lin.	Ord.	Lin.	Ord.	Lin.	Ord.	Lin.	Ord.	Lin.	Ord.	Lin.	Ord.	Lin.	Ord.	Lin.
PACCHO	Delta Teórico	0.0852	0.0863	**0.0675**	**0.0673**	0.0806		0.0613	0.1237	0.0728	0.0686	--	0.0894	0.0957	0.0940	0.1360	0.1328
	Ajuste de la Serie	SI	SI	**SI**	**SI**	SI	NO	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI
	Delta Tabular	0.1923	0.1923	**0.1923**	**0.1923**	0.1923		0.1923	0.1923	0.1923	0.1923	0.1923	0.1923	0.1923	0.1923	0.1923	0.1923
	Delta Teórico	0.1217	0.1047	**0.0581**	**0.0516**	0.0836		0.0690	0.1617	--	--	0.0759	0.0550	0.0918	0.0600	0.0962	0.0989
	Ajuste de la Serie	SI	SI	**SI**	**SI**	SI	NO	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI
PACHAMACHAY	Delta Tabular	0.1904	0.1904	**0.1904**	**0.1904**	0.1904		0.1904	0.1904	0.1904	0.1904	0.1904	0.1904	0.1904	0.1904	0.1904	0.1904
	Delta Teórico	0.1105	0.1096	**0.0598**	**0.0592**	0.0683		0.0732	0.1510	--	0.0729	0.0661	0.0648	0.0675	0.0671	0.0988	0.0914
	Ajuste de la Serie	SI	SI	**SI**	**SI**	SI	NO	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
PAMPA LIBRE	Delta Tabular	0.1904	0.1904	**0.1904**	**0.1904**	0.1904		0.1904	0.1904	0.1904	0.1904	0.1904	0.1904	0.1904	0.1904	0.1904	0.1904
	Delta Teórico	0.1209	0.1207	**0.0610**	**0.0562**	0.0607		0.0754	0.1291	0.0634	0.0506	--	--	0.0650	0.0547	0.0992	0.1022
	Ajuste de la Serie	SI	SI	**SI**	**SI**	SI	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI
PARQUIN	Delta Tabular	0.1904	0.1904	0.1904	0.1904	0.1904		0.1904	0.1904	0.1904	0.1904	0.1904	0.1904	0.1904	0.1904	**0.1904**	**0.1904**
	Delta Teórico	0.1957	0.2044	0.1291	0.1322	0.0711		0.1565	0.1857	--	--	--	--	0.1669	0.1342	**0.0667**	**0.0637**
	Ajuste de la Serie	NO	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI	SI	**SI**	**SI**
PICOY	Delta Tabular	0.1923	0.1923	**0.1923**	**0.1923**	0.1923		0.1923	0.1923	0.1923	0.1923	0.1923	0.1923	0.1923	0.1923	0.1923	0.1923
	Delta Teórico	0.1345	0.1358	**0.1315**	**0.1196**	0.1057		0.1120	0.1971	0.1057	--	--	0.1296	0.0990	0.1040	0.1557	0.1485
	Ajuste de la Serie	SI	SI	**SI**	**SI**	SI	NO	SI	NO	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI
YANAHUANCA	Delta Tabular	0.2667	0.2667	**0.2667**	**0.2667**	0.2667		0.2667	0.2667	0.2667	0.2667	0.2667	0.2667	0.2667	0.2667	0.2667	0.2667
	Delta Teórico	0.1289	0.1302	**0.0974**	**0.0949**	0.1074		0.1071	0.1509	0.0974	0.0974	0.1022	0.1011	0.1127	0.1078	0.1333	0.1245
	Ajuste de la Serie	SI	SI	**SI**	**SI**	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

SELECCIONADO

Fuente: Elaboración propia

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Químico de Fluidos
Reg. N°300?

Ing. Marvel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Marvel J. Egos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

5.3 CURVAS IDF Y HIETOGRAMAS

Previamente, las precipitaciones máximas obtenidas en el numeral anterior, se multiplicaron por 1.13 factor correctivo por intervalo fijo de observación (Hershfield, 1961; Hargreaves, 1988).

Para determinar las curvas intensidad-duración-frecuencia de la zona en estudio se han utilizado los siguientes métodos:

- Método IILA-SENAMHI-UNI
- Método de Bell
- Método de Grunsky
- Método de Dick y Peschke
- Método del MTC

5.3.1 Método del IILA-SENAMHI-UNI

Este método se presenta en el "Estudio de la hidrología del Perú" y fue desarrollado por el convenio IILA-SENAMHI-UNI (1983). De acuerdo a este método, la intensidad para una duración t y período de retorno T se determina mediante la siguiente expresión:

$$P_{t,T} = a \cdot (1 + K \cdot logT) \cdot t^{n}$$

$$I_{t,T} = a \cdot (1 + K \cdot logT) \cdot t^{n-1}$$

Donde:

$P_{t,T}$: precipitación de la lluvia para una duración t y un período de retorno T (mm)

$I_{t,T}$: intensidad de la lluvia para una duración t y un período de retorno T (mm/h)

a: parámetro de intensidad (mm)

K: parámetro de frecuencia (adimensional)

n: parámetro de duración (adimensional)

t: duración (h)

T: período de retorno (años)

De acuerdo a la metodología empleada por el IILA, las fórmulas son válidas para $3 \leq t \leq 24$ h

Para t < 3 h las fórmulas correspondientes son:

$$P_{t,T} = a \cdot (1 + K \cdot logT) \cdot (t + b)^{n}$$

$$I_{t,T} = a \cdot (1 + K \cdot logT) \cdot (t + b)^{n-1}$$

Donde:

b: 0.5 h (Costa, Centro y Sur), 0.4 h (Sierra) y 0.2 (Costa Norte y Selva)

Los parámetros a, K y n se obtienen de tablas en función de la zona pluviométrica (ver OS 0.60 Drenaje Pluvial Urbano).

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
C.I.P. 18599

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

5.3.2 Método de Bell

La siguiente expresión representa la lámina de lluvia-duración-frecuencia propuesta por (Bell, 1969):

$$P_t^T = (0.21 \cdot lnT + 0.52) \cdot (0.54 \cdot t^{0.25} - 0.50) \cdot P_{60}^{10}$$

La expresión es válida para 2 años ≤ T ≤ 100 años y 5 min ≤ t ≤ 120 min.

Donde:

P_t^T : lluvia en mm de duración t min y T años de período de retorno

T: período de retorno en años

t: duración de la lluvia en min

P_{60}^{10} : precipitación de una hora y 10 años de período de retorno en mm

5.3.3 Método de Grunsky

La expresión de Grunsky para determinar las curvas IDF es la siguiente:

$$I = I_{24} \cdot \sqrt{\frac{24}{t}}$$

Donde:

I_{24} : intensidad máxima en 24 h

t: duración de la lluvia en h

En la siguiente tabla se adjuntan las intensidades obtenidas con este método.

5.3.4 Método de Dick y Peschke

Para duraciones de lluvia menores a 1 hora, las precipitaciones e intensidades asociadas pueden calcularse mediante la metodología de Dick Peschke (Guevara, 1991) que relaciona la duración de la lluvia con la precipitación máxima en 24 horas mediante la siguiente expresión:

$$P_d = P_{24h} \cdot \left(\frac{d}{1440}\right)^{0.25}$$

Donde:

P_d : precipitación total (mm)

d: duración (min)

P_{24h} : precipitación máxima en 24 horas (mm)

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

5.3.5 Método del MTC

Esté método se recoge en el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (MTC, 2011) para duraciones menores a 1 hora se determinan las intensidades a través del método de Dick

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrología
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

y Peschke. Para duraciones mayores a 1 h se utilizan coeficientes de duración que se multiplican por la precipitación máxima en 24 h.

En la siguiente tabla se adjuntan los coeficientes de duración para lluvias mayores de 1 hora.

Cuadro 5-42: Coeficientes de duración para duraciones mayores a 1 h del método del MTC

Duración (h)	Coeficiente de duración
2	0.31
3	0.38
4	0.44
5	0.50
6	0.56
8	0.64
10	0.73
12	0.79
14	0.83
16	0.87
18	0.90
20	0.93
22	0.97
24	1.00

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (MTC, 2011)

5.3.6 Intensidades de cálculo adoptadas

A continuación, se analizan los métodos utilizados para el cálculo de intensidades y su posible aplicación al estudio.

- Método del IILA-SENAMHI-UNI

  Es un estudio regional presentado en el año 1983, por lo que no tiene en cuenta los Fenómenos del Niño y Niño Costero de los años 1998 y 2017. Además, este método para duraciones mayores de 18 h genera intensidades menores que las de 24 h obtenidas mediante el ajuste estadístico de las series de precipitaciones. Por lo tanto, se descarta su aplicación al presente estudio.

- Método de Bell

  El método es válido para duraciones hasta de 2 h. Dado que tanto para el cálculo de caudales de toda la ciudad como de las quebradas es necesario un hietograma de mayor duración, se descarta la aplicación de este método al presente estudio.

- Método de Grunsky

  El método es válido para tanto para pequeñas duraciones como grandes duraciones de aguacero, y depende de la precipitación en 24 h calculada mediante el ajuste estadístico de las series de precipitación máxima en 24 h actualizadas. Por tanto, es un método adecuado para su aplicación en el estudio.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

- Método de Dick y Peschke

  El método es válido para duraciones hasta de 1 h. Dado que tanto para el cálculo de caudales de toda la ciudad como de las quebradas es necesario un hietograma de mayor duración, se descarta la aplicación de este método al presente estudio.

- Método del MTC

  Es una combinación del método de Dick y Peschke para duraciones hasta de 1 h y aplicación de coeficientes de duración a las precipitaciones máximas en 24 h. El método es válido para tanto para pequeñas duraciones como grandes duraciones de aguacero, y depende de la precipitación en 24 h calculada mediante el ajuste estadístico de las series de precipitación máxima en 24 h actualizadas. Por tanto, es un método adecuado para su aplicación en el estudio.

Resultan aplicables al presente estudio los métodos de Grunsky y MTC.

El método del MTC tiene unas intensidades excesivas para duraciones cortas. Esto es debido a que dichas intensidades se generan mediante la fórmula de Dick y Peschke. Para duraciones mayores el método del MTC se aproxima a las intensidades del método de Grunsky.

Por tanto, se descarta el método del MTC porque genera unas intensidades demasiado elevadas para duraciones cortas.

- Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transportes y comunicaciones

  En nuestro país debido a la escasa cantidad de pluviógrafos con que se cuenta. difícilmente pueden elaborarse las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia. Ordinariamente solo se cuentan con lluvias máximas en 24 horas. por lo que el valor de la intensidad de la precipitación pluvial máxima generalmente se estima a partir de la precipitación máxima en 24 horas. multiplicada por un coeficiente de duración; para el presente estudio se ha tomado los coeficientes de duración entre 1 hora y 24 horas. recomendados por "El Manual de Hidrología. Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014)" siendo los siguientes:

Cuadro 5-43: Coeficientes de duración de lluvia entre 48 horas y 1 hora

DURACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN EN HORAS	COEFICIENTE
1	0.25
2	0.31
3	0.38
4	0.44
5	0.50
6	0.56
8	0.64
10	0.73
12	0.79
14	0.83
16	0.87

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR ME
REPRESENTANTE LEGA

DURACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN EN HORAS	COEFICIENTE
18	0.90
20	0.93
22	0.97
24	1.00

Fuente: Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de bajo volumen de Tránsito

La representación matemática de las curvas intensidad. duración y periodo de retorno. puede expresarse de la manera siguiente:

$$I = \frac{KT^m}{t^n}$$

En la cual:

I : Intensidad (mm/hr)

t: Duración de la lluvia (min).

T: Periodo de retorno (años).

K. m. n: Parámetros de ajuste; los mismos que son obtenidos con ecuaciones de regresión logarítmica.

Por lo tanto, se selecciona este método por estar más acorde a las características de lluvia de la zona, con una duración de la precipitación de 24 horas. A continuación, se presentan las curvas de intensidad-duración-periodo de retorno, por cada estación, siendo las siguientes:

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

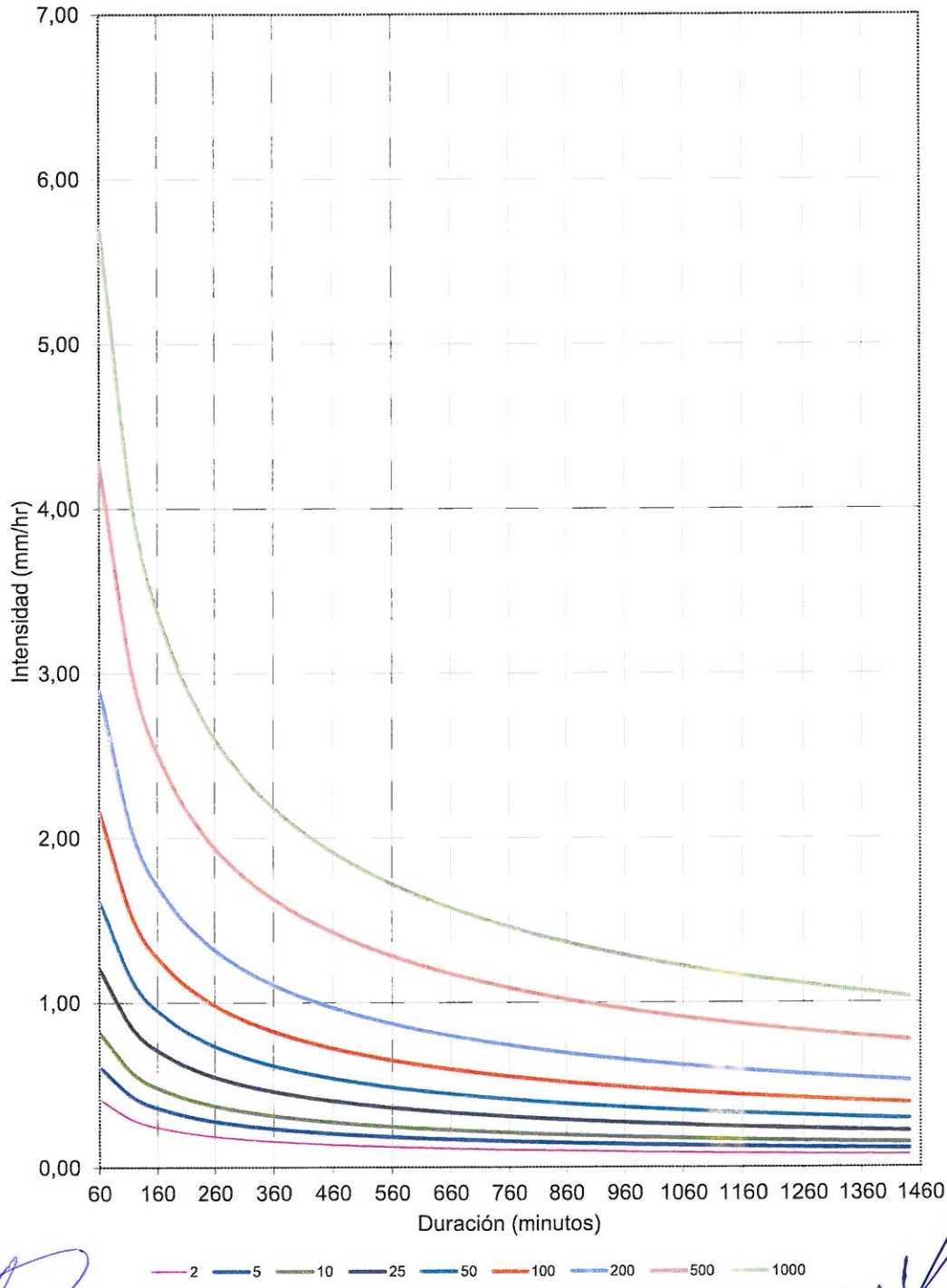
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 33: Curvas de Intensidad de la Estación Alcantarilla



Fuente: Elaboración propia.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

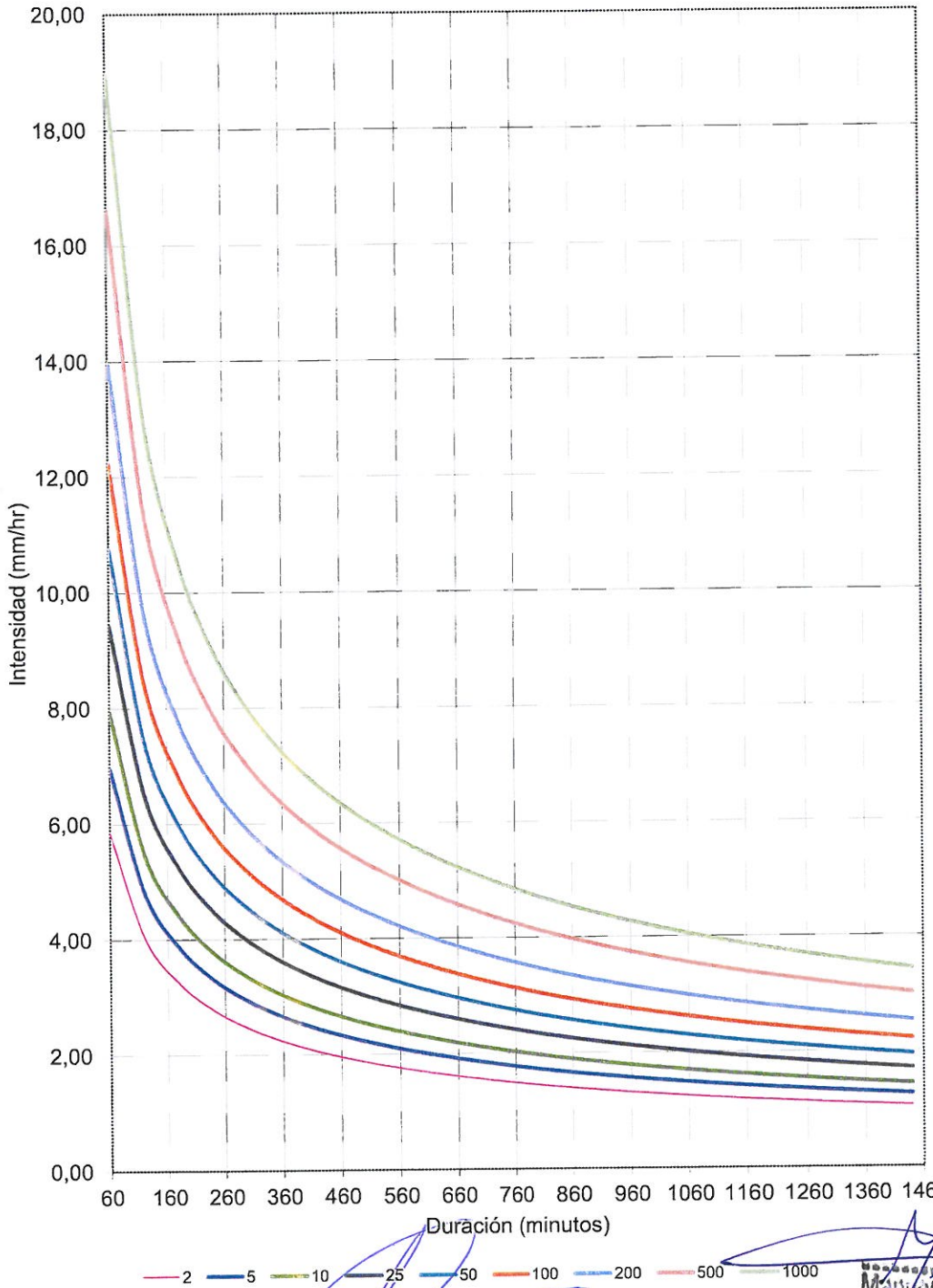
Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 34: Curvas de Intensidad de la Estación Ambar



Fuente: Elaboración propia.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Manuel J. Ecos Vásquez
Gerente Técnico Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

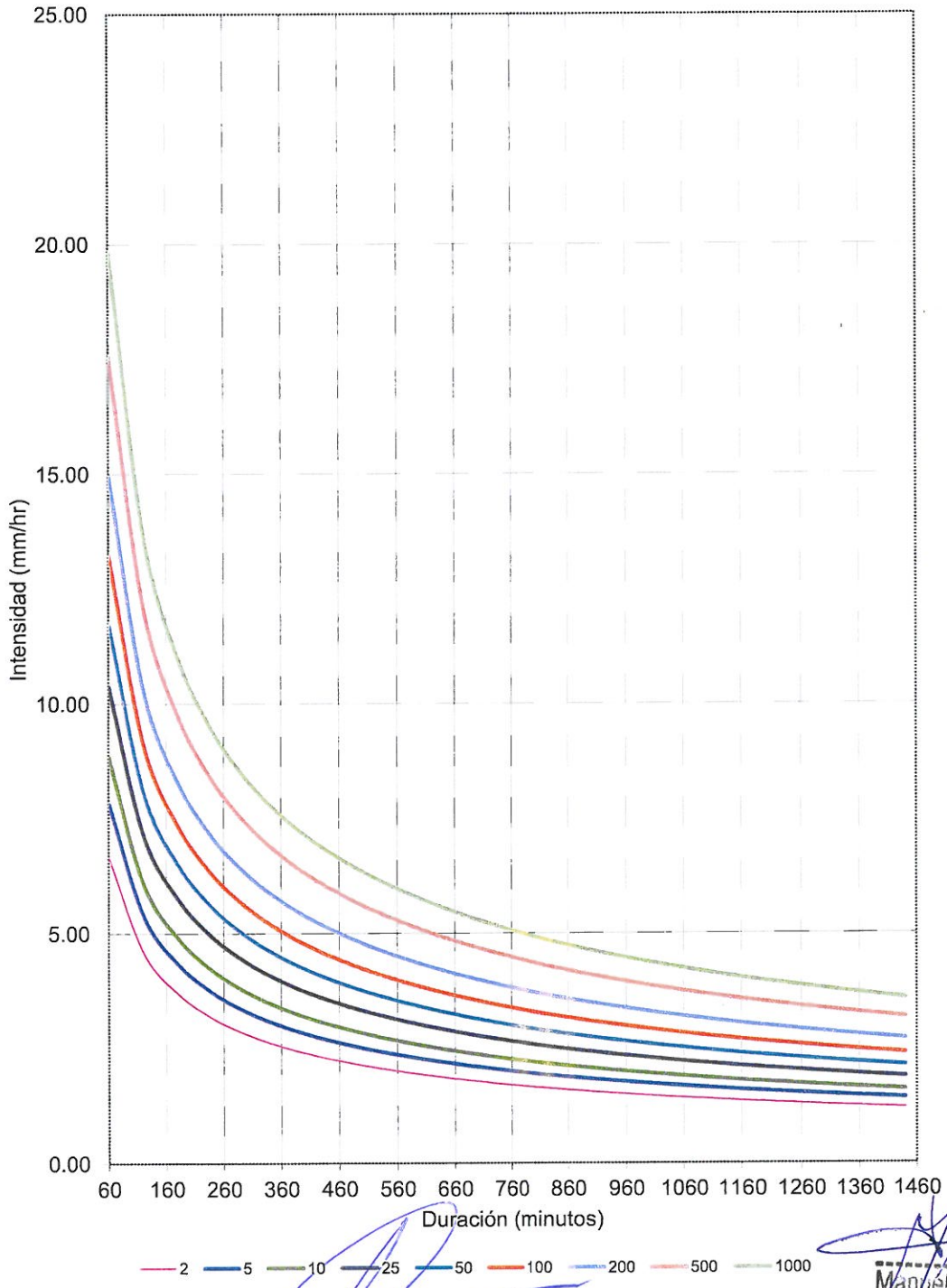
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcial Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrología
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 35: Curvas de Intensidad de la Estación Andajes



Fuente: Elaboración propia.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

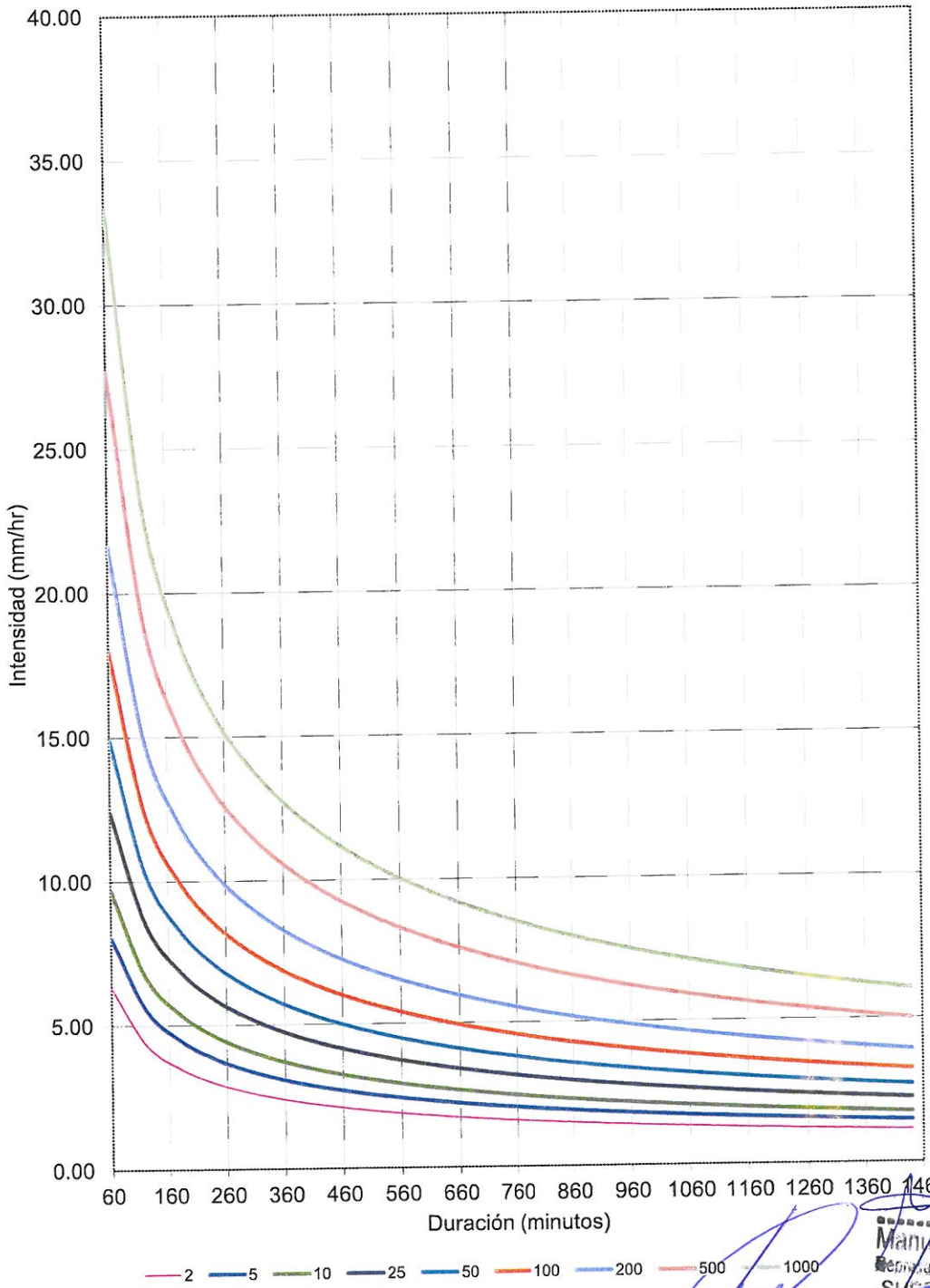
Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 36: Curvas de Intensidad de la Estación Carhuacayan



Fuente: Elaboración propia.

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

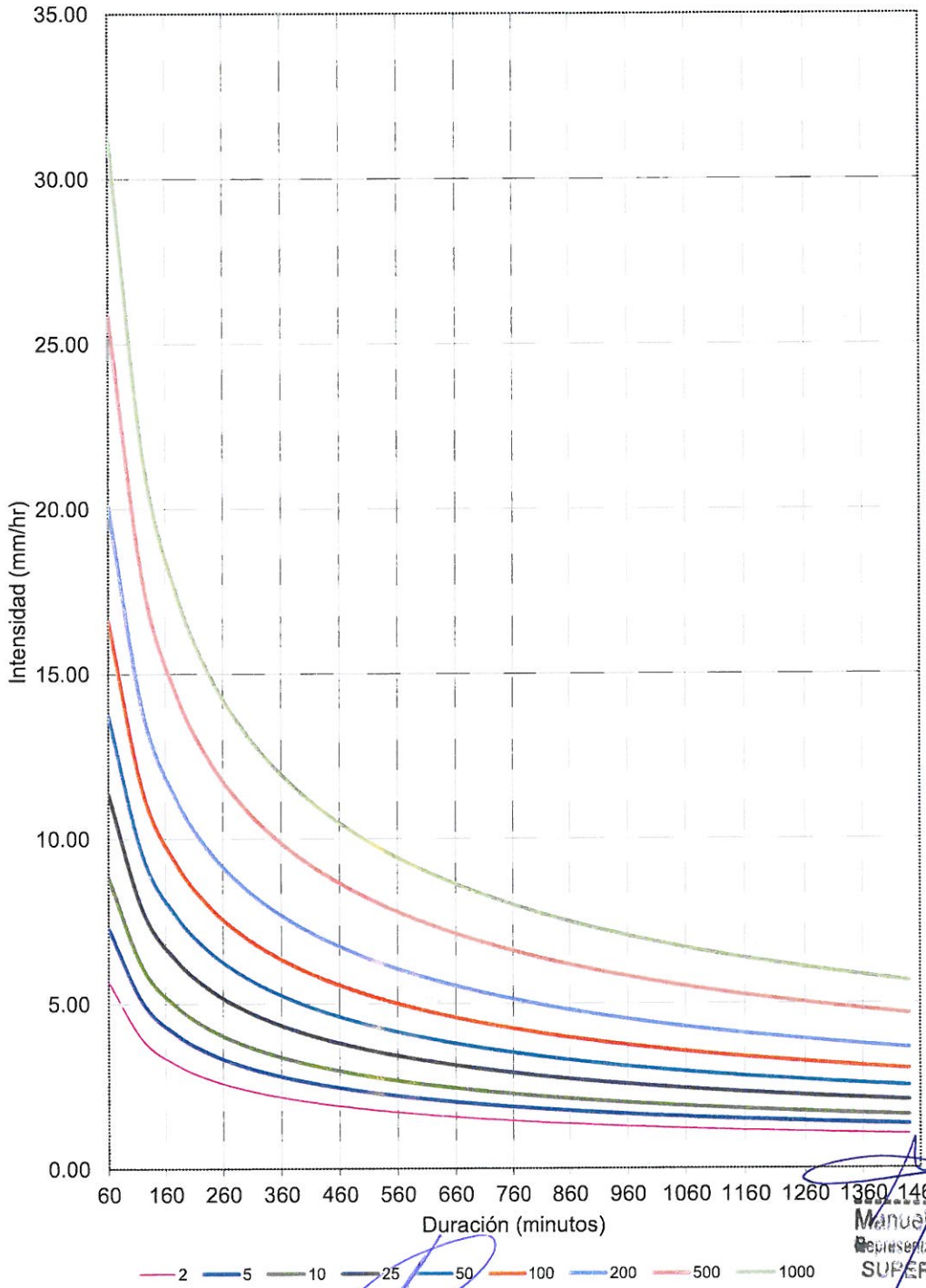
ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53099

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZ
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 37: Curvas de Intensidad de la Estación Gorgor



Fuente: Elaboración propia.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

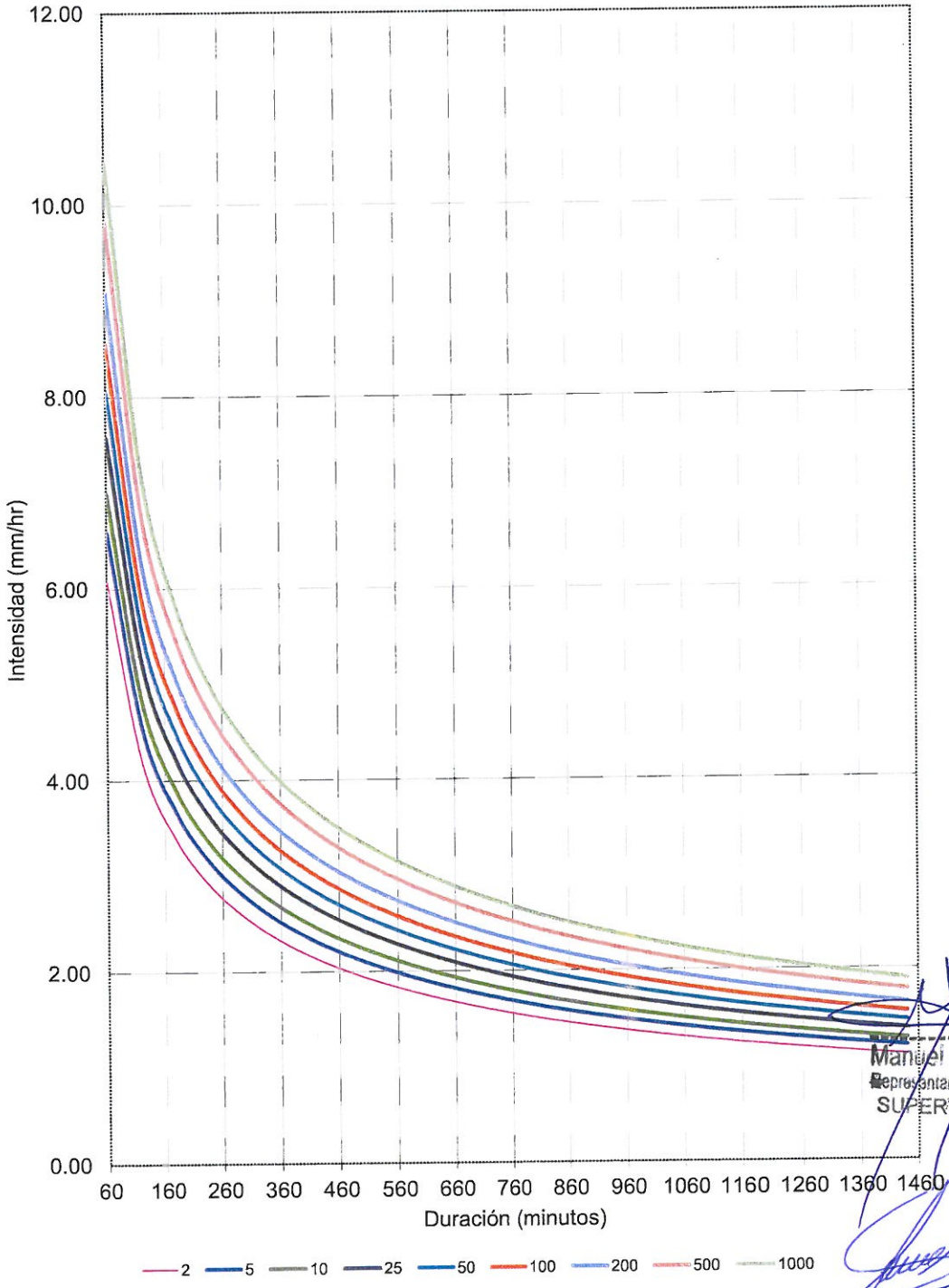
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 38: Curvas de Intensidad de la Estación Laguna Surasaca



Fuente: Elaboración propia.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

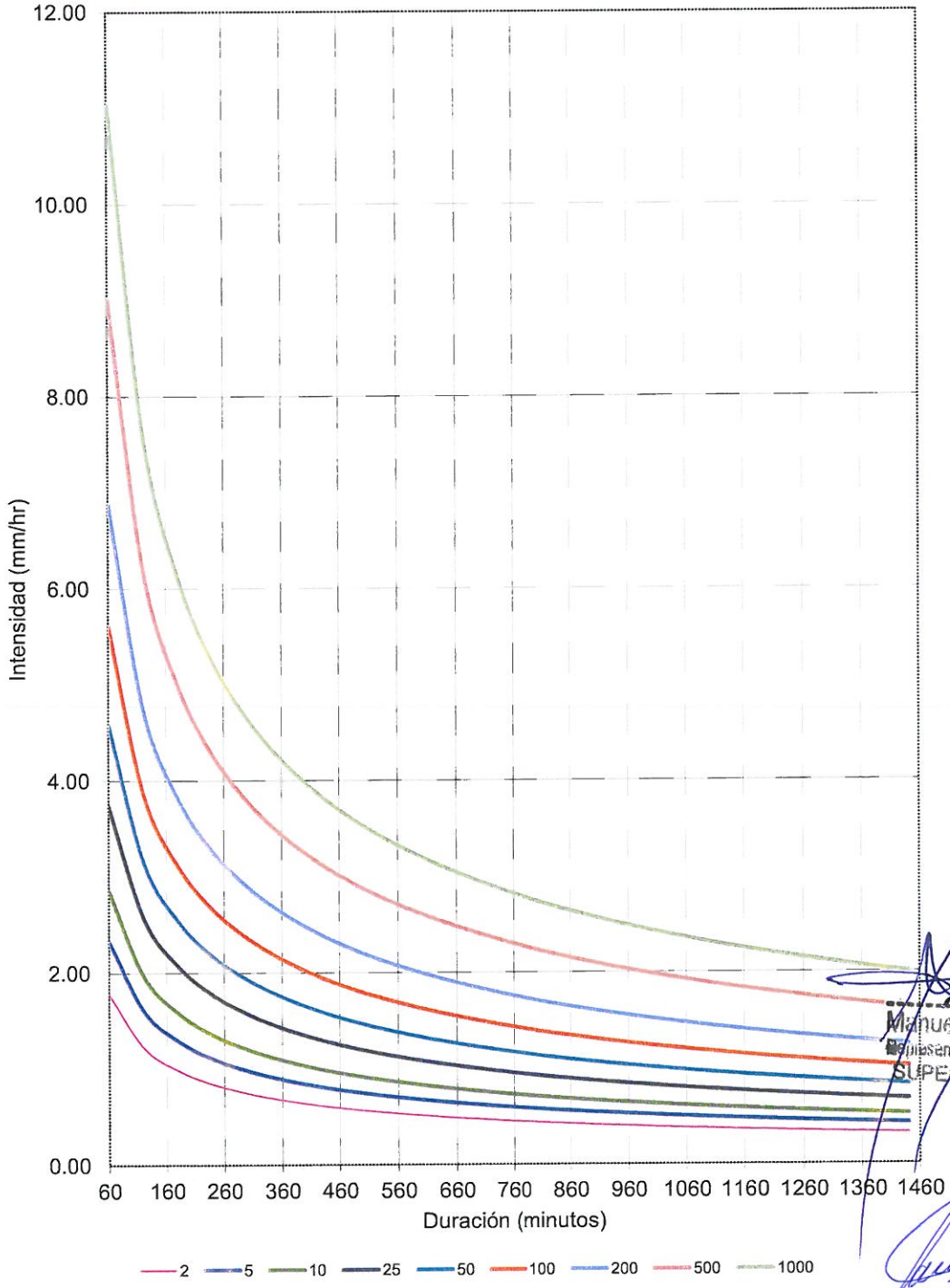
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 39: Curvas de Intensidad de la Estación Lomas de Lachay



Fuente: Elaboración propia.

Manuel J. Esos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

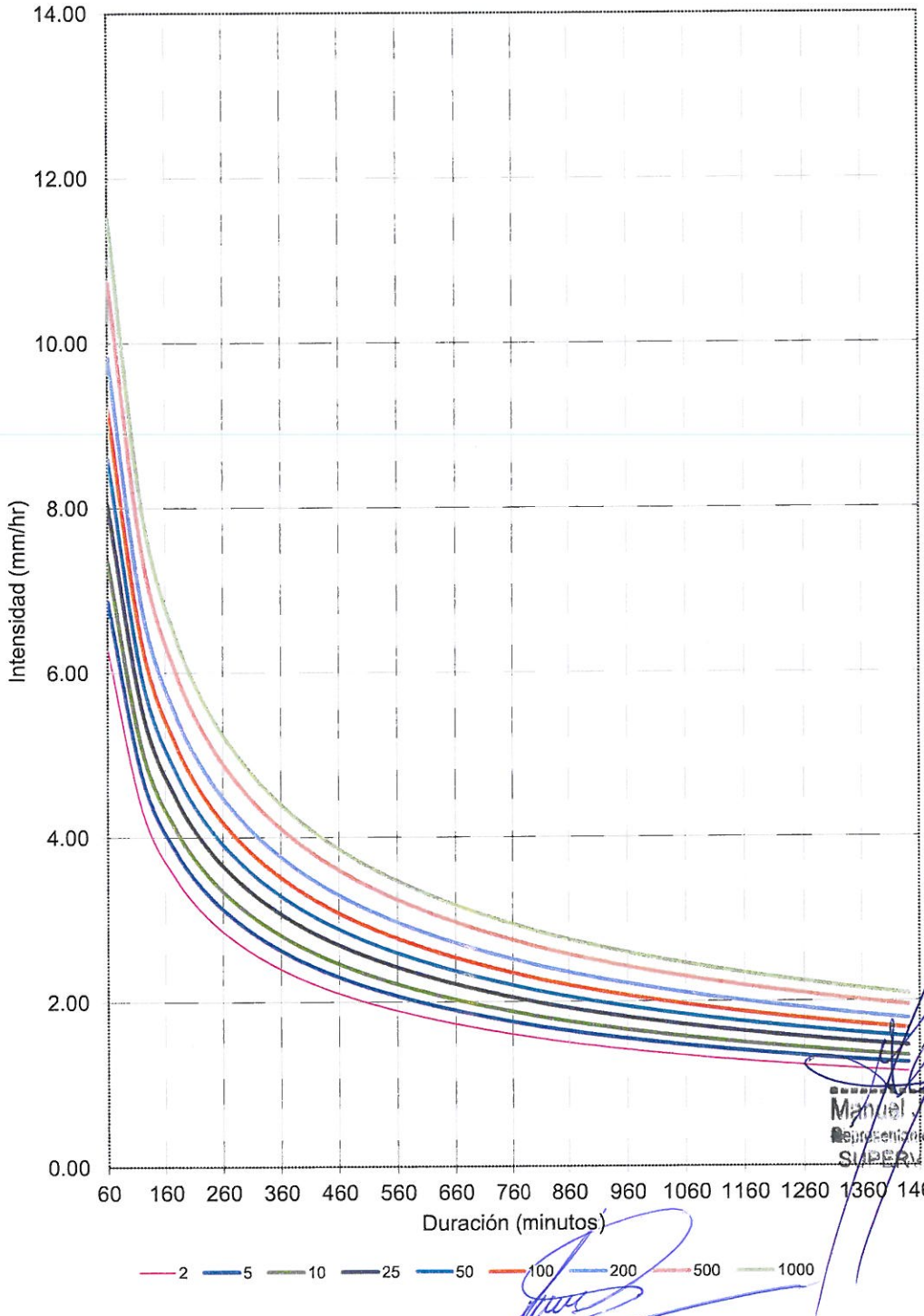
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrología
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 40: Curvas de Intensidad de la Estación Oyón



Fuente: Elaboración propia.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

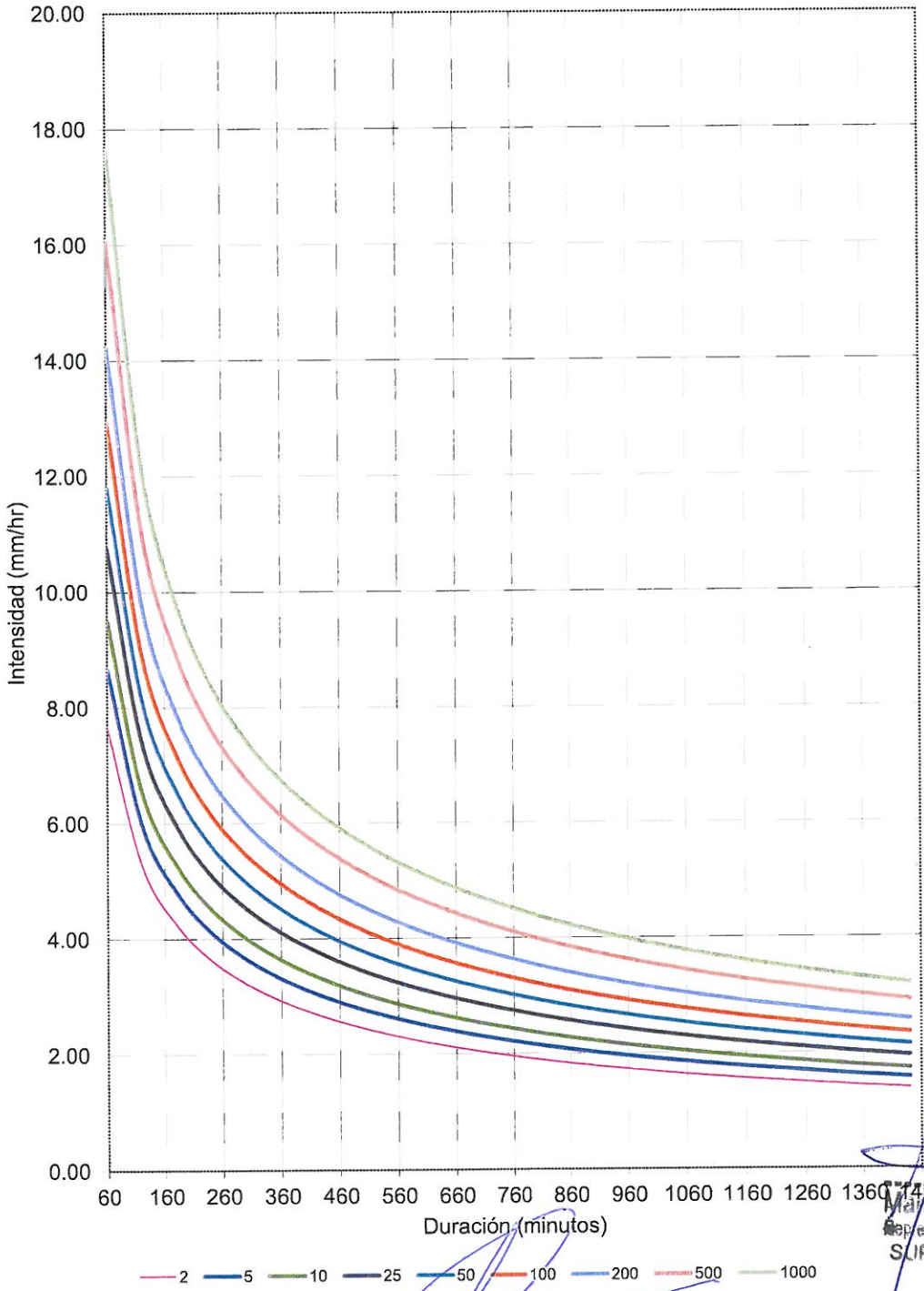
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 41: Curvas de Intensidad de la Estación Paccho



Fuente: Elaboración propia.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

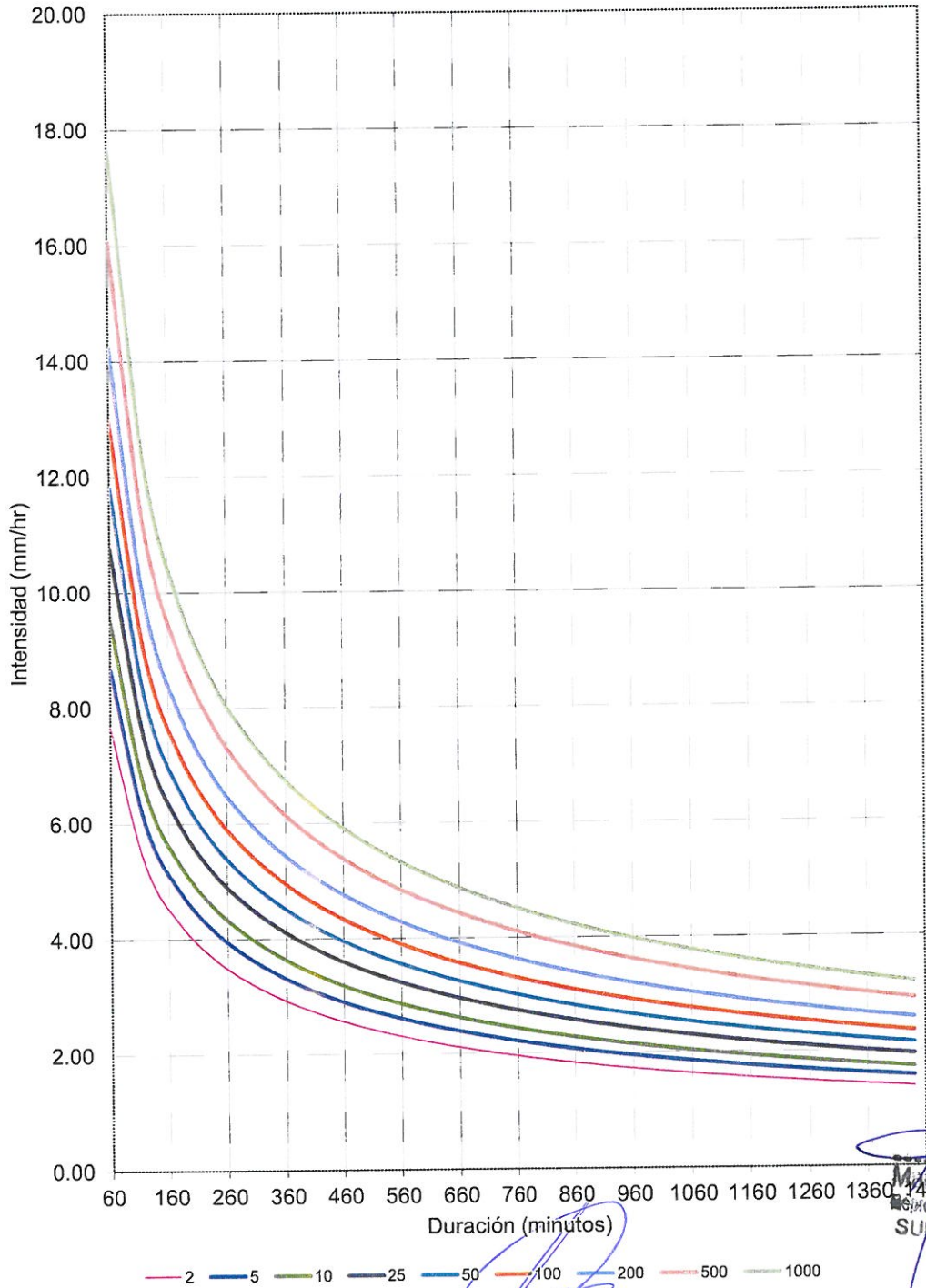
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrología
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 42: Curvas de Intensidad de la Estación Pachamachay



Fuente: Elaboración propia.

Manuel J. Ríos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

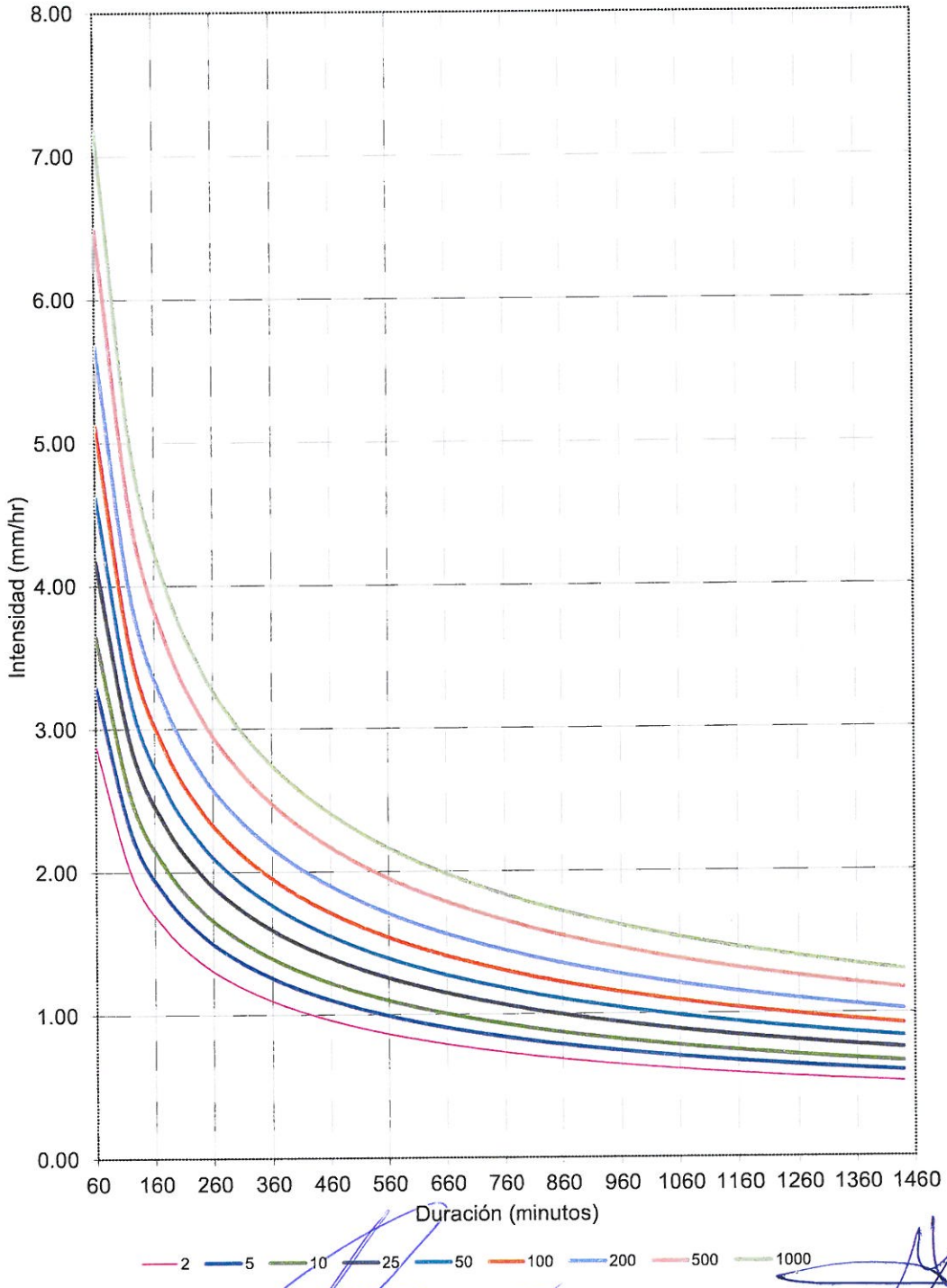
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcial Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 43: Curvas de Intensidad de la Estación Pampa Libre



Fuente: Elaboración propia.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

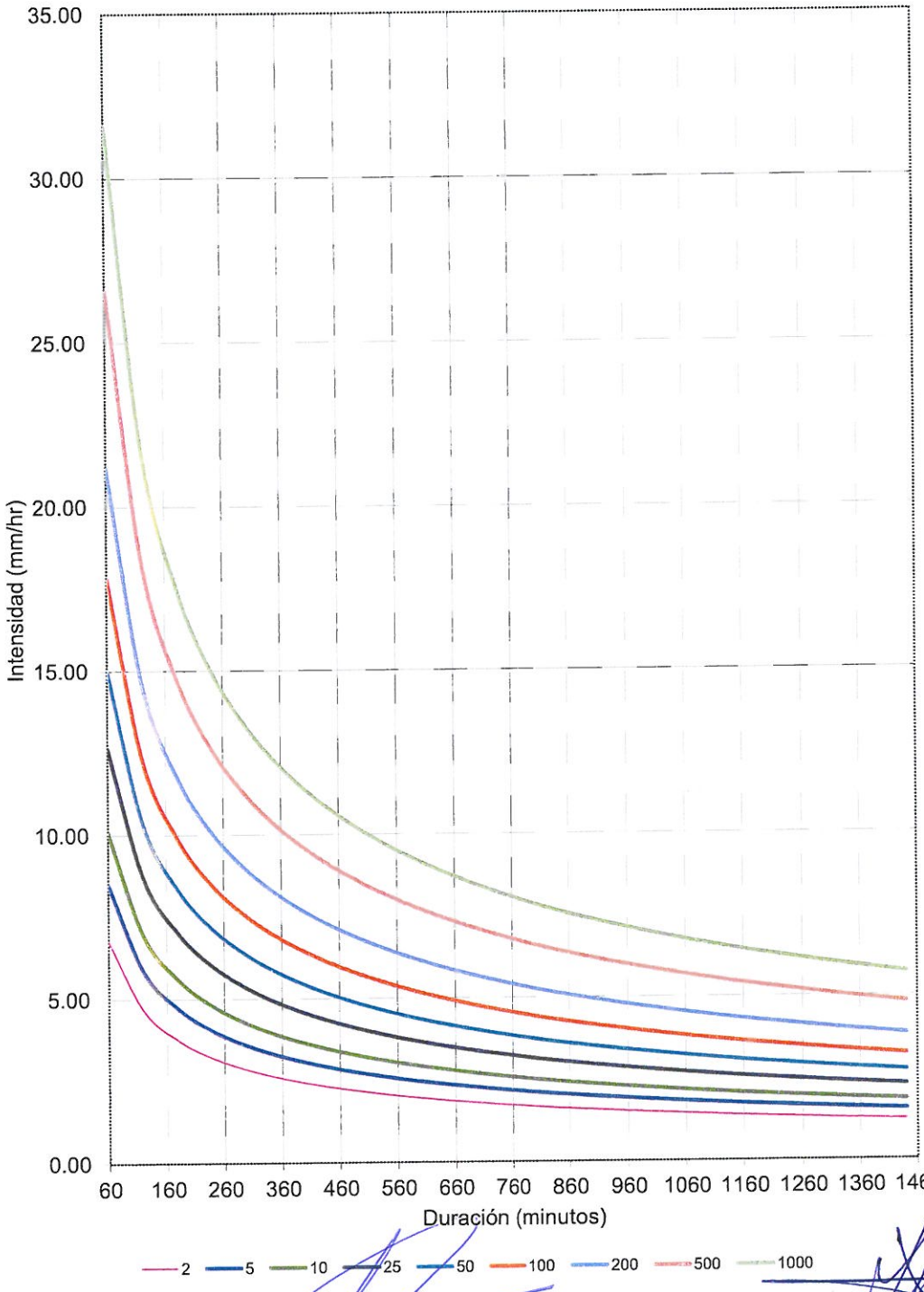
Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISION HUAURA

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZ
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 44: Curvas de Intensidad de la Estación Parquin



Fuente: Elaboración propia.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

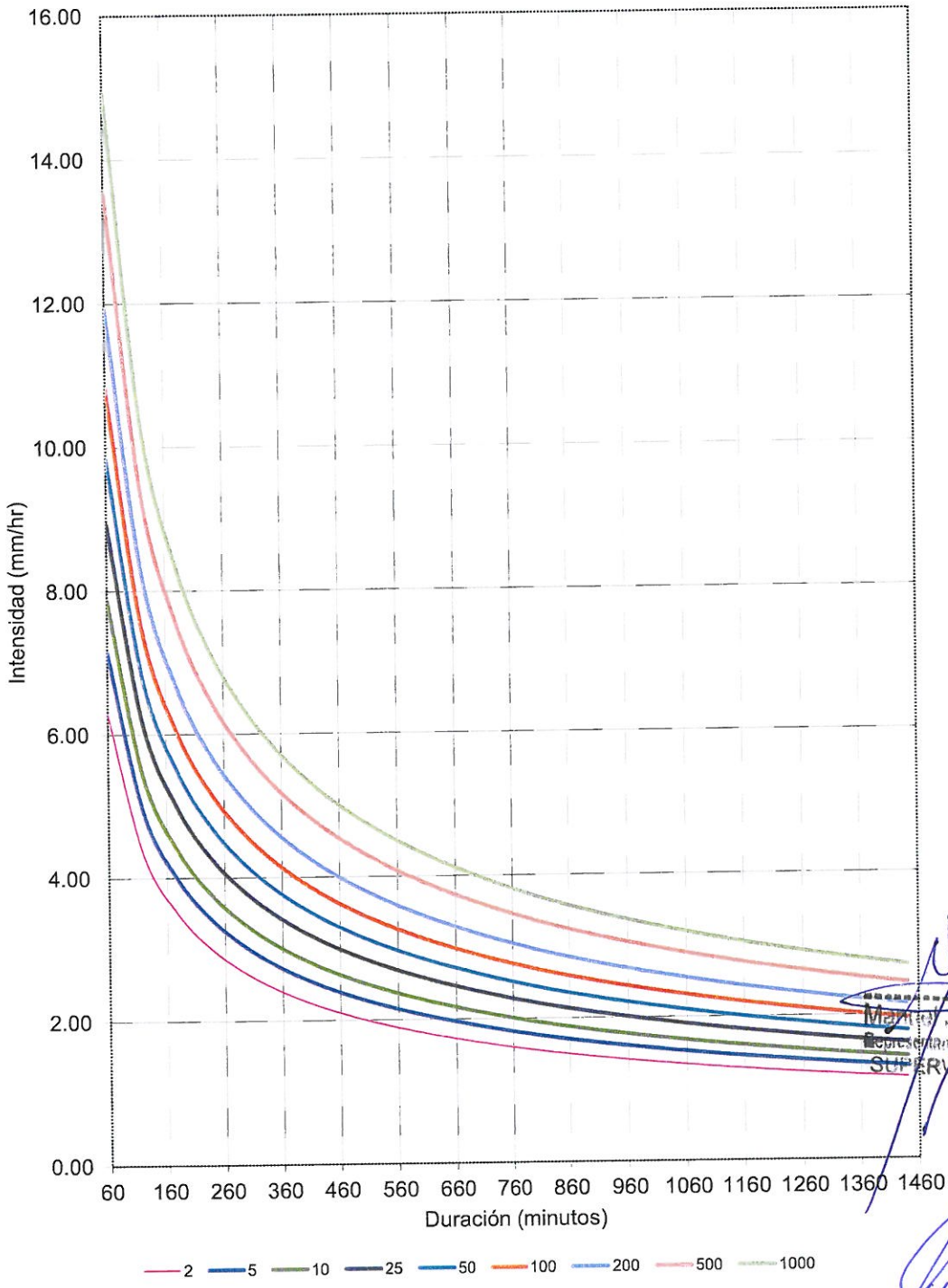
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marco Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR ME
REPRESENTANTE LEGA

Figura 45: Curvas de Intensidad de la Estación Picoy



Fuente: Elaboración propia.

Marcel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

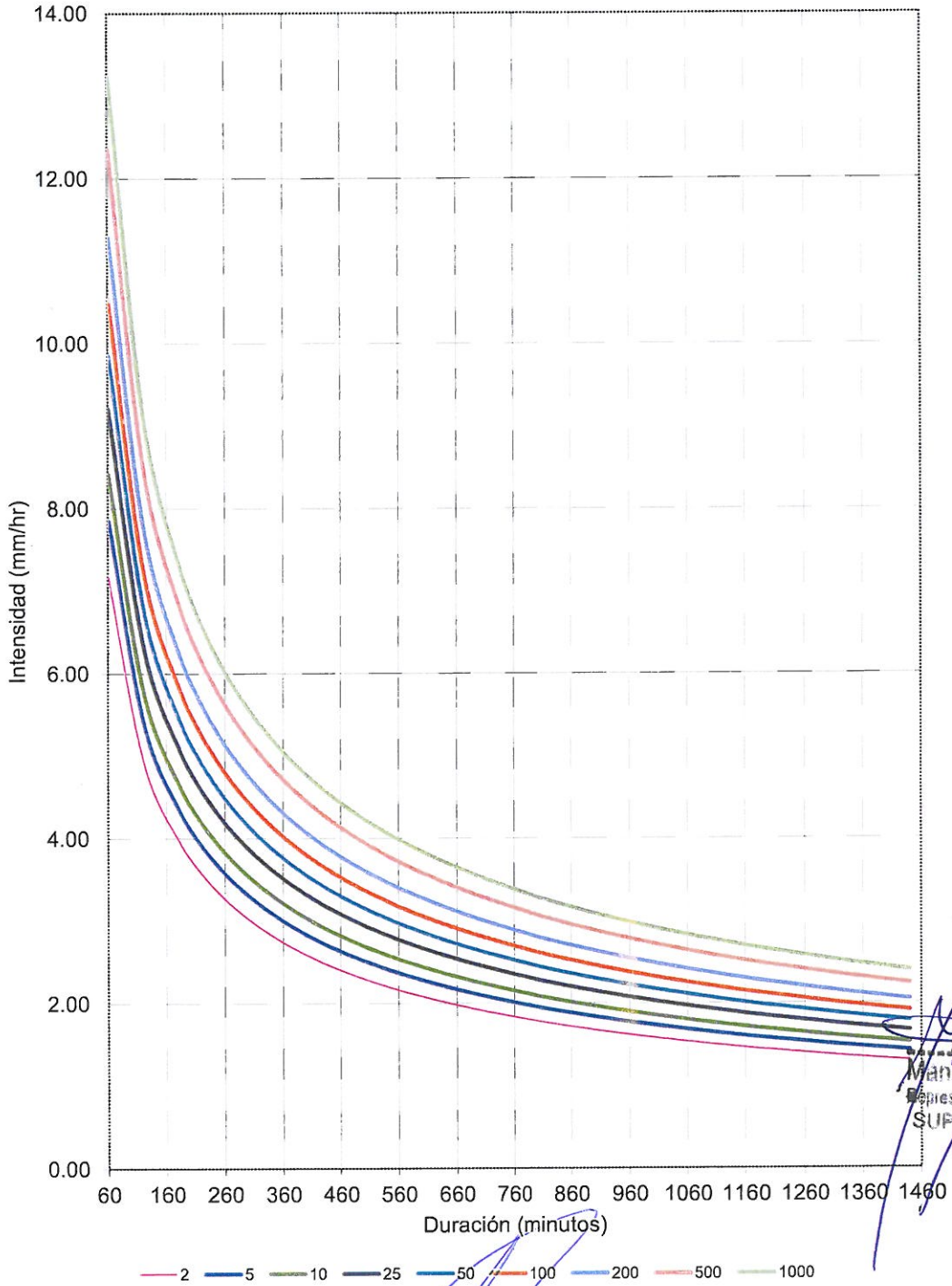
ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 46: Curvas de Intensidad de la Estación Yanahuanca



Fuente: Elaboración propia.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

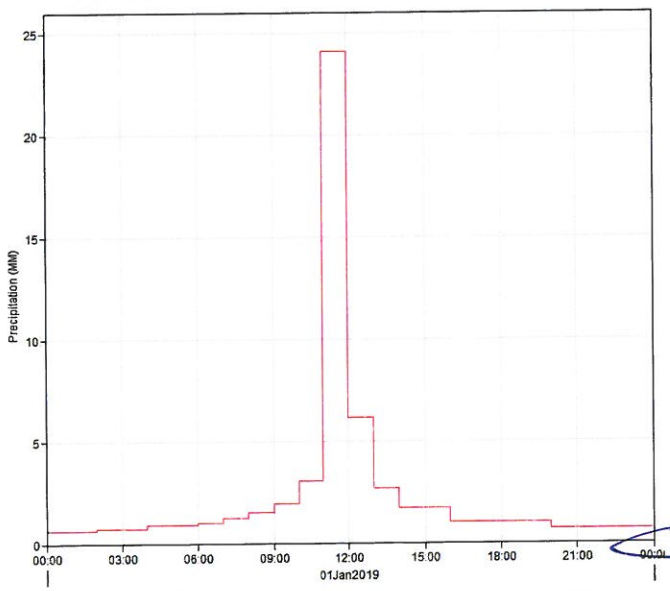
Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcial Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrología
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Los métodos de diseño desarrollados recientemente. utilizan el análisis de flujo no permanente. para lo cual se requiere de predicciones confiables del hietograma de diseño para obtener los hidrogramas de diseño.

Se ha utilizado el Método del Bloque Alterno que en una forma simple y conveniente para construir el hietograma de diseño utilizando una curva de intensidad-duración-frecuencia. El hietograma de diseño producido por este método específica la profundidad de precipitación que ocurre en n intervalos de tiempos sucesivos de duración Δt sobre una duración total de Td = nΔt. Después de seleccionar el periodo de retorno de diseño. la intensidad es leída en una curva IDF para cada una de las duraciones Δt. 2Δt. 3Δt.... Y la profundidad de precipitación correspondiente se encuentra al multiplicar la intensidad y la duración. Tomando diferencias entre valores sucesivos de profundidad de precipitación. se encuentra la cantidad de precipitación que debe añadirse por cada unidad adicional de tiempo Δt. Estos incrementos o bloques se reordenan en una secuencia temporal de modo que la intensidad máxima ocurra en el centro de la duración requerida Td y que los demás bloques queden en orden descendente alternativamente hacia la derecha y hacia la izquierda del bloque central para formar el hietograma de diseño.



Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Finalmente se obtienen los hietogramas correspondientes a los periodos de retorno de 2 años. 5 años. 10 años. 25 años. 50 años. 100 años. 200 años. 500 años y 1000 años en las 61 microcuencas analizadas mediante los pesos de polígono de Thiessen que es el siguiente:

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

CONSORCIO CONSULTOR CUENCA DE RÍO HUAURA

Euroconsult Proes NEXO

MICRO CUENCA	ALCANTARILLA	AMBAR	ANDAJES	GORGOR	LAGUNA SURASACA	OYON	PACCHO	PACHAMACHAY	PAMPA_LIBRE	PARQUIN	PICOY	TOTAL
W1000										100.00		100.00
W1010										100.00		100.00
W1020							75.65	24.35				100.00
W1030							97.90		2.10			100.00
W1040	89.86	10.14										100.00
W1050							35.39	58.31	6.30			100.00
W1060	37.48	62.52										100.00
W1070	100.00											100.00
W1080							6.74	84.72		8.53	0.00	100.00
W1090	100.00											100.00
W1100		22.64					26.52	17.87	32.96			100.00
W1110	100.00											100.00
W1120	100.00											100.00
W1130								100.00				100.00
W1140	69.71	2.44					0.36	27.49				100.00
W1150								100.00				100.00
W1160								100.00				100.00
W1170								100.00				100.00
W1180								100.00				100.00
W1190								100.00				100.00
W1200								100.00				100.00
W1210								100.00				100.00
W1220								100.00				100.00
W620					91.84	8.16						100.00
W630					76.38	23.62						100.00
W640						100.00						100.00
W650						100.00						100.00
W660						100.00						100.00
W670						100.00						100.00
W680						99.40					0.60	100.00
W690						100.00						100.00
W700			26.29			73.71						100.00
W710			68.86			31.14						100.00
W720			100.00									100.00
W730			49.06	20.45					30.49			100.00
W740			55.31			44.67					0.01	100.00
W750			100.00									100.00
W760			100.00									100.00
W770			100.00									100.00
W780						11.89					88.11	100.00
W790			23.60			10.18					66.21	100.00
W800				12.40					87.60			100.00
W810		45.41		11.53					43.06			100.00
W820			0.36	6.46					93.17			100.00
W830			18.36				4.51		77.13			100.00
W840			45.17				50.26		3.59		0.98	100.00

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Marcial Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

MICRO CUENCA	ALCANTARILLA	AMBAR	ANDAJES	GORGOR	LAGUNA SURASACA	OYON	PACCHO	PACHAMACHAY	PAMPA_LIBRE	PARQUIN	PICOY	TOTAL
W850									100.00			100.00
W860										9.14	90.86	100.00
W870									100.00			100.00
W880										4.36	95.64	100.00
W890											100.00	100.00
W900		4.84					14.60		80.55			100.00
W910							20.03		79.97			100.00
W920							89.70		10.30			100.00
W930							29.25			0.16	70.59	100.00
W940										86.86	13.14	100.00
W950									100.00			100.00
W960							47.16		52.84			100.00
W970										75.36	24.64	100.00
W980										44.25	55.75	100.00
W990										55.93	44.07	100.00

5.4 PRECIPITACIÓN MÁXIMA AREAL DE LAS MICROCUENCA

A partir de las lluvias máximas diarias en los pluviómetros de cada estación analizada, es posible calcular la precipitación areal máxima de cada microcuenca y por ende sus respectivas intensidades de las 61 microcuencas analizadas.

La precipitación varía temporalmente y también espacialmente. La variación temporal se representa como volumen mediante el pluviograma (mm) y como intensidades mediante el hietograma (mm/h). En cuanto a la distribución espacial, es probable que la precipitación registrada durante un mismo evento de lluvia en dos estaciones sea diferente. Generalmente es necesario determinar el promedio espacial de lluvia en una sub/cuenca, para lo cual existen diversos métodos, entre los cuales destacamos los siguientes cuatro: 1) media aritmética; 2) polígonos Thiessen; 3) Isoyetas; e 4) Inverso de la distancia. Se utilizó el segundo método para fines del presente estudio, a continuación, se describe el método seleccionado.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

5.4.1 Método de Thiessen mejorado

El método clásico de Thiessen, se puede mejorar asignándole un peso a cada estación, de modo que la precipitación media máxima para periodos de retorno de interés en la zona de estudio, se evalúa en la forma simple:

$$P = \sum P_i . W_i$$

donde:

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISION
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

P = Precipitación media máxima en la zona de interés, para un periodo de retorno dado, en lámina de agua (mm).

Pi = Precipitación máxima en cada estación, para un periodo de retorno dado (mm).

Wi = El peso de cada estación.

Se halla la precipitación sobre cada polígono, operando con las isoyetas, mediante la siguiente relación:

$$h = \sum h_m . \frac{A}{A_T}$$

donde:

hm = Precipitación media máxima entre isoyetas.

A = Área comprendida entre isoyetas.

AT = Área del polígono.

El peso de cada estación se determina con la siguiente relación:

$$W_i = \frac{\text{Precip. sobre el poligono}}{\text{Precip. en la estación}} x \text{ Relación de áreas}$$

El polígono de Thiessen se muestra en la Figura 47 y los pesos obtenidos se muestra en el Cuadro 5.44.

Cuadro 5-44: Pesos obtenidos de cada microcuenca del río Huaura

MICRO CUENCA	ALCANTARILLA	AMBAR	ANDAJES	GORGOR	LAGUNA SURASACA	OYON	PACCHO	PACHAMACHAY	PAMPA_LIBRE	PARQUIN	PICOY	TOTAL
W1000										100,00		100,00
W1010										100,00		100,00
W1020							75,65	24,35				100,00
W1030							97,90		2,10			100,00
W1040	89,86	10,14										100,00
W1050							35,39	58,31	6,30			100,00
W1060	37,48	62,52										100,00
W1070	100,00											100,00
W1080							6,74	84,72		8,53	0,00	100,00
W1090	100,00											100,00
W1100		22,64					26,52	17,87	32,96			100,00
W1110	100,00											100,00
W1120	100,00											100,00
W1130								100,00				100,00
W1140	69,71	2,44					0,36	27,49				100,00
W1150								100,00				100,00
W1160								100,00				100,00

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR ME
REPRESENTANTE LEG

MICRO CUENCA	ALCANTARILLA	AMBAR	ANDAJES	GORGOR	LAGUNA SURASACA	OYON	PACCHO	PACHAMACHAY	PAMPA_LIBRE	PARQUIN	PICOY	TOTAL
W1170								100,00				100,00
W1180								100,00				100,00
W1190								100,00				100,00
W1200								100,00				100,00
W1210								100,00				100,00
W1220								100,00				100,00
W620					91,84	8,16						100,00
W630					76,38	23,62						100,00
W640						100,00						100,00
W650						100,00						100,00
W660						100,00						100,00
W670						100,00						100,00
W680						99,40					0,60	100,00
W690						100,00						100,00
W700			26,29			73,71						100,00
W710			68,86			31,14						100,00
W720			100,00									100,00
W730			49,06	20,45					30,49			100,00
W740			55,31			44,67					0,01	100,00
W750			100,00									100,00
W760			100,00									100,00
W770			100,00									100,00
W780						11,89					88,11	100,00
W790			23,60			10,18					66,21	100,00
W800				12,40					87,60			100,00
W810		45,41		11,53					43,06			100,00
W820			0,36	6,46					93,17			100,00
W830			18,36				4,51		77,13			100,00
W840			45,17				50,26		3,59		0,98	100,00
W850									100,00			100,00
W860										9,14	90,86	100,00
W870									100,00			100,00
W880										4,36	95,64	100,00
W890											100,00	100,00
W900		4,84					14,60		80,55			100,00
W910							20,03		79,97			100,00
W920							89,70		10,30			100,00
W930							29,25			0,16	70,59	100,00
W940										86,86	13,14	100,00
W950									100,00			100,00
W960							47,16		52,84			100,00
W970										75,36	24,64	100,00
W980										44,25	55,75	100,00
W990										55,93	44,07	100,00

Fuente: Elaboración propia

ING. CARLOS ALBERTO AGUILAR CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Manuel J. Ecos Vasquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

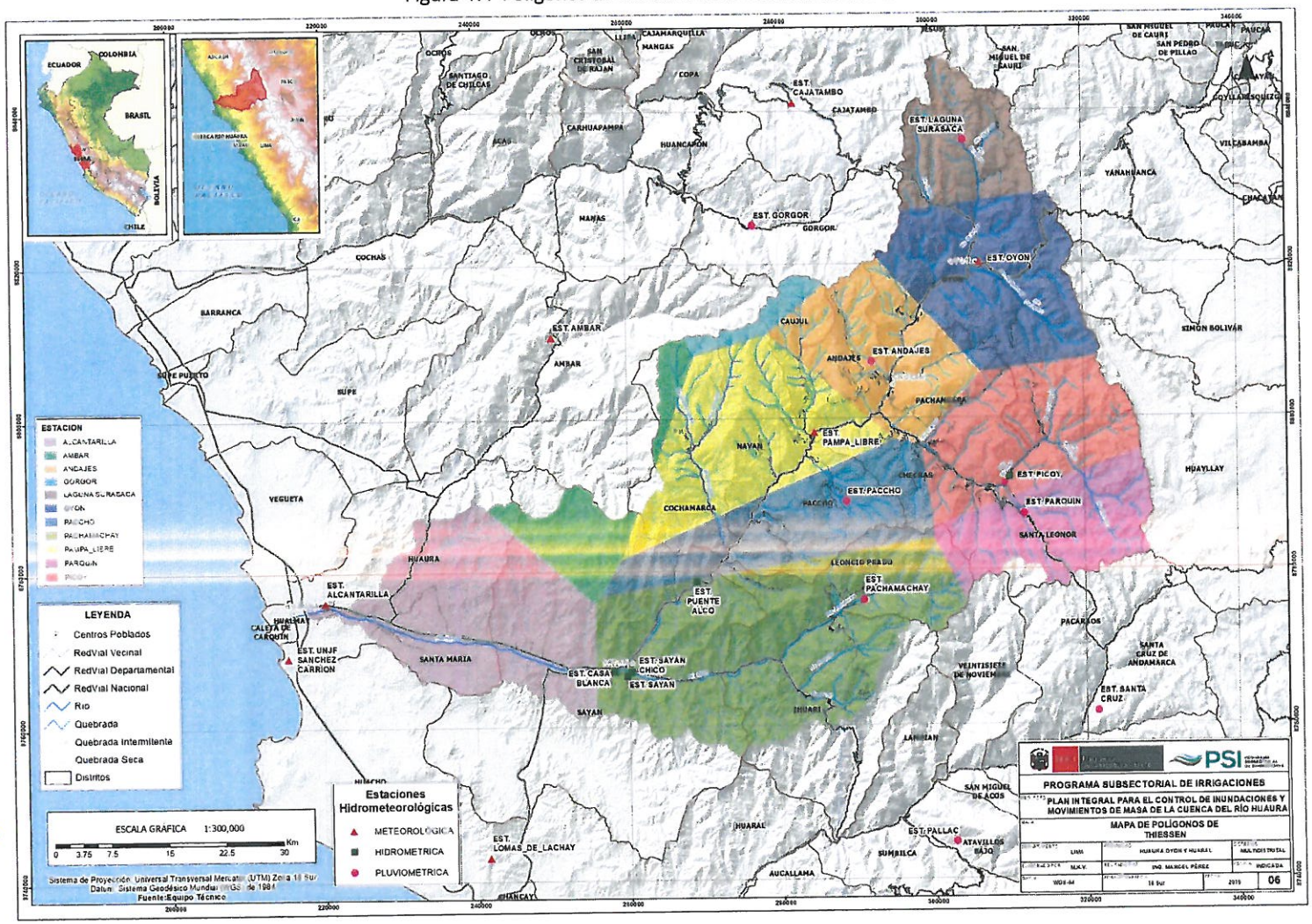
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 47: Polígonos de Thiessen de la Cuenca del Río Huaura



Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP No. 53959

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZ
REPRESENTANTE

2284

6 ANÁLISIS HIDROMÉTRICO

El desarrollo del análisis hidrométrico en la cuenca del río Huaura tiene en cuenta la identificación y el análisis de toda la información hidrométrica disponible y existente, con el fin de obtener información de relevancia para conocer y modelizar de la mejor forma el comportamiento hidrológico de la cuenca del río Huaura.

Se han identificado 05 estaciones de aforo con registro histórico, de las cuales 03 de ellas se encuentran fuera de servicio debido a las recurrentes avenidas e inundaciones que produjeron daños en las mismas. La gestión de la red de estaciones de aforo está a cargo de la Junta de Usuarios del Sector Hidráulico Huaura y del SENAMHI. La información empleada en el presente estudio ha sido proporcionada por la ANA y el SENAMHI.

Actualmente, muchas de las estaciones se encuentran inoperativas al quedar destruidas por sucesivas avenidas, como por ejemplo la estación Sayán no estuvo operativa durante del 01 enero de 1981 al 31 agosto de 2012.

La información hidrométrica se ha organizado, depurado y tratado con el fin de poder entender y discriminar la información valiosa.

6.1 RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DISPONIBLE

6.1.1 Estación Hidrométrica Sayán

6.1.1.1 Descargas diarias promedio

La medición de los caudales del río Huaura se realiza a través de la estación hidrométrica "Sayán" que es operado por el SENAMHI; para el presente estudio se adquirió el registro de caudales promedios diarios del periodo 01-ene-1964 al 31-dic-2018 (ver Anexo 1.1), sin embargo, existe un periodo vació significativo comprendido entre 01-ene-1981 al 31-ago-2012, que no fue registrado. Cabe precisar que la información obtenida ha sido determinante para calibrar el modelo hidrológico en Hec-Hms del proyecto y consecuentemente la generación de las disponibilidades en las secciones de interés de la cuenca del río Huaura.

Los resultados obtenidos en la estación "Sayán", son los siguientes:

- Periodo 01-ene-1964 a 31-dic-1981
  - ✓ Caudal máximo promedio diario del periodo 1964-1981 : 200.00 m^3/s.
  - ✓ Caudal mínimo promedio diario del periodo 1964-1981 : 7.00 m^3/s.
  - ✓ Caudal promedio multianual: 25.80 m^3/s.
  - ✓ Caudal promedio máximo multianual: 44.26 m^3/s.
  - ✓ Caudal promedio mínimo multianual: 13.28 m^3/s.
  - ✓ Caudal al 95% persistencia multianual: 14.59 m^3/s.
  - ✓ Caudal al 90% persistencia multianual: 15.73 m^3/s.
  - ✓ Caudal al 75% persistencia multianual: 18.39 m^3/s.
  - ✓ Caudal al 50% persistencia multianual: 24.81 m^3/s.
- Periodo 31-ago-2012 a 31-ago-2018
  - ✓ Caudal máximo promedio diario del periodo 2012-2018 : 130.55 m^3/s.
  - ✓ Caudal mínimo promedio diario del periodo 2012-2018 : 6.12 m^3/s.
  - ✓ Caudal promedio multianual: 22.74 m^3/s.
  - ✓ Caudal promedio máximo multianual: 30.12 m^3/s.
  - ✓ Caudal promedio mínimo multianual: 13.48 m^3/s.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

- ✓ Caudal al 95% persistencia multianual: 14.65 m³/s.
- ✓ Caudal al 90% persistencia multianual: 15.83 m³/s.
- ✓ Caudal al 75% persistencia multianual: 19.26 m³/s.
- ✓ Caudal al 50% persistencia multianual: 23.37 m³/s.

Los resultados mensuales de los periodos analizados se resumen en el cuadro siguiente:

Cuadro 6-1: Caudal y volumen mensual observado en la estación hidrométrica Sayán – Periodo 1964-1981

AÑO		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
Caudal (m³/s)	Promedio	34.58	47.88	62.80	36.07	18.87	14.09	12.41	11.72	12.36	16.28	17.39	25.12	25.80
	Máximo	62.80	92.25	99.88	68.74	30.97	19.98	15.27	13.99	17.10	25.36	23.60	61.13	44.26
	Mínimo	12.16	20.24	26.03	19.55	11.21	8.31	7.70	8.64	9.73	10.34	11.41	14.08	13.28
	P-95%	15.44	22.27	30.50	20.36	11.21	8.31	9.27	9.60	9.81	12.00	12.06	14.27	14.59
	P-90%	18.57	23.21	34.62	20.80	11.78	9.81	9.82	9.97	9.97	12.72	12.79	14.69	15.73
	P-75%	23.44	29.62	39.27	24.93	14.02	11.33	10.92	10.52	11.30	14.08	14.63	16.55	18.39
	P-50%	33.91	42.55	65.50	33.85	16.72	14.78	12.89	11.89	11.78	15.92	16.93	20.95	24.81
														Total
Volumen Anual (HM³)	Promedio	92.61	116.96	168.20	93.50	50.55	36.53	33.23	31.39	32.03	43.62	45.07	67.28	810.96
	Máximo	168.20	225.35	267.53	178.18	82.96	51.79	40.91	37.48	44.31	67.91	61.17	163.74	1,389.53
	Mínimo	32.58	49.45	69.72	50.69	30.02	21.53	20.63	23.13	25.21	27.70	29.57	37.72	417.95
	P-95%	41.35	54.40	81.70	52.77	30.02	21.53	24.84	25.72	25.43	32.13	31.26	38.22	459.37
	P-90%	49.73	56.70	92.72	53.93	31.55	25.41	26.30	26.71	25.84	34.07	33.16	39.34	495.46
	P-75%	62.79	72.36	105.19	64.62	37.55	29.38	29.24	28.18	29.30	37.70	37.93	44.34	578.57
	P-50%	90.83	103.95	175.44	87.74	44.77	38.31	34.53	31.86	30.54	42.64	43.88	56.11	780.60

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Cuadro 6-2: Caudal y volumen mensual observado en la estación hidrométrica Sayán – Periodo 2012- 2018

AÑO		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
Caudal (m³/s)	Promedio	24.57	39.95	72.04	37.13	17.82	12.31	10.67	9.51	9.40	11.18	12.19	16.06	22.74
	Máximo	35.45	50.24	91.93	56.97	24.28	16.24	11.79	11.37	10.35	12.95	17.64	22.27	30.12
	Mínimo	15.04	18.86	36.65	19.94	12.81	9.61	9.54	8.22	7.84	7.65	7.22	8.37	13.48
	P-95%	15.65	21.81	43.40	20.05	12.92	9.89	9.65	8.42	8.11	8.35	8.29	9.27	14.65
	P-90%	16.27	24.77	50.15	20.16	13.03	10.17	9.76	8.61	8.38	9.05	9.37	10.17	15.82
	P-75%	19.39	34.01	66.27	23.37	13.98	10.83	10.12	9.05	9.03	10.77	11.56	12.77	19.26
	P-50%	25.75	45.31	75.15	36.96	16.53	11.18	10.60	9.36	9.59	11.73	11.76	16.57	23.37
														Total
Volumen Anual (HM³)	Promedio	65.82	97.59	192.95	96.24	47.74	31.90	28.58	25.46	24.37	29.95	31.60	43.02	715.21
	Máximo	94.96	122.73	246.22	147.66	65.03	42.09	31.59	30.45	26.82	34.69	45.73	59.65	947.62
	Mínimo	40.28	46.06	98.16	51.69	34.32	24.91	25.54	22.01	20.31	20.48	18.70	22.41	424.88
	P-95%	41.93	53.29	116.24	51.97	34.61	25.63	25.84	22.54	21.02	22.36	21.49	24.83	461.75
	P-90%	43.58	60.51	134.32	52.25	34.90	26.36	26.14	23.07	21.72	24.25	24.28	27.25	498.63
	P-75%	51.95	83.09	177.50	60.58	37.44	28.07	27.10	24.25	23.40	28.84	29.96	34.19	606.37
	P-50%	68.97	110.68	201.28	95.81	44.27	28.97	28.39	25.07	24.86	31.41	30.49	44.39	734.58

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Artuko Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

6.1.1.2 Transformación de caudales máximos promedio diario a máximos instantáneos

Según los antecedentes, "El Fenómeno El Niño / Oscilación Sur" ("ENOS"), tiene impactos globales en el planeta y tiene su origen en la interacción océano – atmósfera, los efectos en el continente se manifiesta alterando el régimen de caudales de los ríos, incrementando significativamente unos y generando fuertes déficit en otros. Según los antecedentes el "ENOS", ha tenido gran influencia sobre la vertiente del Océano Pacífico, variando de Norte a Sur según los años. Los Niños Extraordinarios del 82/83 y 97/98 tuvieron un impacto generalizado en toda la vertiente, creando condiciones de excesos hídricos que provocaron desastres. El Análisis de caudales máximos permitirá determinar los caudales máximos instantáneos producidos en diferentes escenarios de Eventos "ENOS". La información utilizada son caudales máximos diarios y máximos instantáneos de la información disponible. En estaciones que no cuentan con información, se aplicaran extrapolaciones y relaciones empíricas como las desarrolladas por Tucci (1991), las cuales permiten obtener los caudales máximos instantáneos, cuyas relaciones matemáticas son:

- Cuencas menores de 3500 km^2

$$Q_{máx} = Q_{md}(1 + 2.66A^{-0.30})$$

- Cuencas mayores de 3500 km^2

$$Q_{máx} = Q_{md}(1 + 1.2A^{-0.036})$$

Siendo:
$Q_{máx}$: caudal máximo instantáneo
Q_{md}: caudal máximo diario
A: área de la cuenca de recepción en el punto de control hidrométrico.
El aprovechamiento de los ríos depende de la oferta que presentan, es decir, de la cantidad de agua que transportan. La relación caudal pico/caudal diario, generalmente, se admite un valor promedio de 1.6 para esta relación, sabiendo que los resultados de numerosos estudios de crecidas extremas en el mundo dan valores de dicho coeficiente variando entre 1.2 y 2.2 (con valor promedio 1.6) con una probabilidad de 90%. Sin embargo, los valores pueden alcanzar valores mucho más elevados para cuencas pequeñas. A título de ejemplo, en la costa norte del Perú, la relación entre caudales medios diarios y caudal máximo instantáneo varía en función del tamaño de la cuenca hidrográfica.
Se considerar los siguientes valores (Manual Hidrología y Drenaje MTC-Perú):

Cuadro 6-3: Relación caudal pico/caudal diario en función al área de la cuenca

ÁREA DE LA CUENCA	Relación caudal pico/caudal diario, en la vertiente del Pacífico, en el norte de Perú
Superficie mayor a 3000 km^2	1.2
Superficie comprendida entre 1000 y 3000 km^2	1.3
Superficie comprendida entre 800 y 1000 km^2	1.4
Superficie comprendida entre 600 y 800 km^2	1.6
Superficie comprendida entre 400 y 600 km^2	2.0
Superficie comprendida entre 200 y 400 km^2	2.5
Superficie menor a 200 km^2	de 3.0 hasta 5.0 o 6.0

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

- Como se manifestó en el punto anterior, seleccionamos el valor 1.3 para transformar el caudal máximo diario promedio a máximo a instantáneo, quedando de la manera siguiente:

Cuadro 6-4: Transformación a caudal máximo instantáneo estación Sayán

AÑO	CAUDAL MÁXIMO PROMEDIO DIARIO (m^3/s)	CAUDAL MÁXIMO INSTANTÁNEO (m^3/s)
1964	103.44	134.47
1965	108.50	141.05
1966	97.58	126.85
1967	200.00	260.00
1968	59.84	77.79
1969	72.80	94.64
1970	97.80	127.14
1971	79.80	103.74
1973	164.13	213.37
1974	142.00	184.60
1975	105.00	136.50
1976	115.00	149.50
1977	99.60	129.48
1978	132.50	172.25
1979	86.20	112.06
2013	119.18	154.94
2014	108.80	141.43
2015	115.75	150.47
2016	109.85	142.80
2017	130.55	169.72
2018	109.71	142.63

- En el Cuadro 6.5, integramos el registro de caudales de las estaciones Sayán y Alco-Sayán dada a su cercanía y condiciones hidrológicas similares, obteniendo lo siguiente.

Cuadro 6-5: Transformación a caudal máximo instantáneo integración de las estaciones Sayán y Alco-Sayán

AÑO	CAUDAL MÁXIMO PROMEDIO DIARIO (m^3/s)	CAUDAL MÁXIMO INSTANTÁNEO (m^3/s)
1964	103.44	134.47
1965	108.50	141.05
1966	97.58	126.85
1967	200.00	260.00

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58995

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

AÑO	CAUDAL MÁXIMO PROMEDIO DIARIO (m^3/s)	CAUDAL MÁXIMO INSTANTÁNEO (m^3/s)
1968	59.84	77.79
1969	72.80	94.64
1970	97.80	127.14
1971	79.80	103.74
1973	164.13	213.37
1974	142.00	184.60
1975	105.00	136.50
1976	115.00	149.50
1977	99.60	129.48
1978	132.50	172.25
1979	86.20	112.06
2001	55.68	72.38
2002	91.22	118.58
2003	90.86	118.12
2004	47.90	62.27
2005	41.80	54.33
2006	158.77	206.40
2007	123.26	160.23
2008	77.02	100.12
2009	24.56	31.93
2013	119.18	154.94
2014	108.80	141.43
2015	115.75	150.47
2016	109.85	142.80
2017	130.55	169.72
2018	109.71	142.63

- Con los caudales máximos instantáneos obtenidos de los Cuadros 6.4 y 6.5, se realiza el análisis estadístico de la distribución o conjunto de distribuciones de mayor ajuste a la serie, los resultados se muestran en el Cuadro 6.6 y 6.7, respectivamente. El concepto de la calibración fue ajustar un número de curva que produzca valores de descargas similares a las máximas descargas.

Manuel J. Egos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

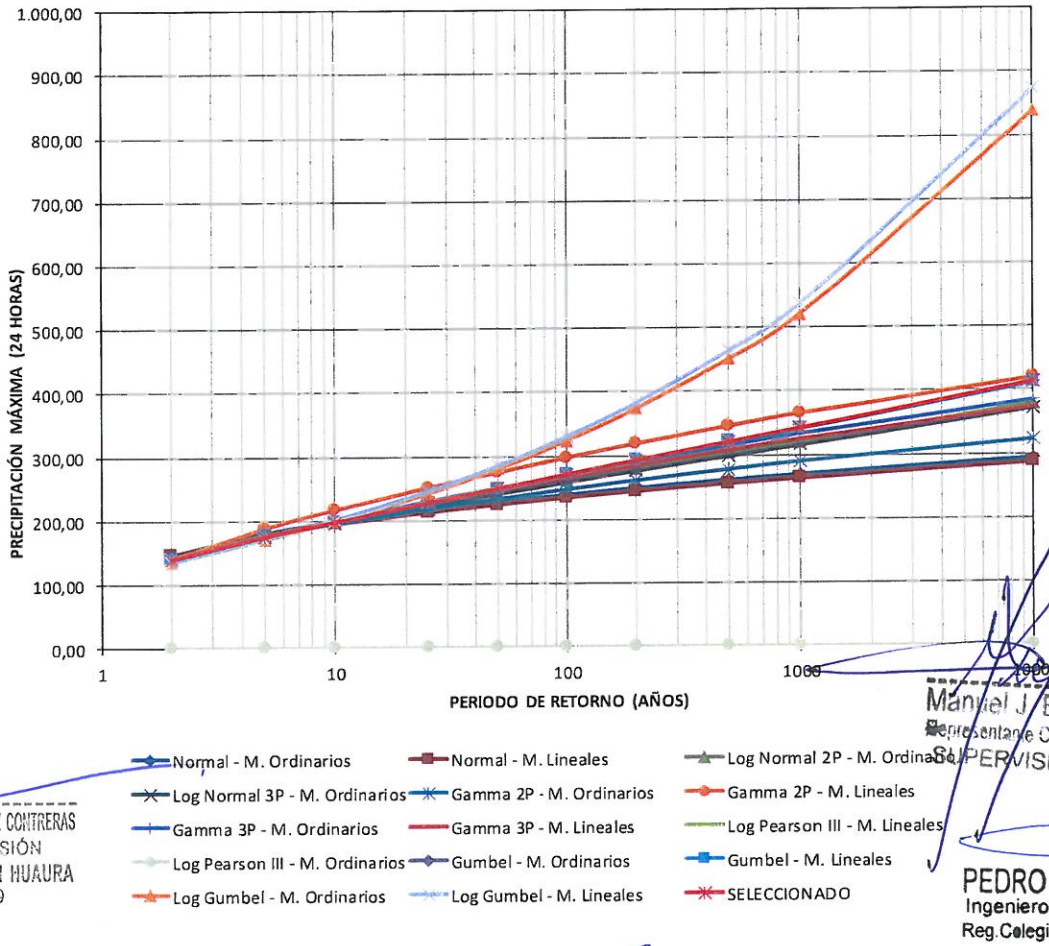
Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE

Cuadro 6-6: Resultado de las distribuciones y selección del caudal máximo instantáneo para diversos periodos de retorno – Estación Sayán

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	MOMENTOS	DELTA TEÓRICO	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)									
				2	5	10	25	50	100	200	500	1000	10000
SAYÁN	Normal	Ordinarios (1)	0,13840	145,97	179,58	197,16	215,91	228,01	238,90	248,86	260,94	269,40	294,51
		Lineales (2)	0,13470	145,97	177,92	194,64	212,46	223,96	234,31	243,78	255,26	263,31	287,18
	Log Normal 2P	Ordinarios (3)	0,11600	141,15	176,37	198,18	224,40	243,15	261,35	279,20	302,46	319,92	377,85
		Lineales (4)	0,11310	141,15	175,61	196,88	222,39	240,59	258,24	275,52	298,01	314,87	370,68
	Log Normal 3P	Ordinarios (5)	0,11370	141,01	175,41	196,73	222,38	240,74	258,57	276,05	298,85	315,98	372,83
	Gamma 2P	Ordinarios (6)	0,10210	142,75	176,34	195,79	218,01	233,18	247,37	260,77	277,50	289,42	322,61
		Lineales (7)	0,17330	139,53	187,95	217,13	251,30	275,07	297,60	319,11	346,25	365,77	420,76
	Gamma 3P	Ordinarios (8)	0,14055	138,67	175,64	199,51	228,62	249,48	269,63	289,19	314,23	332,48	384,70
		Lineales (9)	0,13309	139,29	175,53	198,60	226,51	246,39	265,52	284,04	307,69	324,88	373,88
	Log Pearson III	Ordinarios (10)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
		Lineales (11)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Gumbel	Ordinarios (12)	0,12700	139,41	174,71	198,08	227,60	249,51	271,25	292,91	321,49	343,09	414,81
		Lineales (13)	0,12530	139,46	174,49	197,68	226,98	248,72	270,30	291,79	320,16	341,59	412,76
	Log Gumbel	Ordinarios (14)	0,16260	135,14	170,77	199,38	242,49	280,38	323,85	373,87	451,86	521,42	838,81
		Lineales (15)	0,16700	135,00	171,54	201,01	245,61	284,97	330,27	382,57	464,45	537,77	874,89
	Distribución Seleccionada Gumbel - Momentos Ordinarios			**139,41**	**174,71**	**198,08**	**227,60**	**249,51**	**271,25**	**292,91**	**321,49**	**343,09**	**414,81**

gráfico distribuciones teóricas



ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

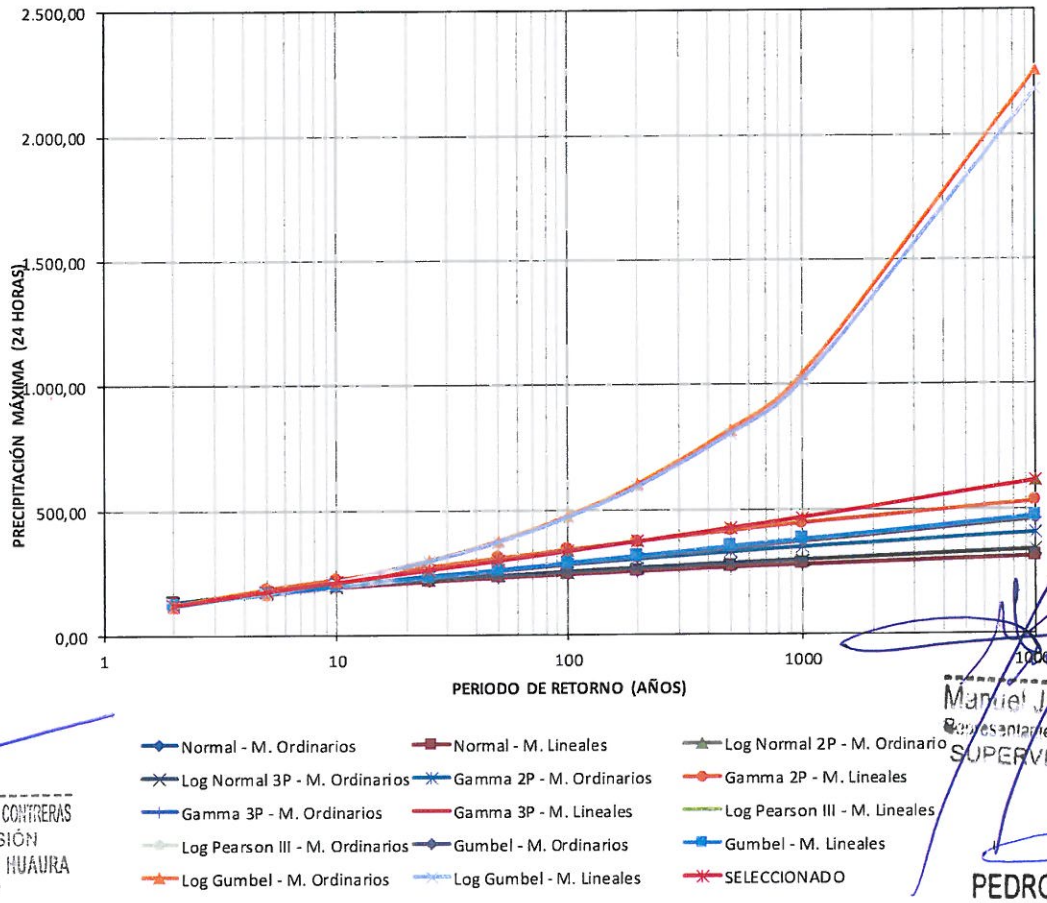
Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 6-7: Resultado de las distribuciones y selección del caudal máximo instantáneo para diversos periodos de retorno – integración de las estaciones Sayán y Alco-Sayán

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	MOMENTOS	DELTA TEÓRICO	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)									
				2	5	10	25	50	100	200	500	1000	10000
SAYÁN Y ALCO SAYÁN	Normal	Ordinarios (1)	0,0689	132.99	173.79	195.13	217.88	232.58	245.79	257.89	272.54	282.82	313.29
		Lineales (2)	0.06760	132.99	173.41	194.55	217.09	231.65	244.74	256.72	271.24	281.42	311.61
	Log Normal 2P	Ordinarios (3)	0.14090	123.05	177.01	214.09	262.23	298.92	336.29	374.56	426.81	467.76	613.73
		Lineales (4)	0.14250	123.05	173.61	207.86	251.85	285.10	318.72	352.96	399.41	435.59	563.30
	Log Normal 3P	Ordinarios (5)	0.07670	131.15	172.40	195.08	220.13	236.80	252.13	266.44	284.16	296.85	335.69
	Gamma 2P	Ordinarios (6)	0.11700	126.34	173.48	202.13	235.86	259.42	281.80	303.21	330.28	349.80	404.87
		Lineales (7)	0.15710	121.40	184.70	224.95	273.60	308.23	341.57	373.80	414.97	444.87	530.12
	Gamma 3P	Ordinarios (8)											
		Lineales (9)											
	Log Pearson III	Ordinarios (10)											
		Lineales (11)											
	Gumbel	Ordinarios (12)	0.12950	125.03	167.87	196.24	232.08	258.67	285.06	311.35	346.04	372.26	459.32
		Lineales (13)	0.13130	124.76	169.06	198.40	235.46	262.96	290.26	317.45	353.33	380.44	470.47
	Log Gumbel	Ordinarios (14)	0.21160	114.62	167.92	216.22	297.59	377.16	477.18	603.20	821.76	1,038.08	2,255.21
		Lineales (15)	0.21190	114.72	167.30	214.79	294.51	372.22	469.63	592.03	803.61	1,012.37	2,179.36
	Distribución Seleccionada Log Normal 2P - Momentos Ordinarios			**123.05**	**177.01**	**214.09**	**262.23**	**298.92**	**336.29**	**374.56**	**426.81**	**467.76**	**613.73**

gráfico distribuciones teóricas



ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

6.1.2 Estación Hidrométrica Casa Blanca

6.1.2.1 Descargas diarias promedio

La estación hidrométrica "Casa Blanca", estuvo localizada aguas abajo de la estación hidrométrica "Sayán" y era operada por el SENAMHI, en la actualidad no funciona; sin embargo, existen registros históricos de caudales promedios diarios mayor de 43 años de registro, es decir, desde el 01-ene-1925 al 31-ago-1968 (ver Anexo 1.1).

Los resultados obtenidos en la estación "Casa Blanca", son los siguientes:

- Periodo 01-ene-1925 a 31-ago-1968
  - ✓ Caudal máximo promedio diario del periodo 1925-1968 : 285 m^3/s.
  - ✓ Caudal mínimo promedio diario del periodo 1925-1968 : 0.52 m^3/s.
  - ✓ Caudal promedio multianual: 27.37 m^3/s.
  - ✓ Caudal promedio máximo multianual: 51.94 m^3/s.
  - ✓ Caudal promedio mínimo multianual: 11.06 m^3/s.
  - ✓ Caudal al 95% persistencia multianual: 15.07 m^3/s.
  - ✓ Caudal al 90% persistencia multianual: 16.39 m^3/s.
  - ✓ Caudal al 75% persistencia multianual: 20.71 m^3/s.
  - ✓ Caudal al 50% persistencia multianual: 26.19 m^3/s.

Los resultados mensuales de los periodos analizados se resumen en el cuadro siguiente:

Cuadro 6-8: Caudal y volumen mensual observado en la estación hidrométrica Casa Blanca – Periodo 1925-1968

AÑO		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
Caudal (m^3/s)	Promedio	40.34	56.55	61.58	40.74	21.78	15.14	12.41	10.85	11.06	14.17	18.18	25.59	**27.37**
	Máximo	91.17	106.84	102.94	75.19	40.25	22.07	17.76	14.95	21.85	41.26	43.56	45.47	**51.94**
	Mínimo	11.30	19.42	19.32	12.35	10.77	9.72	7.93	7.50	7.35	8.93	8.92	9.26	**11.06**
	P-95%	16.08	33.48	31.30	20.65	12.62	9.84	8.62	8.03	8.14	9.71	10.00	12.34	**15.07**
	P-90%	17.06	36.10	35.59	22.60	13.96	10.44	9.13	8.72	8.51	10.43	11.31	12.87	**16.39**
	P-75%	25.80	42.35	47.00	32.06	17.45	12.02	10.65	10.09	9.49	11.05	13.40	17.16	**20.71**
	P-50%	36.52	50.74	62.04	40.63	21.19	15.10	12.56	10.66	10.62	12.51	16.59	25.09	**26.19**
														Total
Volumen Anual (HM^3)	Promedio	108.05	138.15	164.93	105.60	58.34	39.23	33.24	29.05	28.68	37.96	47.12	68.55	**858.91**
	Máximo	244.18	260.99	275.70	194.88	107.79	57.22	47.58	40.03	56.64	110.51	112.91	121.78	**1,630.23**
	Mínimo	30.27	47.45	51.75	32.02	28.86	25.20	21.25	20.09	19.04	23.91	23.11	24.79	**347.72**
	P-95%	43.07	81.77	83.84	53.52	33.81	25.51	23.07	21.52	21.09	26.01	25.91	33.04	**472.17**
	P-90%	45.69	88.17	95.32	58.59	37.39	27.06	24.45	23.36	22.07	27.95	29.31	34.47	**513.82**
	P-75%	69.11	103.45	125.88	83.09	46.74	31.16	28.53	27.02	24.59	29.60	34.72	45.95	**649.83**
	P-50%	97.81	123.94	166.16	105.33	56.76	39.14	33.64	28.54	27.51	33.50	42.99	67.21	**822.52**

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

6.1.2.2 Caudales máximos de avenida

De acuerdo al Cuadro 6.3, seleccionamos el valor 1.3 para transformar el caudal máximo diario promedio a máximo a instantáneo, quedando de la manera siguiente:

Cuadro 6-9: Transformación a caudal máximo instantáneo estación Casa Blanca

AÑO	CAUDAL MÁXIMO PROMEDIO DIARIO (m^3/s)	CAUDAL MÁXIMO INSTANTÁNEO (m^3/s)
1925	32.50	42.25
1926	150.10	195.13
1927	115.70	150.41
1928	150.90	196.17
1929	181.60	236.08
1930	149.10	193.83
1931	35.20	45.76
1932	134.00	174.20
1933	100.80	131.04
1934	81.50	105.95
1935	73.50	95.55
1936	62.70	81.51
1937	49.20	63.96
1938	74.90	97.37
1939	90.40	117.52
1940	131.27	170.65
1941	215.63	280.32
1942	101.79	132.33
1943	146.16	190.01
1944	109.43	142.26
1945	94.32	122.62
1946	144.92	188.40
1947	109.43	142.26
1948	73.99	96.19
1949	285.00	370.50
1950	69.79	90.73
1951	149.00	193.70
1952	164.87	214.33
1953	145.00	188.50
1954	160.00	208.00
1955	230.00	299.00
1956	101.46	131.90
1957	81.91	106.48
1958	70.62	91.81

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

AÑO	CAUDAL MÁXIMO PROMEDIO DIARIO (m^3/s)	CAUDAL MÁXIMO INSTANTÁNEO (m^3/s)
1959	82.38	107.09
1960	85.86	111.62
1961	73.68	95.78
1962	85.20	110.76
1963	80.23	104.30
1964	103.44	134.47
1965	108.50	141.05
1966	97.58	126.85
1967	200.00	260.00
1968	59.84	77.79

- Con los caudales máximos instantáneos obtenidos, se realiza el análisis estadístico de la distribución o conjunto de distribuciones de mayor ajuste a la serie, los resultados se muestran en el Cuadro 6.10. El concepto de la calibración fue ajustar un número de curva que produzca valores de descargas similares a las máximas descargas.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

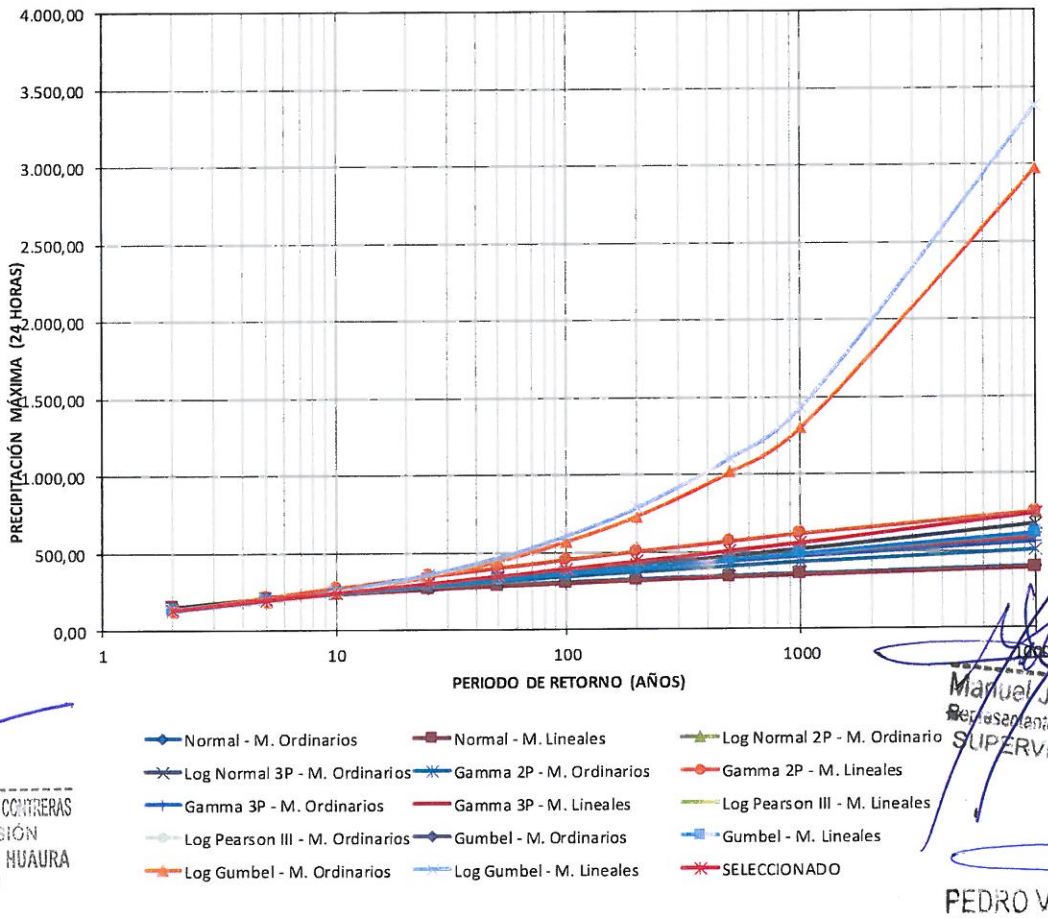
Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 6-10: Resultado de las distribuciones y selección del caudal máximo instantáneo para diversos periodos de retorno – Estación Casa Blanca

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	MOMENTOS	DELTA TEÓRICO	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)									
				2	5	10	25	50	100	200	500	1000	10000
CASABLANCA	Normal	Ordinarios (1)	0,13930	149,02	206,56	236,67	268,77	289,49	308,14	325,20	345,87	360,37	403,35
		Lineales (2)	0,14080	149,02	204,53	233,58	264,55	284,55	302,53	318,99	338,94	352,93	394,40
	Log Normal 2P	Ordinarios (3)	0,07770	134,86	198,51	243,01	301,48	346,53	392,76	440,45	506,07	557,84	744,61
		Lineales (4)	0,07810	134,86	198,37	242,75	301,04	345,93	392,00	439,50	504,85	556,40	742,30
	Log Normal 3P	Ordinarios (5)	0,07970	136,02	197,46	239,21	292,95	333,64	374,85	416,86	473,93	518,44	675,88
	Gamma 2P	Ordinarios (6)	0,08280	139,53	199,56	236,71	280,91	312,04	341,77	370,34	406,62	432,86	507,12
		Lineales (7)	0,17960	128,99	218,19	277,55	351,10	404,40	456,28	506,91	572,12	619,85	756,95
	Gamma 3P	Ordinarios (8)	0,07084	136,65	199,92	240,69	290,34	325,88	360,20	393,49	436,11	467,18	555,72
		Lineales (9)	0,07460	134,91	199,25	241,82	294,39	332,41	369,36	405,38	451,73	485,61	582,75
	Log Pearson III	Ordinarios (10)											
		Lineales (11)											
	Gumbel	Ordinarios (12)	0,07580	137,78	198,22	238,23	288,79	326,29	363,52	400,62	449,55	486,54	609,34
		Lineales (13)	0,07470	137,70	198,57	238,87	289,79	327,57	365,06	402,42	451,71	488,96	612,64
	Log Gumbel	Ordinarios (14)	0,11300	125,06	187,69	245,57	344,89	443,71	569,79	731,04	1.015,59	1.302,05	2.970,99
		Lineales (15)	0,10620	124,66	190,31	251,83	358,77	466,49	605,37	784,86	1.105,54	1.432,24	3.383,37
	Distribución Seleccionada Log Normal 2P - Momentos Ordinarios			**134,86**	**198,51**	**243,01**	**301,48**	**346,53**	**392,76**	**440,45**	**506,07**	**557,84**	**744,61**

gráfico distribuciones teóricas



ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR ME
REPRESENTANTE LEGAL

6.1.3 Estación Hidrométrica Alco-Sayán

6.1.3.1 Descargas diarias promedio

La estación hidrométrica "Alco-Sayán", se localiza a unos 200 m aguas arriba de la estación hidrométrica "Sayán" y era operada por el SENAMHI, en la actualidad no está en funcionamiento desde febrero de 2009; sin embargo, existen registros históricos de caudales promedios diarios mayor de 07 años de registro, es decir, desde el 01-sep-2001 al 31-ene-2009 (ver Anexo 1.1).

Los resultados obtenidos en la estación "Alco-Sayán", son los siguientes:

- Periodo 01-sep-2001 a 31-ene-2009
  - ✓ Caudal máximo promedio diario del periodo: 158.77 m^3/s.
  - ✓ Caudal mínimo promedio diario del periodo: 3.74 m^3/s.
  - ✓ Caudal promedio multianual: 20.38 m^3/s.
  - ✓ Caudal promedio máximo multianual: 32.00 m^3/s.
  - ✓ Caudal promedio mínimo multianual: 9.84 m^3/s.
  - ✓ Caudal al 95% persistencia multianual: 11.07 m^3/s.
  - ✓ Caudal al 90% persistencia multianual: 12.30 m^3/s.
  - ✓ Caudal al 75% persistencia multianual: 14.75 m^3/s.
  - ✓ Caudal al 50% persistencia multianual: 19.85 m^3/s.

Los resultados mensuales de los periodos analizados se resumen en el cuadro siguiente:

Cuadro 6-11: Caudal y volumen mensual observado en la estación hidrométrica Alco-Sayán – Periodo 2001-2009

AÑO		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
Caudal (m^3/s)	Promedio	23.58	38.91	44.97	45.86	13.91	9.46	7.38	7.22	8.29	10.98	14.94	19.04	**20.38**
	Máximo	33.47	56.10	67.24	90.32	21.36	12.74	10.54	10.63	11.29	15.96	24.10	30.24	**32.00**
	Mínimo	10.77	21.91	22.85	17.25	6.16	5.57	5.46	4.52	4.99	5.90	5.80	6.97	**9.84**
	P-95%	12.46	24.09	24.56	19.93	7.52	6.22	5.60	4.98	5.41	6.46	6.69	8.93	**11.07**
	P-90%	14.14	26.26	26.28	22.62	8.88	6.87	5.74	5.44	5.83	7.03	7.59	10.89	**12.30**
	P-75%	17.31	32.31	31.37	26.55	11.71	7.99	6.12	6.25	6.67	8.28	9.64	12.85	**14.75**
	P-50%	24.90	36.95	45.20	43.63	12.87	8.85	7.11	6.67	8.12	10.46	13.70	19.72	**19.85**
														Total
Volumen Anual (HM^3)	Promedio	63.16	95.04	120.44	118.88	37.25	24.52	19.77	19.33	21.48	29.40	38.71	50.99	**638.98**
	Máximo	89.64	137.05	180.08	234.11	57.22	33.04	28.23	28.47	29.26	42.75	62.47	80.99	**1,003.32**
	Mínimo	28.84	53.51	61.20	44.70	16.50	14.43	14.63	12.10	12.93	15.80	15.03	18.66	**308.35**
	P-95%	33.36	58.83	65.79	51.67	20.14	16.12	15.00	13.33	14.02	17.31	17.35	23.92	**346.85**
	P-90%	37.88	64.16	70.38	58.64	23.79	17.81	15.36	14.56	15.11	18.83	19.67	29.18	**385.36**
	P-75%	46.36	78.92	84.02	68.81	31.36	20.70	16.38	16.73	17.30	22.18	24.99	34.41	**462.17**
	P-50%	66.70	90.27	121.06	113.08	34.47	22.95	19.06	17.88	21.04	28.02	35.52	52.82	**622.87**

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecanico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

6.1.3.2 Caudales máximos de avenida

De acuerdo al Cuadro 6.3, seleccionamos el valor 1.3 para transformar el caudal máximo diario promedio a máximo a instantáneo, quedando de la manera siguiente:

Cuadro 6-12: Transformación a caudal máximo instantáneo estación Alco-Sayán

AÑO	CAUDAL MÁXIMO PROMEDIO DIARIO (m^3/s)	CAUDAL MÁXIMO INSTANTÁNEO (m^3/s)
2001	55.68	72.38
2002	91.22	118.58
2003	90.86	118.12
2004	47.90	62.27
2005	41.80	54.33
2006	158.77	206.40
2007	123.26	160.23
2008	77.02	100.12
2009	24.56	31.93

- Con los caudales máximos instantáneos obtenidos, se realiza el análisis estadístico de la distribución o conjunto de distribuciones de mayor ajuste a la serie, los resultados se muestran en el Cuadro 6.13. El concepto de la calibración fue ajustar un número de curva que produzca valores de descargas similares a las máximas descargas.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

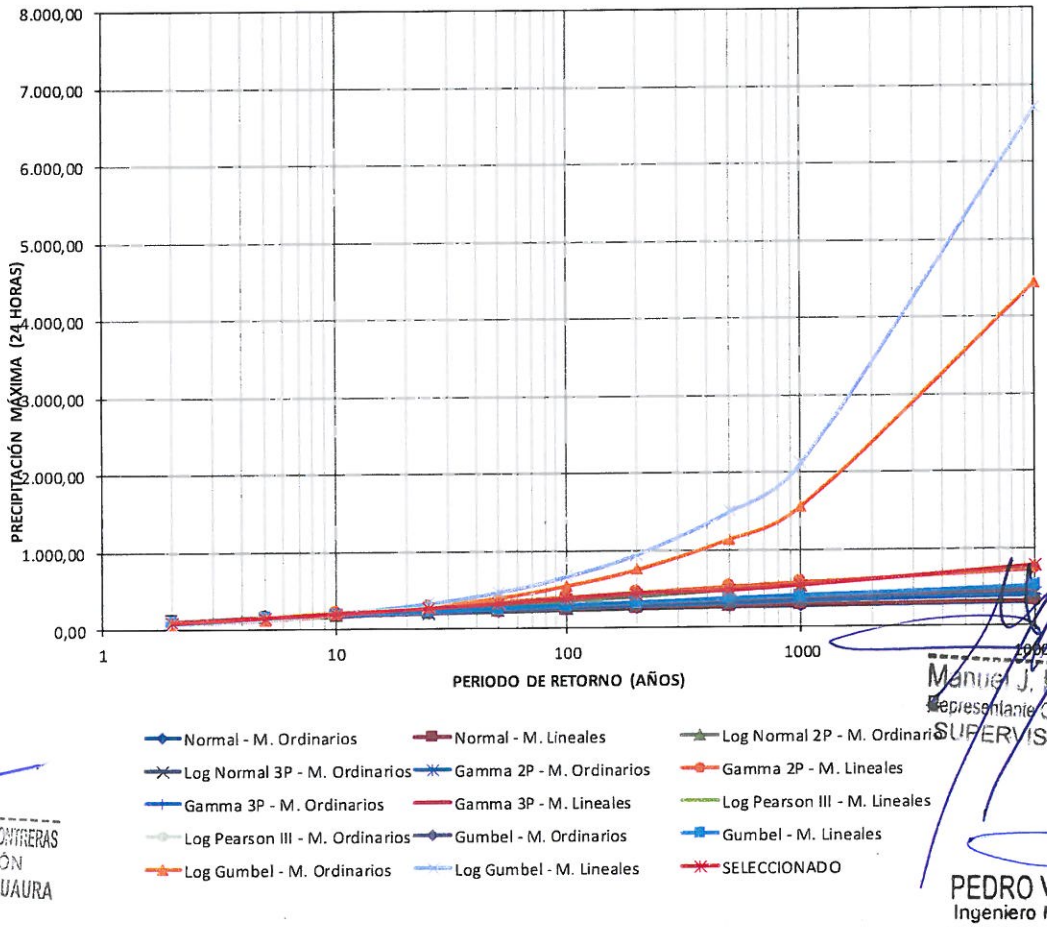
Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 6-13: Resultado de las distribuciones y selección del caudal máximo instantáneo para diversos periodos de retorno – Estación Alco-Sayán

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	MOMENTOS	DELTA TEÓRICO	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)									
				2	5	10	25	50	100	200	500	1000	10000
ALCO-SAYÁN	Normal	Ordinarios (1)	0,10830	102,71	149,24	173,58	199,54	216,30	231,37	245,16	261,88	273,60	308,36
		Lineales (2)	0,10010	102,71	151,34	176,79	203,92	221,44	237,19	251,61	269,08	281,33	317,67
	Log Normal 2P	Ordinarios (3)	0,08400	89,34	145,59	187,97	246,82	294,29	344,72	398,42	474,81	536,98	773,36
		Lineales (4)	0,07520	89,34	149,88	196,47	262,19	315,90	373,54	435,46	524,39	597,41	879,26
	Log Normal 3P	Ordinarios (5)	0,09570	96,00	142,47	171,25	205,85	230,60	254,62	278,17	308,87	331,92	408,39
	Gamma 2P	Ordinarios (6)	0,07800	93,72	142,70	173,85	211,50	238,32	264,13	289,09	320,96	344,14	410,06
		Lineales (7)	0,15210	79,32	160,26	218,19	292,74	348,14	402,91	457,02	527,50	579,54	730,72
	Gamma 3P	Ordinarios (8)	0,07996	96,18	146,31	176,42	211,62	236,07	259,23	281,31	309,16	329,15	385,36
		Lineales (9)	0,06557	91,95	147,44	183,15	226,58	257,65	287,63	316,71	353,92	381,00	458,37
	Log Pearson III	Ordinarios (10)											
		Lineales (11)	0,10602	84,59	147,25	203,17	293,65	377,77	478,29	597,64	789,49	963,27	1.670,48
	Gumbel	Ordinarios (12)	0,07840	93,62	142,49	174,84	215,72	246,05	276,15	306,15	345,72	375,62	474,92
		Lineales (13)	0,06720	92,79	146,12	181,42	226,03	259,12	291,97	324,70	367,87	400,51	508,85
	Log Gumbel	Ordinarios (14)	0,14630	81,22	135,64	190,47	292,52	402,15	551,55	755,60	1.144,57	1.566,57	4.441,34
		Lineales (15)	0,13940	80,40	141,77	206,39	331,71	471,67	668,94	947,51	1.499,88	2.122,34	6.719,76
	Distribución Seleccionada Log Normal 2P - Momentos O/L			**89,34**	**149,88**	**196,47**	**262,19**	**315,90**	**373,54**	**435,46**	**474,81**	**536,98**	**773,36**

gráfico distribuciones teóricas



ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

6.1.4 Estación Hidrométrica Puente-Alco

6.1.4.1 Descargas medias mensuales

La estación hidrométrica "Puente-Alco", se localiza a unos 14.5 km aguas arriba de la estación hidrométrica "Sayán" y es operada por la Junta de Usuarios del Sector Hidráulico Huaura, en la actualidad está en funcionamiento desde el año 1912.

Los resultados obtenidos en la estación "Puente-Alco", son los siguientes:

- Periodo 01-01-1912 a 31-12-2018
  - ✓ Caudal máximo promedio mensual: 158.91 m^3/s.
  - ✓ Caudal mínimo promedio mensual: 5.61 m^3/s.
  - ✓ Caudal promedio multianual: 28.49 m^3/s.
  - ✓ Caudal promedio máximo multianual: 66.78 m^3/s.
  - ✓ Caudal promedio mínimo multianual: 9.94 m^3/s.
  - ✓ Caudal al 95% persistencia multianual: 13.98 m^3/s.
  - ✓ Caudal al 90% persistencia multianual: 16.26 m^3/s.
  - ✓ Caudal al 75% persistencia multianual: 20.91 m^3/s.
  - ✓ Caudal al 50% persistencia multianual: 26.64 m^3/s.

Los resultados mensuales de los periodos analizados se resumen en el cuadro siguiente:

Cuadro 6-14: Caudal y volumen mensual observado en la estación hidrométrica Alco-Sayán – Periodo 2001-2009

AÑO		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	AÑO
Caudal (m^3/s)	Media	40.69	56.37	68.54	45.40	22.67	15.25	12.54	11.23	11.40	14.36	17.80	25.58	**28.49**
	Máximo	109.83	117.00	158.91	121.40	45.16	40.00	21.40	18.70	18.25	41.20	43.50	65.99	**66.78**
	Mínimo	9.90	13.39	25.29	11.20	9.60	7.20	6.28	5.61	6.24	7.21	8.20	9.20	**9.94**
	P-95%	16.74	23.76	29.40	20.67	12.27	9.63	8.02	7.27	7.75	9.83	10.45	11.93	**13.98**
	P-90%	20.12	31.00	35.56	22.60	14.28	10.78	8.76	8.45	8.86	10.46	11.68	12.64	**16.26**
	P-75%	27.64	40.60	47.95	32.00	16.59	12.10	11.14	10.10	10.10	12.00	13.78	16.88	**20.91**
	P-50%	37.40	51.80	63.10	42.40	21.50	15.00	12.50	11.16	11.32	13.67	16.40	23.40	**26.64**
														Total
Volumen Anual (HM^3)	Media	58.71	94.48	211.42	143.17	36.24	19.10	13.43	10.19	9.16	14.40	25.37	55.24	**690.93**
	Máximo	158.47	196.11	490.15	382.85	72.18	50.11	22.93	16.96	14.66	41.29	62.01	142.54	**1,650.28**
	Mínimo	14.28	22.44	78.01	35.32	15.34	9.02	6.73	5.09	5.01	7.23	11.69	19.87	**230.04**
	P-95%	24.16	39.83	90.67	65.17	19.61	12.06	8.60	6.59	6.23	9.85	14.89	25.77	**323.43**
	P-90%	29.02	51.95	109.68	71.26	22.83	13.51	9.39	7.66	7.12	10.48	16.65	27.30	**376.86**
	P-75%	39.88	68.05	147.90	100.92	26.52	15.16	11.93	9.16	8.12	12.03	19.64	36.46	**495.77**
	P-50%	53.96	86.83	194.63	133.71	34.37	18.79	13.39	10.12	9.10	13.70	23.38	50.54	**642.53**

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcial Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

6.1.5 Estación Hidrométrica Picoy

6.1.5.1 Descargas diarias promedio

La estación hidrométrica "Picoy", se localiza en la subcuenca Cochaquillo-Queruraccra y es operada por el SENAMHI, existen registros históricos de caudales promedios diarios en periodos intercalados comprendidos entre los años 1974 al 2017 (ver Anexo 1.1).

Los resultados obtenidos en la estación "Picoy", son los siguientes:

- Periodo 1974-2017
  - ✓ Caudal máximo promedio diario: 30.84 m^3/s.
  - ✓ Caudal mínimo promedio diario: 0.38 m^3/s.
  - ✓ Caudal promedio multianual: 5.68 m^3/s.
  - ✓ Caudal promedio máximo multianual: 10.41 m^3/s.
  - ✓ Caudal promedio mínimo multianual: 2.80 m^3/s.
  - ✓ Caudal al 95% persistencia multianual: 3.09 m^3/s.
  - ✓ Caudal al 90% persistencia multianual: 3.38 m^3/s.
  - ✓ Caudal al 75% persistencia multianual: 4.14 m^3/s.
  - ✓ Caudal al 50% persistencia multianual: 5.35 m^3/s.

Los resultados mensuales de los periodos analizados se resumen en el cuadro siguiente:

Cuadro 6-15: Caudal y volumen mensual observado en la estación hidrométrica Picoy – Periodo 1974-2017

AÑO		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
Caudal (m^3/s)	Promedio	7.01	9.01	11.85	7.98	5.06	3.72	3.22	2.99	3.36	3.90	4.95	5.09	**5.68**
	Máximo	17.57	15.22	21.41	17.87	8.92	6.82	5.40	5.08	5.76	5.42	7.09	8.33	**10.41**
	Mínimo	3.84	5.44	5.38	3.06	2.83	2.22	1.88	1.44	1.32	2.28	2.11	1.83	**2.80**
	P-95%	4.35	5.53	5.48	3.64	3.01	2.31	2.12	1.94	1.72	2.38	2.41	2.15	**3.09**
	P-90%	4.87	5.62	5.57	4.22	3.19	2.43	2.39	2.44	2.13	2.49	2.71	2.47	**3.38**
	P-75%	5.31	5.76	7.79	4.99	3.45	2.87	2.89	2.55	2.80	3.15	3.84	4.32	**4.14**
	P-50%	5.96	7.79	11.26	7.91	4.76	3.33	2.99	2.65	3.02	4.09	5.59	4.89	**5.35**
														Total
Volumen Anual (HM^3)	Promedio	18.78	22.01	31.75	20.69	13.55	9.64	8.64	8.01	8.70	10.44	12.83	13.64	**178.67**
	Máximo	47.06	37.18	57.36	46.33	23.89	17.69	14.45	13.60	14.93	14.51	18.38	22.30	**327.69**
	Mínimo	10.28	13.29	14.42	7.94	7.58	5.74	5.04	3.85	3.41	6.10	5.48	4.90	**88.03**
	P-95%	11.66	13.51	14.67	9.44	8.06	5.98	5.69	5.19	4.47	6.38	6.25	5.75	**97.03**
	P-90%	13.03	13.72	14.93	10.94	8.54	6.30	6.39	6.52	5.53	6.66	7.01	6.60	**106.18**
	P-75%	14.22	14.08	20.87	12.95	9.24	7.44	7.73	6.82	7.27	8.43	9.95	11.57	**130.56**
	P-50%	15.96	19.02	30.15	20.49	12.75	8.64	8.01	7.10	7.82	10.96	14.49	13.10	**168.51**

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

6.1.5.2 Caudales máximos de avenida

De acuerdo al Cuadro 6.3, seleccionamos el valor 2.5 para transformar el caudal máximo diario promedio a máximo a instantáneo, quedando de la manera siguiente:

Cuadro 6-16: Transformación a caudal máximo instantáneo estación Picoy

AÑO	CAUDAL MÁXIMO PROMEDIO DIARIO (m^3/s)	CAUDAL MÁXIMO INSTANTÁNEO (m^3/s)
1974	18.70	24.31
1985	7.76	10.09
1988	8.67	11.28
1989	15.30	19.89
1990	9.70	12.62
1991	14.23	18.50
1992	7.05	9.16
1993	10.01	13.02
1995	10.77	14.00
2014	25.81	33.55
2015	28.64	37.23
2016	26.11	33.94
2017	30.84	40.09

- Con los caudales máximos instantáneos obtenidos, se realiza el análisis estadístico de la distribución o conjunto de distribuciones de mayor ajuste a la serie, los resultados se muestran en el Cuadro 6.17. El concepto de la calibración fue ajustar un número de curva que produzca valores de descargas similares a las máximas descargas.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

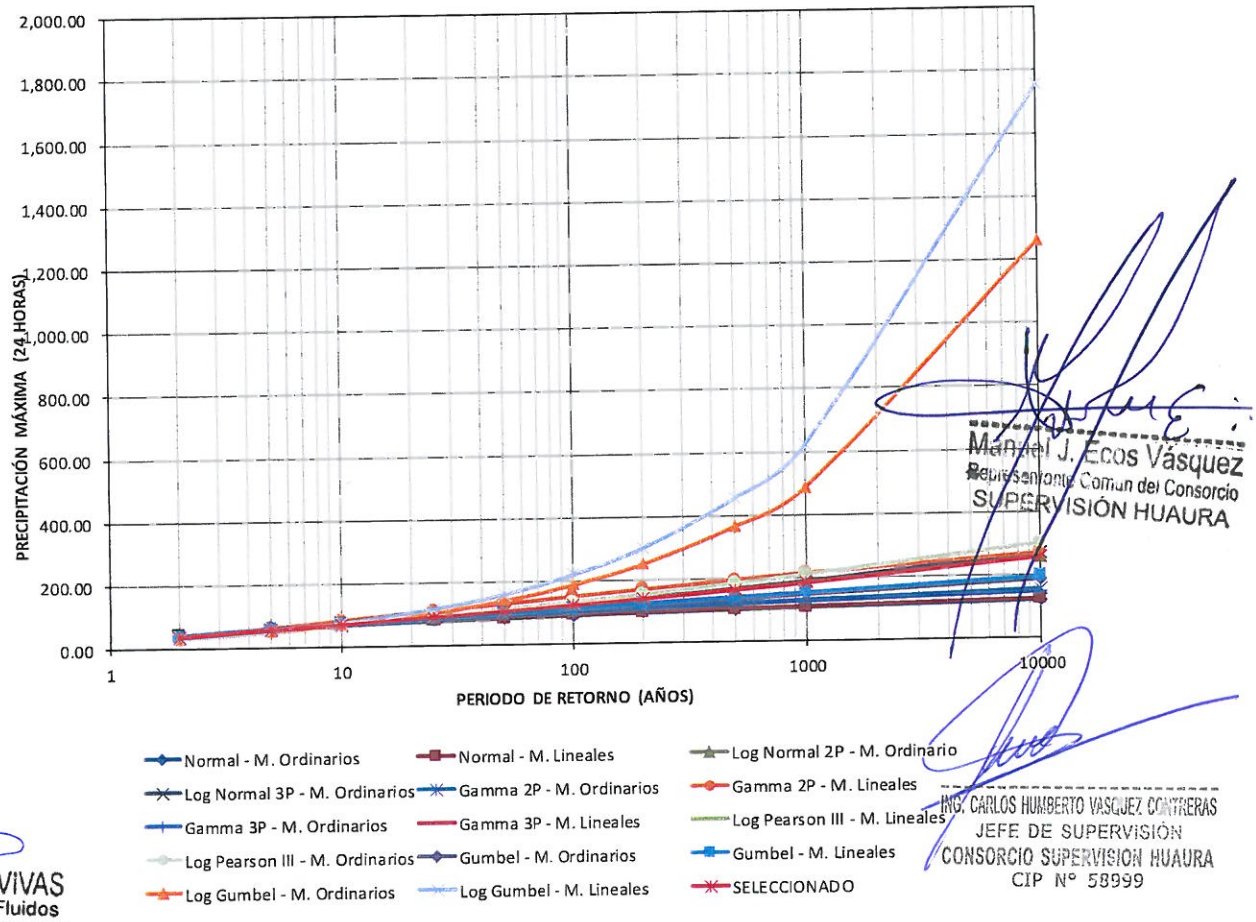
Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR M
REPRESENTANTE LEG

Cuadro 6-17: Resultado de las distribuciones y selección del caudal máximo instantáneo para diversos periodos de retorno – Estación Picoy

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	MOMENTOS	DELTA TEÓRICO	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)									
				2	5	10	25	50	100	200	500	1000	10000
PICOY	Normal	Ordinarios (1)	0.17920	40.62	58.79	68.30	78.44	84.99	90.88	96.26	102.79	107.37	120.95
		Lineales (2)	0.17490	40.62	59.16	68.87	79.21	85.89	91.90	97.40	104.06	108.74	122.59
	Log Normal 2P	Ordinarios (3)	0.14980	36.14	56.34	71.07	91.05	106.84	123.36	140.72	165.05	184.59	257.19
		Lineales (4)	0.13860	36.14	57.55	73.40	95.15	112.51	130.80	150.15	177.45	199.52	282.43
	Log Normal 3P	Ordinarios (5)	0.15800	35.56	55.11	69.75	90.01	106.30	123.56	141.89	167.92	189.05	269.09
	Gamma 2P	Ordinarios (6)	0.16230	37.76	56.53	68.39	82.66	92.79	102.52	111.92	123.90	132.61	157.34
		Lineales (7)	0.18860	32.71	63.28	84.77	112.18	132.44	152.39	172.06	197.60	216.43	271.02
	Gamma 3P	Ordinarios (8)	0.15571	38.96	58.32	69.69	82.80	91.81	100.28	108.30	118.37	125.57	145.70
		Lineales (9)	0.14063	36.28	57.78	72.06	89.74	102.55	115.01	127.17	142.83	154.28	187.17
	Log Pearson III	Ordinarios (10)	0.14873	34.97	56.02	71.77	94.19	112.72	132.84	154.61	186.23	212.12	303.07
		Lineales (11)	0.13759	34.97	56.96	74.92	101.86	125.23	151.61	181.27	226.17	264.40	407.32
	Gumbel	Ordinarios (12)	0.15690	37.54	56.58	69.19	85.12	96.94	108.67	120.36	135.78	147.43	186.12
		Lineales (13)	0.14510	37.31	57.60	71.03	88.00	100.59	113.09	125.54	141.97	154.39	195.62
	Log Gumbel	Ordinarios (14)	0.15750	33.14	52.83	71.93	106.25	141.91	189.14	251.81	367.33	488.65	1,260.34
		Lineales (15)	0.14230	32.87	54.74	76.73	117.56	161.33	220.88	302.07	456.52	623.75	1,758.23
	Distribución Seleccionada Log Normal 2P - Parámetros Ordinarios			**36.14**	**56.34**	**71.07**	**91.05**	**106.84**	**123.36**	**140.72**	**165.05**	**184.59**	**257.19**

gráfico distribuciones teóricas



Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

6.1.6 Estación Hidrométrica Sayán-Chico

6.1.6.1 Descargas diarias promedio

La estación hidrométrica "Sayán-Chico", se localiza en la subcuenca Chico-Auquimarca, aguas arriba de la confluencia con el río Sayán, operada por el SENAMHI, en la actualidad no está en funcionamiento desde enero de 1974; sin embargo, existen registros históricos de caudales promedios diarios mayor de 30 años, es decir, desde el 01-sep-1943 al 31-dic-1973 (ver Anexo 1.1).

Los resultados obtenidos en la estación "Sayán-Chico", son los siguientes:

- Periodo 1943-1973
  - ✓ Caudal máximo promedio diario del periodo 1943-1973 : 70.00 m^3/s.
  - ✓ Caudal mínimo promedio diario del periodo 1943-1973 : 0.00 m^3/s.
  - ✓ Caudal promedio multianual: 2.04 m^3/s.
  - ✓ Caudal promedio máximo multianual: 7.45 m^3/s.
  - ✓ Caudal promedio mínimo multianual: 0.00 m^3/s.
  - ✓ Caudal al 95% persistencia multianual: 0.29 m^3/s.
  - ✓ Caudal al 90% persistencia multianual: 0.50 m^3/s.
  - ✓ Caudal al 75% persistencia multianual: 0.88 m^3/s.
  - ✓ Caudal al 50% persistencia multianual: 1.60 m^3/s.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Los resultados mensuales de los periodos analizados se resumen en el cuadro siguiente:

Cuadro 6-18: Caudal y volumen mensual observado en la estación hidrométrica Sayán-Chico – Periodo 1943-1973

AÑO		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
Caudal (m^3/s)	Promedio	3.42	5.56	8.42	3.46	0.81	0.31	0.27	0.26	0.24	0.30	0.38	1.04	**2.04**
	Máximo	16.60	26.21	19.19	9.77	2.09	1.50	1.50	1.50	1.09	2.24	2.36	5.30	**7.45**
	Mínimo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	**0.00**
	P-95%	0.00	0.51	2.71	0.22	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	**0.29**
	P-90%	0.00	1.31	3.47	1.12	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	**0.50**
	P-75%	0.18	3.09	5.06	1.97	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	**0.88**
	P-50%	1.97	5.17	8.04	2.86	0.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	**1.60**
														Total
Volumen Anual (HM^3)	Promedio	9.17	13.58	22.56	8.97	2.17	0.80	0.73	0.70	0.61	0.81	0.99	2.78	**63.86**
	Máximo	44.45	64.04	51.41	25.32	5.61	3.89	4.02	4.02	2.83	6.00	6.11	14.19	**231.86**
	Mínimo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	**0.00**
	P-95%	0.00	1.24	7.25	0.57	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	**9.10**
	P-90%	0.00	3.19	9.31	2.90	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	**15.54**
	P-75%	0.48	7.55	13.56	5.11	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	**27.29**
	P-50%	5.27	12.64	21.54	7.42	1.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.18	**49.96**

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

6.1.6.2 Caudales máximos de avenida

De acuerdo al Cuadro 6.3, seleccionamos el valor 1.3 para transformar el caudal máximo diario promedio a máximo a instantáneo, quedando de la manera siguiente:

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 6-19: Transformación a caudal máximo instantáneo estación Sayán-Chico

AÑO	CAUDAL MÁXIMO PROMEDIO DIARIO (m^3/s)	CAUDAL MÁXIMO INSTANTÁNEO (m^3/s)
1944	25.23	32.80
1945	22.65	29.45
1946	21.63	28.12
1947	25.23	32.80
1948	9.00	11.70
1949	13.90	18.07
1950	10.32	13.42
1951	20.53	26.69
1952	32.75	42.58
1953	14.00	18.20
1954	17.00	22.10
1955	25.76	33.49
1956	17.00	22.10
1957	35.00	45.50
1958	18.04	23.45
1959	28.59	37.17
1960	17.50	22.75
1961	35.50	46.15
1962	18.20	23.66
1963	22.43	29.16
1964	14.63	19.02
1965	60.00	78.00
1966	38.00	49.40
1967	65.00	84.50
1968	6.00	7.80
1969	20.00	26.00
1970	70.00	91.00
1971	22.00	28.60
1972	45.00	58.50
1973	45.00	58.50

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

- Con los caudales máximos instantáneos obtenidos, se realiza el análisis estadístico de la distribución o conjunto de distribuciones de mayor ajuste a la serie, los resultados se muestran en el Cuadro 6.20. El concepto de la calibración fue ajustar un número de curva que produzca valores de descargas similares a las máximas descargas.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

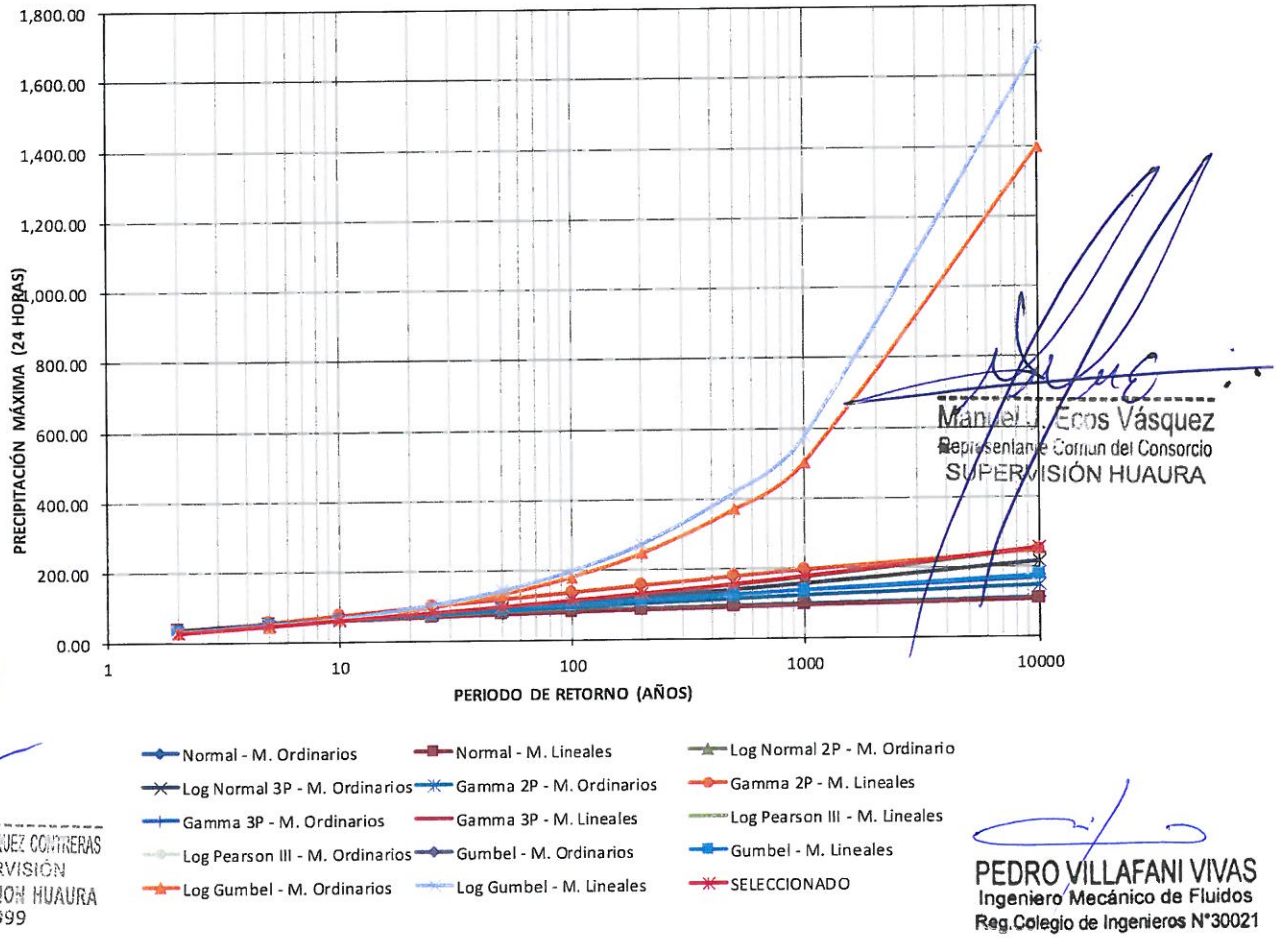
Ing. Marcial Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE

Cuadro 6-20: Resultado de las distribuciones y selección del caudal máximo instantáneo para diversos periodos de retorno – Estación Sayán-Chico

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	MOMENTOS	DELTA TEÓRICO	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)									
				2	5	10	25	50	100	200	500	1000	10000
SAYÁN-CHICO	Normal	Ordinarios (1)	0.18070	35.36	52.95	62.15	71.96	78.30	84.00	89.21	95.53	99.96	113.10
		Lineales (2)	0.18280	35.36	51.96	60.65	69.91	75.89	81.27	86.19	92.16	96.34	108.75
	Log Normal 2P	Ordinarios (3)	0.07510	30.29	48.90	62.83	82.07	97.52	113.89	131.26	155.90	175.90	251.56
		Lineales (4)	0.00755	30.29	49.02	63.06	82.48	98.10	114.66	132.25	157.21	177.49	254.30
	Log Normal 3P	Ordinarios (5)	0.08330	30.74	48.52	61.28	78.39	91.78	105.70	120.23	140.45	156.58	215.87
	Gamma 2P	Ordinarios (6)	0.11170	31.95	49.70	61.10	74.95	84.85	94.40	103.65	115.49	124.11	148.75
		Lineales (7)	0.20740	27.45	55.05	74.75	100.05	118.84	137.40	155.73	179.59	197.21	248.28
	Gamma 3P	Ordinarios (8)	0.09261	30.89	50.32	63.33	79.50	91.24	102.69	113.87	128.28	138.85	169.26
		Lineales (9)											
	Log Pearson III	Ordinarios (10)											
		Lineales (11)											
	Gumbel	Ordinarios (12)	0.11230	31.92	50.40	62.63	78.08	89.55	100.93	112.26	127.22	138.53	176.07
		Lineales (13)	0.11290	31.97	50.18	62.23	77.46	88.76	99.97	111.15	125.89	137.03	174.02
	Log Gumbel	Ordinarios (14)	0.09320	27.59	45.62	63.65	96.95	132.46	180.58	245.89	369.52	502.73	1,397.05
		Lineales (15)	0.10540	27.46	46.55	66.02	102.66	142.45	197.18	272.62	417.99	577.35	1,687.29
	Distribución Seleccionada Log Normal 2P - Momentos Lineales			**30.29**	**49.02**	**63.06**	**82.48**	**98.10**	**114.66**	**132.25**	**157.21**	**177.49**	**254.30**

gráfico distribuciones teóricas



Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

6.1.7 Otras estaciones hidrométricas

También fueron analizadas otras estaciones con menor registro histórico, como: Alco (en río Sayán con menos de dos años de registro), Fundición (en la quebrada Surasaca con menos de dos años de registro) y los caudales regulados en las presas de las lagunas Cochaquillo, Paton y Surasaca. Los resultados se muestran en el Anexo 1.1.

6.1.8 Bondad de ajuste de la serie generada

Para las distribuciones analizadas se ha realizado la prueba de bondad de ajuste, verificando la discrepancia entre los valores observados y los valores esperados en el modelo de estudio. Tales medidas se comprueban de manera que se seleccione el modelo más adecuado, mediante el test de Kolmogórov-Smirnov; el resumen se muestra en el cuadro siguiente.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marco Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 6-21: resultados de las pruebas de bondad de ajuste - serie de caudales máximos instantáneos en estaciones - MÉTODO SMIRNOV KOLMOROV

ESTACIONES	Parámetros Smirnov Kolmogorov	Normal		Log Normal 2P		Log Normal 3P		Gamma 2P		Gamma 3P		Log P Tipo 3		Gumbel		Log Gumbel	
		Momentos		Momentos		Momentos		Momentos		Momentos		Momentos		Momentos		Momentos	
		Ord.	Lin.	Ord.	Lin.	Ord.	Lin.	Ord.	Lin.	Ord.	Lin.	Ord.	Lin.	Ord.	Lin.	Ord.	Lin.
SAYÁN	Delta Tabular	0.2968	0.2968	0.2968	0.2968	0.2968		0.2968	0.2968	0.2968	0.2968	0.2968	0.2968	0.2968	0.2968	0.2968	0.2968
	Delta Teórico	0.1384	0.1347	0.1160	0.1131	0.1137		0.1021	0.1733	0.1406	0.1331			0.1270	0.1253	0.1626	0.1670
	Ajuste de la Serie	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI
CASA BLANCA	Delta Tabular	0.2050	0.2050	0.2050	0.2050	0.2050		0.2050	0.2050	0.2050	0.2050	0.2050	0.2050	0.2050	0.2050	0.2050	0.2050
	Delta Teórico	0.1393	0.1408	0.0770	0.0781	0.0797		0.0828	0.1796	0.0708	0.0746			0.0758	0.0747	0.1130	0.1062
	Ajuste de la Serie	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI
ALCO SAYÁN	Delta Tabular	0.4533	0.4533	0.4533	0.4533	0.4533		0.4533	0.4533	0.4533	0.4533	0.4533	0.4533	0.4533	0.4533	0.4533	0.4533
	Delta Teórico	0.1083	0.1001	0.0848	0.0752	0.0957		0.0780	0.1521	0.0800	0.0656		0.1060	0.0784	0.0672	0.1463	0.1394
	Ajuste de la Serie	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI
PICOY	Delta Tabular	0.3772	0.3772	0.3772	0.3772	0.3772		0.3772	0.3772	0.3772	0.3772	0.3772	0.3772	0.3772	0.3772	0.3772	0.3772
	Delta Teórico	0.1728	0.1686	0.1498	0.1386	0.1580		0.1622	0.1886	0.1557	0.1406	0.1487	0.1376	0.1569	0.1451	0.1575	0.1423
	Ajuste de la Serie	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
SAYÁN-CHICO	Delta Tabular	0.2483	0.2483	0.2483	0.2483	0.2483		0.2483	0.2483	0.2483	0.2483	0.2483	0.2483	0.2483	0.2483	0.2483	0.2483
	Delta Teórico	0.1807	0.1828	0.0751	0.0755	0.0833		0.1117	0.2074	0.0926	--	--	--	0.1123	0.1129	0.0932	0.1054
	Ajuste de la Serie	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI
SAYÁN Y ALCO-SAYÁN	Delta Tabular	0.2483	0.2483	0.2483	0.2483	0.2483		0.2483	0.2483	0.2483	0.2483	0.2483	0.2483	0.2483	0.2483	0.2483	0.2483
	Delta Teórico	0.0689	0.0676	0.1409	0.1425	0.0767		0.1170	0.1571					0.1295	0.1313	0.2116	0.2119
	Ajuste de la Serie	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI

Seleccionado

Fuente: Elaboración propia

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Mario Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Manuel J. Rios Vasquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

6.2 Análisis estadístico de consistencia de la información

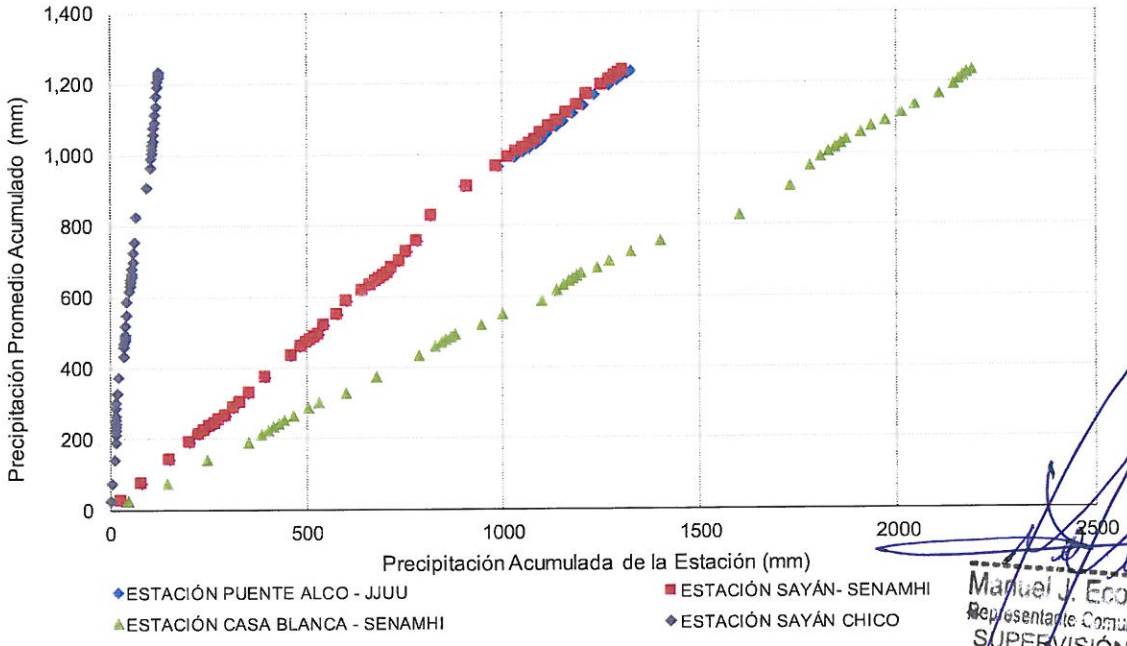
6.2.1 Diagramas doble masa

En la siguiente figura se presentan los diagramas de doble masa (CDM) para los registros de caudales medios mensuales de las estaciones Puente Alco, Casa Blanca, Sayán, Sayán Chico, Picoy; y las estaciones de cuencas vecinas Santo Domingo (Cuenca Chancay-Huaral) y Yanapampa (Cuenca Pativilca).

- GRUPO 1

  Se ha realizado el análisis grafico de las estaciones Puente Alco, Casa Blanca, Sayán y Sayán-Chico, correspondiente a la serie de registros mensuales del periodo común 1964-1968, se verificó cierto quiebre en el periodo 1965-1968 y 1967-1968, la figura es la siguiente.

Figura 48: Diagrama de masas de las estaciones hidrométricas Puente-Alco, Casa Blanca, Sayán y Sayán-Chico



- GRUPO 3

  Se ha realizado el análisis grafico de las estaciones Puente Alco y Picoy correspondiente a la serie de registros mensuales comunes del periodo jun1988-jun2017, se verificó la existencia de saltos en el periodo 2014-2017 en la estación Picoy, la figura es la siguiente.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

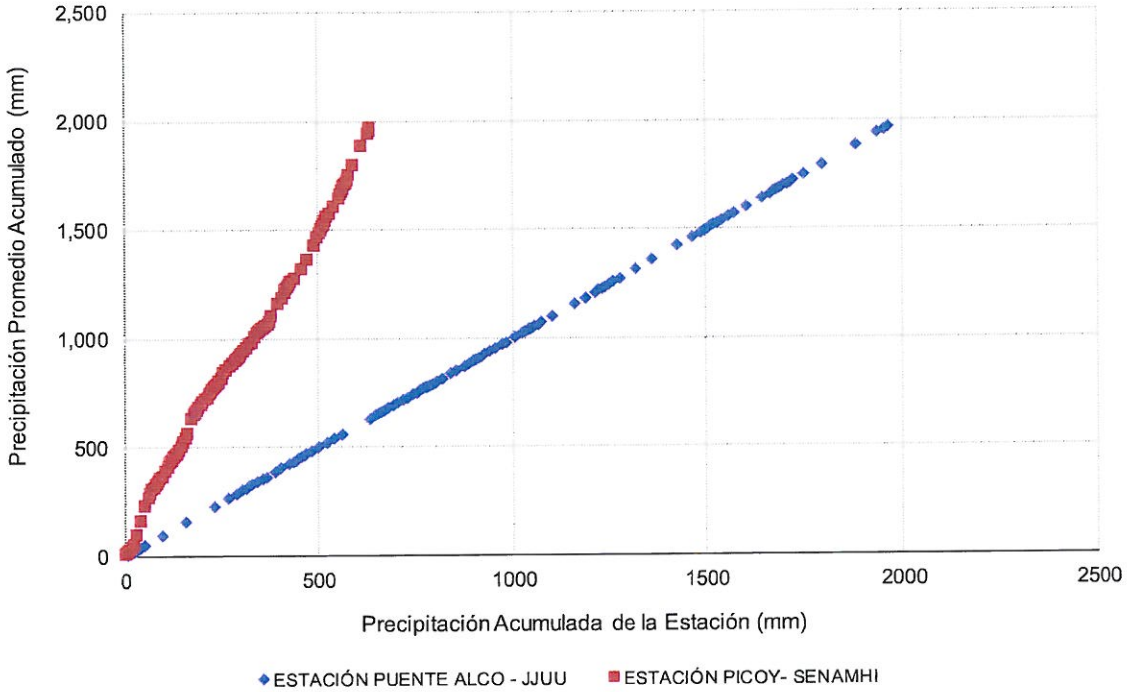
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

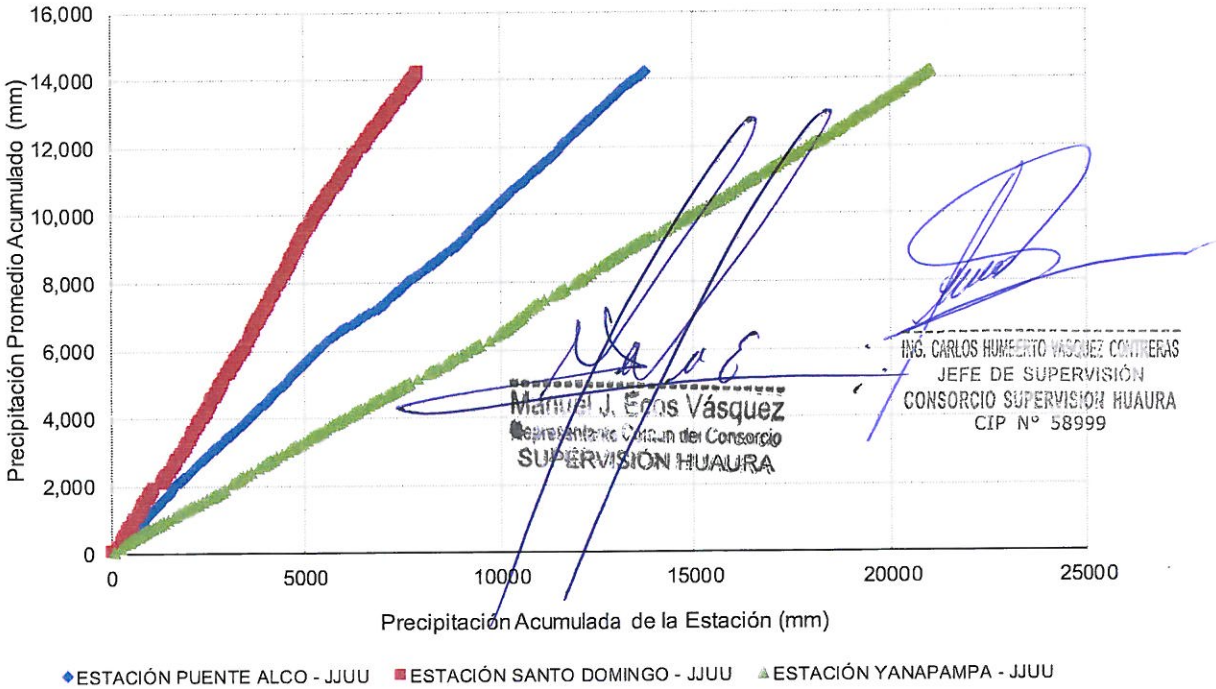
Figura 49: Diagrama de masas de las estaciones hidrométricas Puente-Alco y Picoy



- GRUPO 4

  Se ha realizado el análisis grafico de las estaciones Puente Alco, Santo Domingo (Cuenca Chancay-Huaral) y Yanapampa (Cuenca Pativilca), correspondiente a la serie de registros mensuales común del periodo 1967-2008, se verificó la existencia de saltos en el periodo 1985-2008 en las estaciones Santo Domingo y Yanapampa, la figura es la siguiente.

Figura 50: Diagrama de masas de las estaciones hidrométricas Puente-Alco, Santo Domingo y Yanapampa



Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VÁSQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISIÓN HUAURA
CIP N° 58999

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg. Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

6.2.2 Pruebas estadísticas

Después de haber analizado los hidrogramas originales y los diagramas de doble masa se obtiene los períodos de posible corrección y los períodos de datos que se mantendrán con sus valores originales, se procede al análisis estadístico de Saltos y Tendencias, en los parámetros como la media y la desviación estándar. Los resultados se muestran en los cuadros siguientes.

Cuadro 6-22: Pruebas estadísticas de saltos en la media y desviación estándar, E. hidrométricas– Grupo I

EST.	PERIODO	N	MED.	DESV. EST.	S_p	S_d	PRUEBAS ESTADÍSTICAS			
							T_C	T_T	F_C	F_T
ESTACIÓN PUENTE ALCO -	1964-1966	33	25.430	16.279	18.593	5.354	0.617	2.009	1.846	1.937
	1967-1968	19	28.732	22.117						

SALTO SIGNIF.		ECUAC. DE CORRECCIÓN			
MEDIA	D. EST				
NO	NO	0.736	X_T	+	4.282
		1.359	X_T	+	-5.818

EST.	PERIODO	N	MED.	DESV. EST.	S_p	S_d	PRUEBAS ESTADÍSTICAS			
							T_C	T_T	F_C	F_T
ESTACIÓN SAYÁN-SENAMHI	1964-1966	33	23.737	16.262	18.306	5.272	0.707	2.009	1.742	1.937
	1967-1968	19	27.466	21.465						

SALTO SIGNIF.		ECUAC. DE CORRECCIÓN			
MEDIA	D. EST				
NO	NO	0.758	X_T	+	2.929
		1.320	X_T	+	-3.866

EST.	PERIODO	N	MED.	DESV. EST.	S_p	S_d	PRUEBAS ESTADÍSTICAS			
							T_C	T_T	F_C	F_T
ESTACIÓN CASA BLANCA -	1964-abr1965	16	51.653	35.725	37.961	11.406	1.211	2.009	1.184	2.223
	may1965-1968	36	37.840	38.880						

SALTO SIGNIF.		ECUAC. DE CORRECCIÓN			
MEDIA	D. EST				
NO	NO	0.919	X_T	+	16.884
		1.088	X_T	+	-18.375

EST.	PERIODO	N	MED.	DESV. EST.	S_p	S_d	PRUEBAS ESTADÍSTICAS			
							T_C	T_T	F_C	F_T
ESTACIÓN SAYÁN CHICO	1964-abr1965	16	2.190	3.650	4.263	1.281	0.193	2.009	1.521	2.223
	may1965-1968	36	2.438	4.500						

SALTO SIGNIF.		ECUAC. DE CORRECCIÓN			
MEDIA	D. EST				
NO	NO	0.811	X_T	+	0.214
		1.233	X_T	+	-0.263

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Cuadro 6-23: Pruebas estadísticas de saltos en la media y desviación estándar, E. hidrométricas– Grupo III

EST.	PERIODO	N	MED.	DESV. EST.	S_p	S_d	PRUEBAS ESTADÍSTICAS			
							T_C	T_T	F_C	F_T
ESTACIÓN PUENTE ALCO -	1988-1993	64	24.895	26.372	29.112	5.868	2.250	1.983	1.572	1.589
	2014-2017	40	38.097	33.062						

SALTO SIGNIF.		ECUAC. DE CORRECCIÓN			
MEDIA	D. EST				
SI	NO	0.798	X_T	+	-5.493
		1.254	X_T	+	6.886

EST.	PERIODO	N	MED.	DESV. EST.	S_p	S_d	PRUEBAS ESTADÍSTICAS			
							T_C	T_T	F_C	F_T
ESTACIÓN PICOY-SENAMHI	1988-1993	64	4.939	2.095	3.845	0.775	1.977	1.983	7.196	1.589
	2014-2017	40	6.471	5.620						

SALTO SIGNIF.		ECUAC. DE CORRECCIÓN			
MEDIA	D. EST				
NO	SI	0.373	X_T	+	2.526
		2.682	X_T	+	-6.776

ING. CARLOS HUMBERTO VÁSQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISIÓN HUAURA
CIP N° 53999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 6-24: Pruebas estadísticas de saltos en la media y desviación estándar, E. hidrométricas– Grupo IV

EST.	PERIODO	N	MED.	DESV. EST.	S_p	S_d	PRUEBAS ESTADÍSTICAS			
							T_C	T_T	F_C	F_T
ESTACIÓN PUENTE ALCO -	1967-1984	215	27.708	23.494	24.657	2.234	0.041	1.965	1.179	1.238
	1985-2008	281	27.800	25.510						
			SALTO SIGNIF.		ECUAC. DE CORRECCIÓN					
			MEDIA	D. EST						
			NO	NO	0.921	X_T	+	2.105		
					1.086	X_T	+	-2.286		

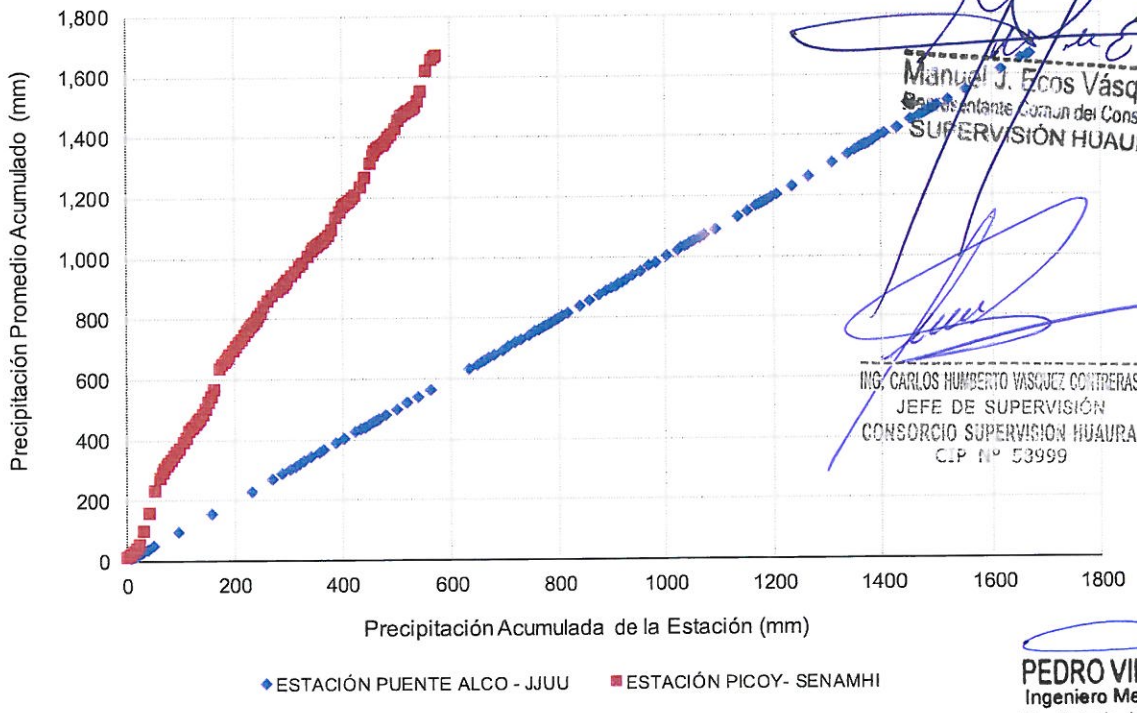
EST.	PERIODO	N	MED.	DESV. EST.	S_p	S_d	PRUEBAS ESTADÍSTICAS			
							T_C	T_T	F_C	F_T
ESTACIÓN SANTO DOMINGO - JJUU	1967-1984	215	17.276	23.549	19.337	1.752	1.272	1.965	2.351	1.238
	1985-2008	281	15.048	15.359						
			SALTO SIGNIF.		ECUAC. DE CORRECCIÓN					
			MEDIA	D. EST						
			NO	SI	1.533	X_T	+	-5.796		
					0.652	X_T	+	3.780		

EST.	PERIODO	N	MED.	DESV. EST.	S_p	S_d	PRUEBAS ESTADÍSTICAS			
							T_C	T_T	F_C	F_T
ESTACIÓN YANAPAMPA -	1967-1984	215	47.302	41.975	37.120	3.363	2.602	1.965	1.625	1.238
	1985-2008	281	36.552	32.931						
			SALTO SIGNIF.		ECUAC. DE CORRECCIÓN					
			MEDIA	D. EST						
			SI	SI	1.275	X_T	+	-1.838		
					0.785	X_T	+	1.442		

6.2.3 Diagramas y pruebas estadísticas después de la corrección

Finalmente se corrigieron las series hidrométricas que presentaban saltos tanto en la media, como en la desviación estándar; se puede apreciar que en el Grupo I no es necesario realizar correcciones; los diagramas doble masa y pruebas estadísticas de verificación siguientes.

Figura 51: Diagrama de masas del Grupo III corregido



Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

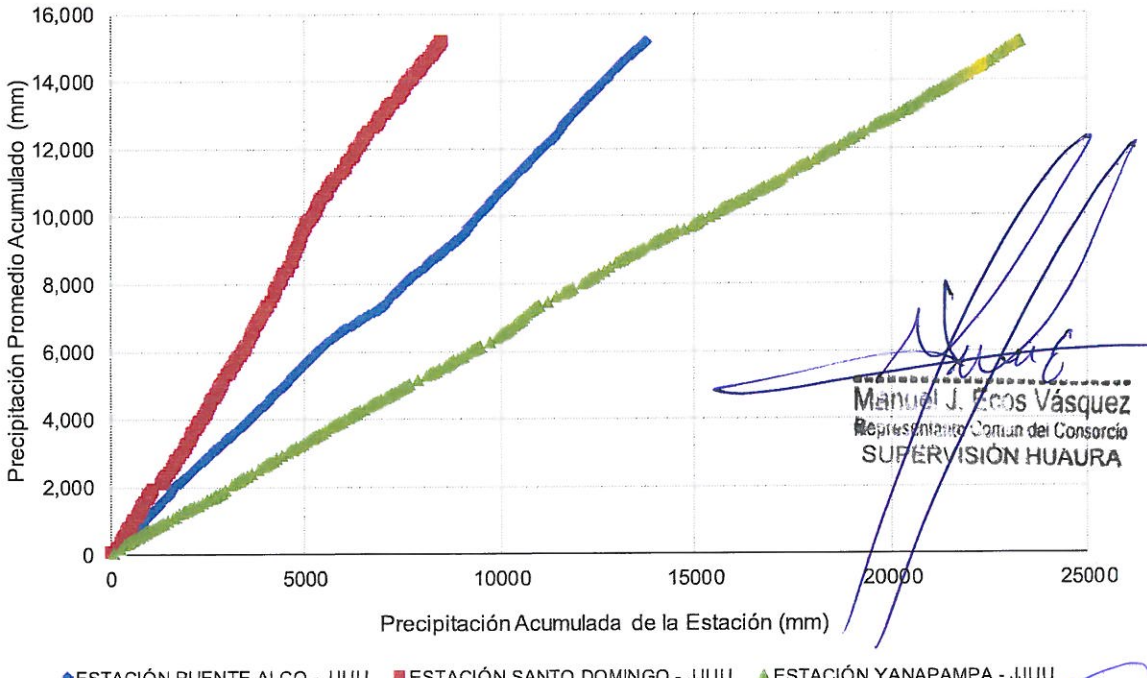
CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 6-25: Resultados de las pruebas estadísticas a las series hidrométricas corregidas – Grupo III

EST.	PERIODO	N	MED.	DESV. EST.	S_p	S_d	PRUEBAS ESTADÍSTICAS			
							T_C	T_T	F_C	F_T
ESTACIÓN PUENTE ALCO -	1988-1993	64	24.895	26.372	26.336	5.308	0.031	1.983	1.007	1.589
	2014-2017	40	25.058	26.278						
			SALTO SIGNIF.		ECUAC. DE CORRECCIÓN					
			MEDIA	D. EST						
			NO	NO	*1.004*	X_T	+	*-0.252*		
					0.996	X_T	+	*0.251*		

EST.	PERIODO	N	MED.	DESV. EST.	S_p	S_d	PRUEBAS ESTADÍSTICAS			
							T_C	T_T	F_C	F_T
ESTACIÓN PICOY-SENAMHI	1988-1993	64	4.939	2.095	2.091	0.422	0.040	1.983	1.009	1.589
	2014-2017	40	4.955	2.085						
			SALTO SIGNIF.		ECUAC. DE CORRECCIÓN					
			MEDIA	D. EST						
			NO	NO	*1.005*	X_T	+	*-0.040*		
					0.995	X_T	+	*0.040*		

Figura 52: Diagrama de masas del Grupo IV corregido



Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64051

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 6-26: Resultados de las pruebas estadísticas a las series hidrométricas corregidas – Grupo IV

EST.	PERIODO	N	MED.	DESV. EST.	S_p	S_d	PRUEBAS ESTADÍSTICAS			
							T_C	T_T	F_C	F_T
ESTACIÓN PUENTE ALCO -	1967-1984	215	27.708	23.494	24.657	2.234	0.041	1.965	1.179	1.238
	1985-2008	281	27.800	25.510						
	SALTO SIGNIF.				ECUAC. DE CORRECCIÓN					
	MEDIA		D. EST							
	NO		NO		0.921 X_T + 2.105 1.086 X_T + -2.286					

EST.	PERIODO	N	MED.	DESV. EST.	S_p	S_d	PRUEBAS ESTADÍSTICAS			
							T_C	T_T	F_C	F_T
ESTACIÓN SANTO DOMINGO - JJUU	1967-1984	215	17.276	23.549	23.314	2.112	0.073	1.965	1.036	1.238
	1985-2008	281	17.123	23.133						
	SALTO SIGNIF.				ECUAC. DE CORRECCIÓN					
	MEDIA		D. EST							
	NO		NO		1.018 X_T + -0.154 0.982 X_T + 0.151					

EST.	PERIODO	N	MED.	DESV. EST.	S_p	S_d	PRUEBAS ESTADÍSTICAS			
							T_C	T_T	F_C	F_T
ESTACIÓN YANAPAMPA -	1967-1984	215	47.302	41.975	41.887	3.795	0.166	1.965	1.007	1.238
	1985-2008	281	46.673	41.820						
	SALTO SIGNIF.				ECUAC. DE CORRECCIÓN					
	MEDIA		D. EST							
	NO		NO		1.004 X_T + 0.457 0.996 X_T + -0.455					

Con las series ya analizadas se efectúa la completación de la información de datos faltantes de las estaciones seleccionadas (estaciones Sayán, Aco-Sayán, Puente-Alco, Casa Blanca, Sayán-Chico y Picoy), utilizando una hoja de cálculo para dicho propósito.

Para completar ciertos periodos faltantes de las estaciones; se ha tomado en cuenta el registro histórico de dos estaciones hidrométricas de cuencas vecinas con similares características hidrológicas, siendo las siguientes: estación Santo Domingo (cuenca del río Chancay-Huaral) y Yanapampa (cuenca del río Pativilca).

Cabe mencionar que las correlaciones obtenidas entre las series son superiores a 0.80.

6.3 RESULTADOS DE LAS ESTACIONES HIDROMÉTRICAS ANALIZADAS

A continuación, se resumen en Tablas y Gráficos los caudales promedio mensuales y persistencias al 50%, 75%, y 90% en las 06 estaciones estudiadas, previamente se ha realizado el tratamiento estadístico y extensión de la información hasta obtener un periodo común entre los años 1964-2018.

El registro completo se muestra en el Anexo 1.2.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64051

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 6-27: Caudales (m3/s) medios mensuales extendidos y completados de las estaciones hidrométricas analizadas, correspondiente al periodo 1964-2018

ESTACIONES	OPERADOR	ESTADO	CUENCA	UBICACIÓN UTM	DATO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
PUENTE ALCO	Junta de Usuarios	Operativo	RÍO HUAURA	Este	Media	40,0	57,3	73,7	47,0	22,3	14,5	12,4	11,4	11,8	14,7	17,3	25,1	29,0
				268.993	Máx.	109,8	117,0	158,9	94,4	45,2	25,4	18,7	16,2	18,3	25,4	33,0	66,0	60,7
				Norte	Mín.	12,2	13,4	25,3	11,2	9,6	7,2	6,3	5,6	6,2	7,2	9,5	9,5	10,3
				8.778.591	P (90%)	20,6	24,8	32,8	21,0	12,4	10,5	8,4	8,4	9,5	11,3	11,7	12,7	15,3
				Cota (msnm)	P (75%)	25,0	38,7	39,8	29,3	15,3	11,6	10,9	10,5	10,6	12,8	13,4	15,2	19,4
				950	P (50%)	36,0	54,1	69,8	42,7	20,9	14,0	12,3	11,7	11,8	14,3	16,2	22,1	27,1
ALCO SAYÁN	SENAMHI	No Operativo	RÍO HUAURA	Este	Media	36,2	50,1	60,6	43,0	23,7	17,1	14,6	11,6	13,1	17,6	19,7	26,5	27,8
				268.993	Máx.	86,2	94,8	131,0	90,3	42,2	29,9	27,2	24,1	26,6	27,0	35,5	54,8	55,8
				Norte	Mín.	10,8	17,2	22,9	15,3	6,2	5,6	5,0	4,5	5,0	5,9	5,8	7,0	9,3
				8.778.591	P (90%)	21,7	25,7	30,4	22,4	14,5	8,4	7,3	7,1	8,3	8,4	8,9	15,8	14,9
				Cota (msnm)	P (75%)	26,5	35,7	36,4	27,5	17,6	12,8	8,5	8,4	8,5	15,4	14,9	19,7	19,3
				950	P (50%)	34,0	51,9	59,3	40,3	22,7	16,2	15,1	8,8	11,3	17,9	19,5	24,6	26,8
CASA BLANCA	SENAMHI	No Operativo	RÍO HUAURA	Este	Media	45,5	64,1	74,6	47,2	23,1	16,5	14,3	13,1	14,2	15,8	19,3	26,8	31,2
				258.031	Máx.	200,0	130,0	158,8	103,2	45,3	29,6	21,7	18,1	42,5	29,2	56,5	76,1	75,9
				Norte	Mín.	9,6	18,1	29,5	11,8	9,6	9,0	8,4	8,2	9,0	9,3	9,3	9,8	11,8
				8.767.086	P (90%)	23,7	32,0	35,9	22,4	14,1	11,9	10,5	9,9	10,0	11,0	12,0	15,0	17,4
				Cota (msnm)	P (75%)	27,1	43,8	46,8	30,0	17,6	13,7	12,5	11,5	11,6	12,8	13,7	17,4	21,5
				611	P (50%)	38,9	62,7	67,6	41,9	20,2	16,0	14,2	13,3	13,7	15,6	17,5	23,0	28,7
PICOY	SENAMHI	Operativo	RÍO HUAURA	Este	Media	7,7	10,3	12,3	8,6	4,7	3,4	3,0	2,7	3,1	3,5	4,0	5,2	5,7
				310.198	Máx.	18,3	26,9	25,7	23,6	8,9	6,8	5,4	5,1	5,8	5,6	7,6	9,9	12,5
				Norte	Mín.	1,9	4,2	5,0	2,3	1,2	1,2	1,2	1,0	1,2	1,2	1,0	1,6	1,9
				8.792.138	P (90%)	4,8	5,5	6,8	4,6	2,8	1,8	1,6	1,6	1,6	2,2	1,8	2,9	3,2
				Cota (msnm)	P (75%)	5,6	6,7	8,4	6,0	3,7	2,4	2,1	1,8	2,6	3,0	3,0	4,0	4,1
				2.903	P (50%)	7,1	10,3	11,3	8,0	4,7	3,4	3,4	2,6	3,3	3,5	3,6	4,9	5,5
SANTO DOMINGO	SENAMHI	Operativo	RÍO CHANCAY HUARAL	Este	Media	25,4	39,8	50,7	26,6	10,7	7,1	5,8	5,3	5,3	6,2	8,6	15,2	17,2
				268.671	Máx.	85,5	135,5	219,4	62,3	25,6	12,0	12,9	12,6	15,3	12,8	24,2	68,8	57,2
				Norte	Mín.	6,6	4,6	9,3	5,3	3,1	3,1	2,1	2,6	2,9	2,2	2,6	3,1	4,0

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
Representante Común del Consorcio

Manuel J. Ecos Vásquez C.I.P. 43296

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Marco Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64057

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

SUPERVISIÓN HUAURA

ESTACIONES	OPERADOR	ESTADO	CUENCA	UBICACIÓN UTM	DATO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
				8.742.316	P (90%)	10,0	13,1	20,3	11,2	4,4	4,1	3,9	3,6	3,6	4,2	4,6	5,9	7,4
				Cota (msnm)	P (75%)	12,6	26,0	32,2	18,5	6,9	5,4	4,6	4,0	4,1	5,0	5,7	7,7	11,0
				620	P (50%)	21,2	37,6	46,9	24,9	10,4	6,9	5,6	5,2	5,2	5,5	6,8	11,5	15,6
SAYÁN-CHICO	SENAMHI	No Operativo	RÍO HUAURA	Este	Media	4,3	6,0	7,6	4,3	1,9	1,1	0,9	0,8	0,8	1,0	1,2	2,1	2,7
				260.320	Máx.	16,6	26,2	19,2	9,8	4,8	2,8	2,2	2,0	1,7	2,4	3,4	6,4	8,1
				Norte	Mín.	0,0	0,8	2,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
				8.767.077	P (90%)	1,5	2,2	3,1	1,8	0,6	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	1,0
				Cota (msnm)	P (75%)	2,3	3,7	4,9	2,6	1,1	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	1,6
				678	P (50%)	4,1	5,8	6,9	4,0	1,9	0,9	0,6	0,6	0,6	0,6	1,0	1,9	2,4
SAYÁN	SENAMHI	Operativo	RÍO HUAURA	Este	Media	42,8	61,6	78,4	49,5	23,4	15,4	13,3	12,2	12,5	15,5	18,0	26,8	30,8
				259.925	Máx.	107,8	116,6	165,0	104,7	45,6	27,7	20,1	18,4	20,3	25,4	36,7	63,3	62,6
				Norte	Mín.	12,2	16,1	26,0	13,5	11,2	8,3	7,7	7,4	8,1	8,0	7,9	12,0	11,5
				8.768.273	P (90%)	22,8	25,5	33,6	21,4	13,6	11,0	10,0	9,7	10,0	11,0	12,1	14,3	16,3
				Cota (msnm)	P (75%)	27,8	39,8	44,7	29,5	15,7	13,2	11,5	10,3	10,8	13,9	14,2	16,6	20,7
				647	P (50%)	39,3	61,6	73,8	46,1	21,3	14,8	13,2	12,4	12,4	15,5	17,1	24,8	29,4
YANAPAMPA	Junta de Usuarios	Operativo	RÍO PATIVILCA	Este	Media	60,9	91,0	101,7	66,0	30,2	19,5	16,3	14,7	16,1	20,6	26,4	40,5	42,0
				243.545	Máx.	156,8	246,5	232,5	144,4	60,7	35,3	28,5	24,9	42,5	41,6	56,5	119,5	99,1
				Norte	Mín.	26,1	17,6	38,2	17,0	10,6	10,2	10,2	9,2	9,0	10,8	10,8	14,5	15,4
				8.826.623	P (90%)	31,8	45,9	60,4	35,3	16,5	12,2	11,1	11,0	11,4	13,5	16,0	20,5	23,8
				Cota (msnm)	P (75%)	42,2	58,3	73,0	43,5	20,9	15,8	12,7	11,4	12,7	15,8	19,3	25,0	29,2
				809	P (50%)	52,7	83,6	100,3	65,5	28,9	18,5	15,5	13,6	14,4	19,7	23,7	33,7	39,2

Fuente: Elaboración propia

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrología
CIP: 64031

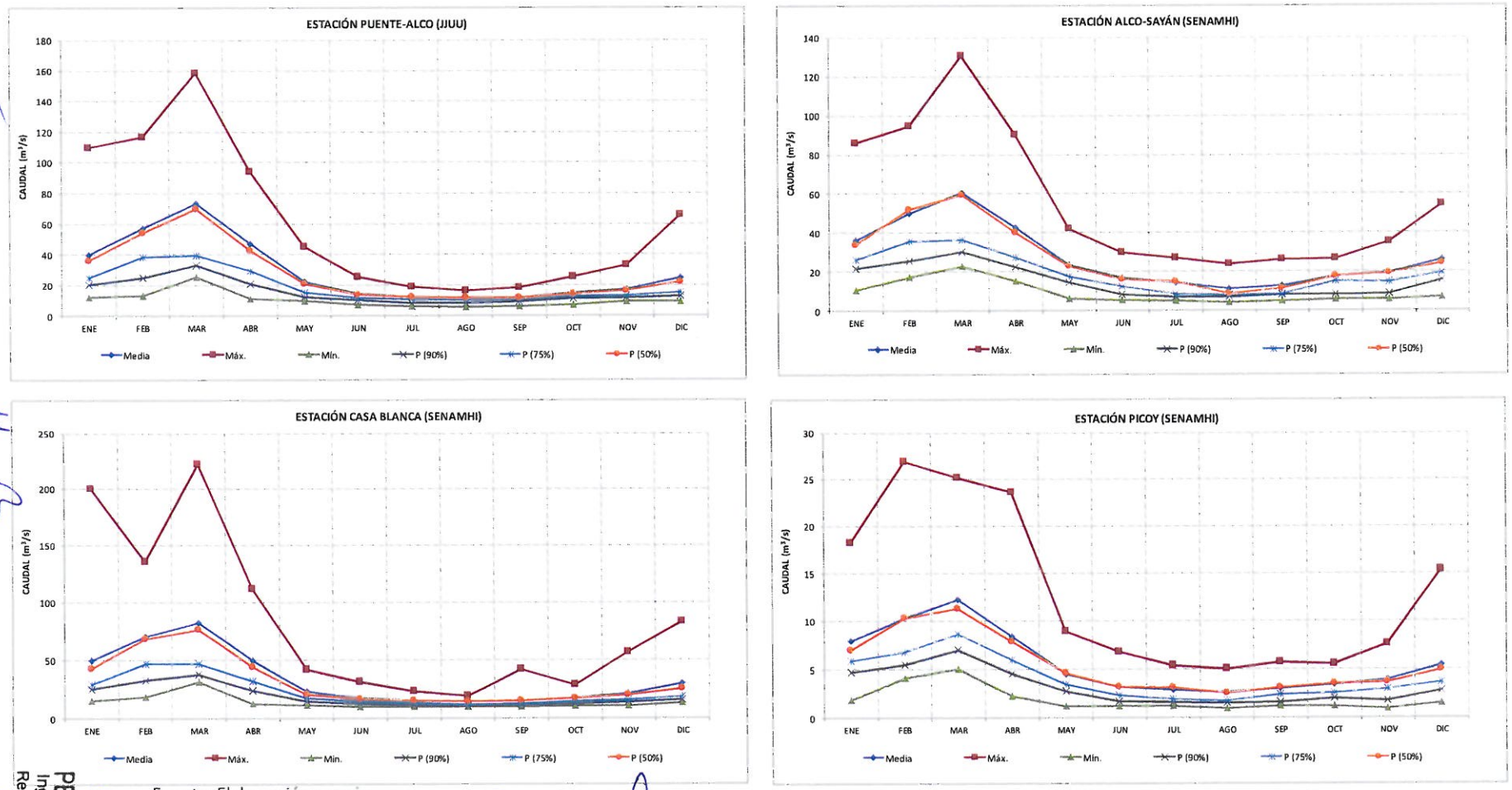
Manuel V. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg. Colegio de Ingenieros N° 30021

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 53: Histogramas de caudales promedios mensuales, estaciones: Alco-Sayán, Casa Blanca y Picoy



Fuente: Elaboración propia

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

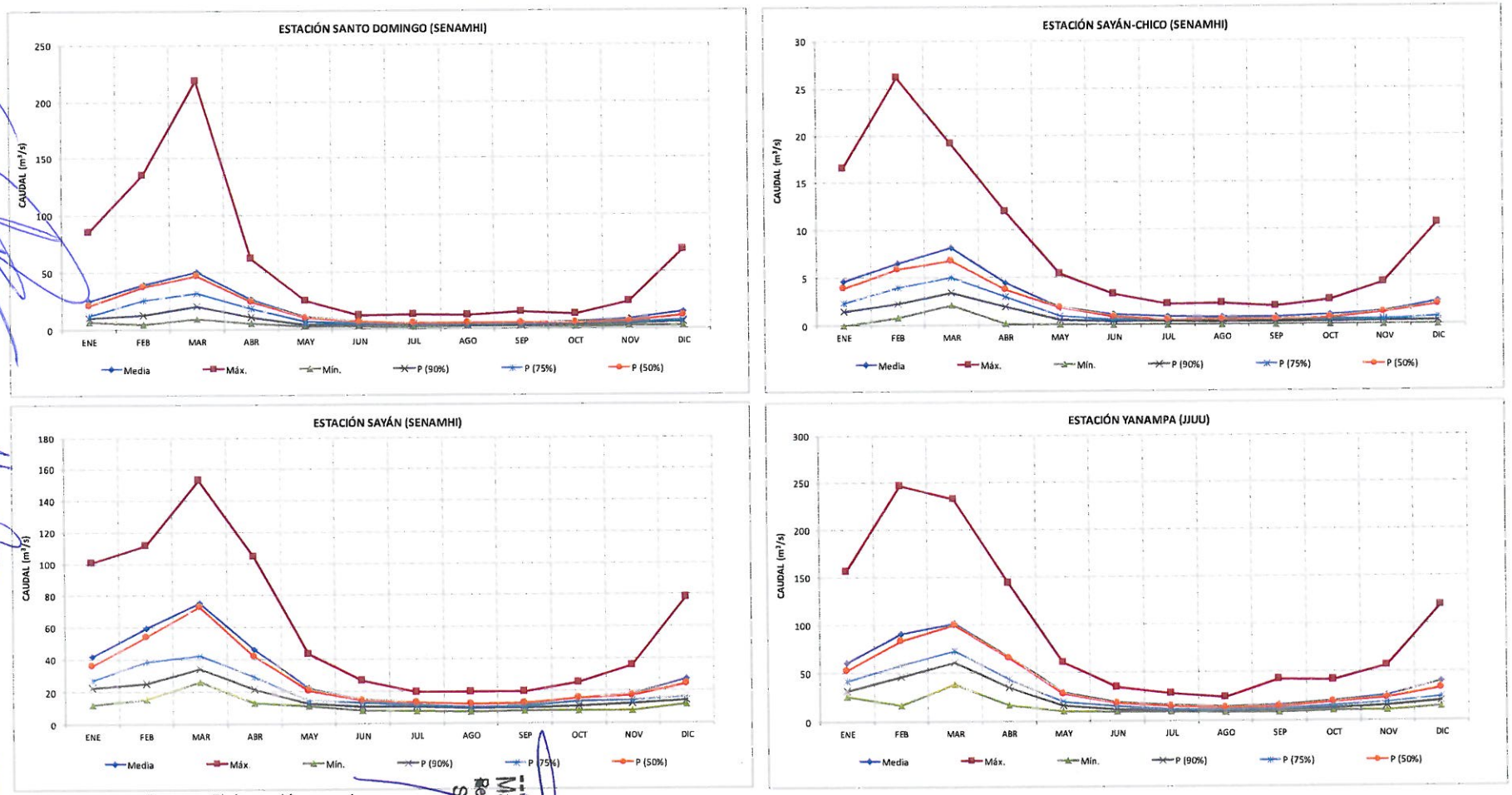
CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Manuel Ecos Vásqu
Representante Común del Conso
SUPERVISIÓN HUAUR

2252

Figura 54: Histogramas de caudales promedios mensuales, estaciones: Santo Domingo, Sayán-Chico, Sayán y Yanapampa



Fuente: Elaboración propia

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

ING. CARLOS HUBERTO VASQUEZ CORNEJO
JEFE DE SUPERVISION
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

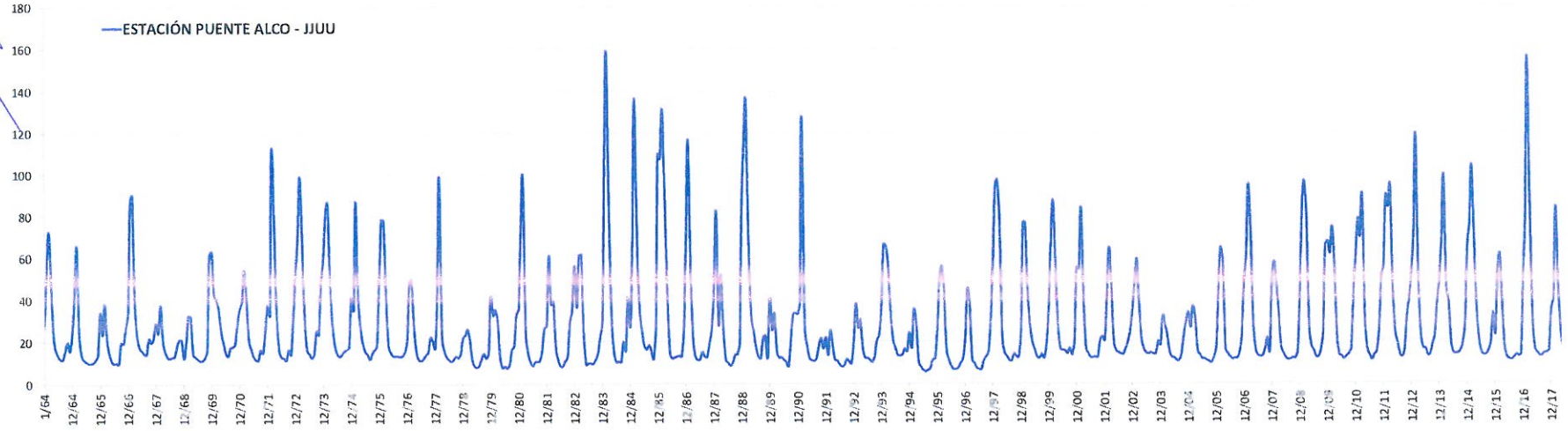
Mg. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

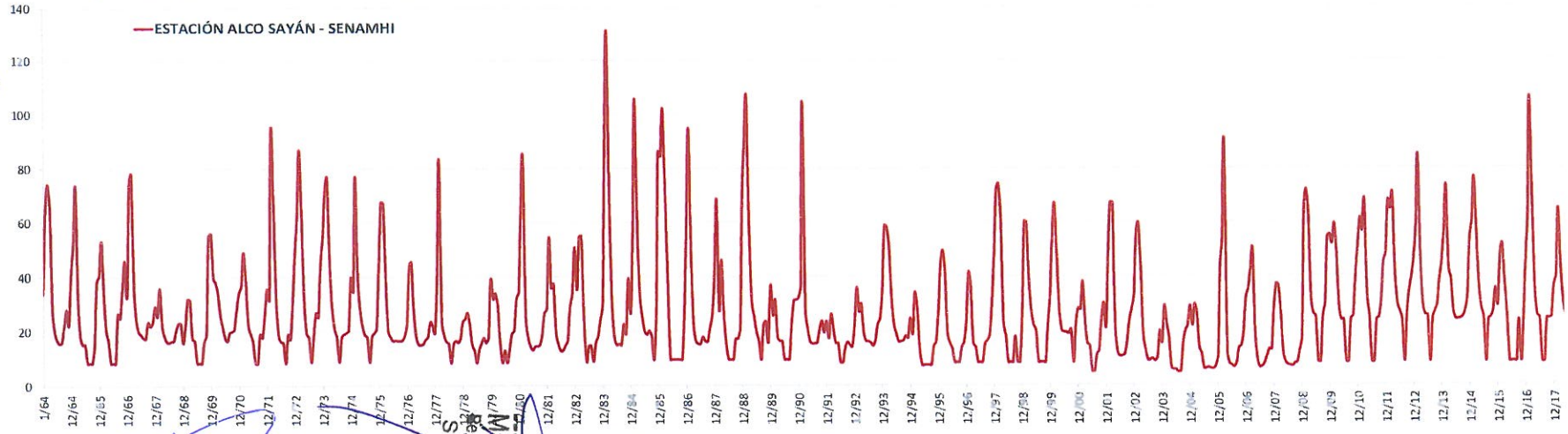
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg. Colegio de Ingenieros N°3002

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Manuel J. Perez Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISION HUAURA

Figura 55: hidrogramas de caudales medios mensuales extendidos y completados de las estaciones Puente-Alco y Alco-Sayán, Periodo 1964-2018





Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Marcial Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64051

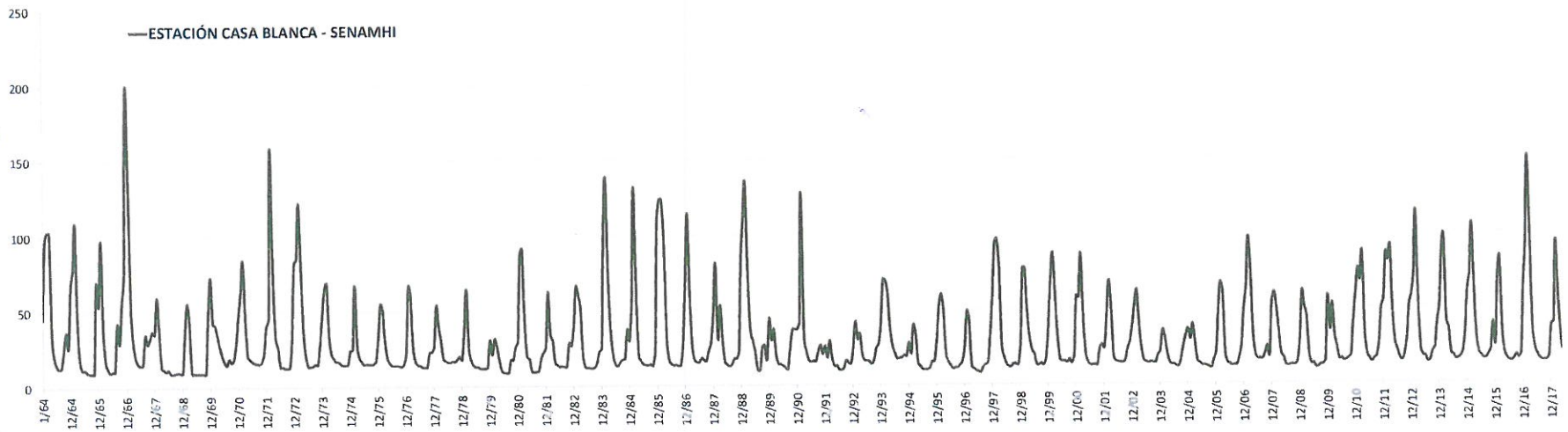
CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

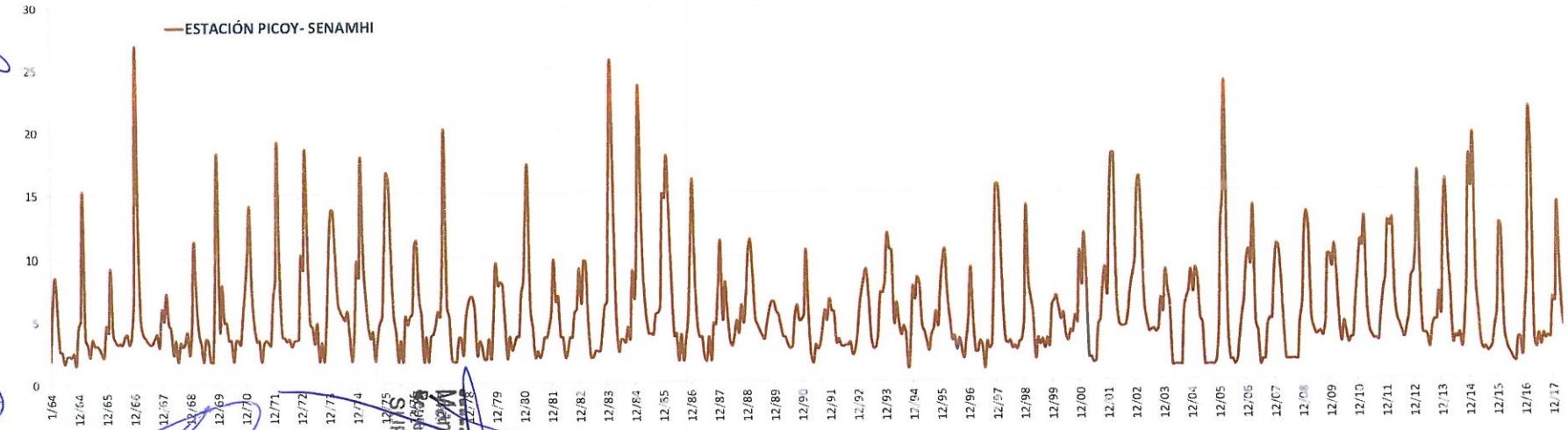
ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

SUPERVISIÓN HUAURA

2250

Figura 56: hidrogramas de caudales medios mensuales extendidos y completados de las estaciones Casa Blanca y Picoy, Periodo 1964-2018





Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrología
CIP: 64031

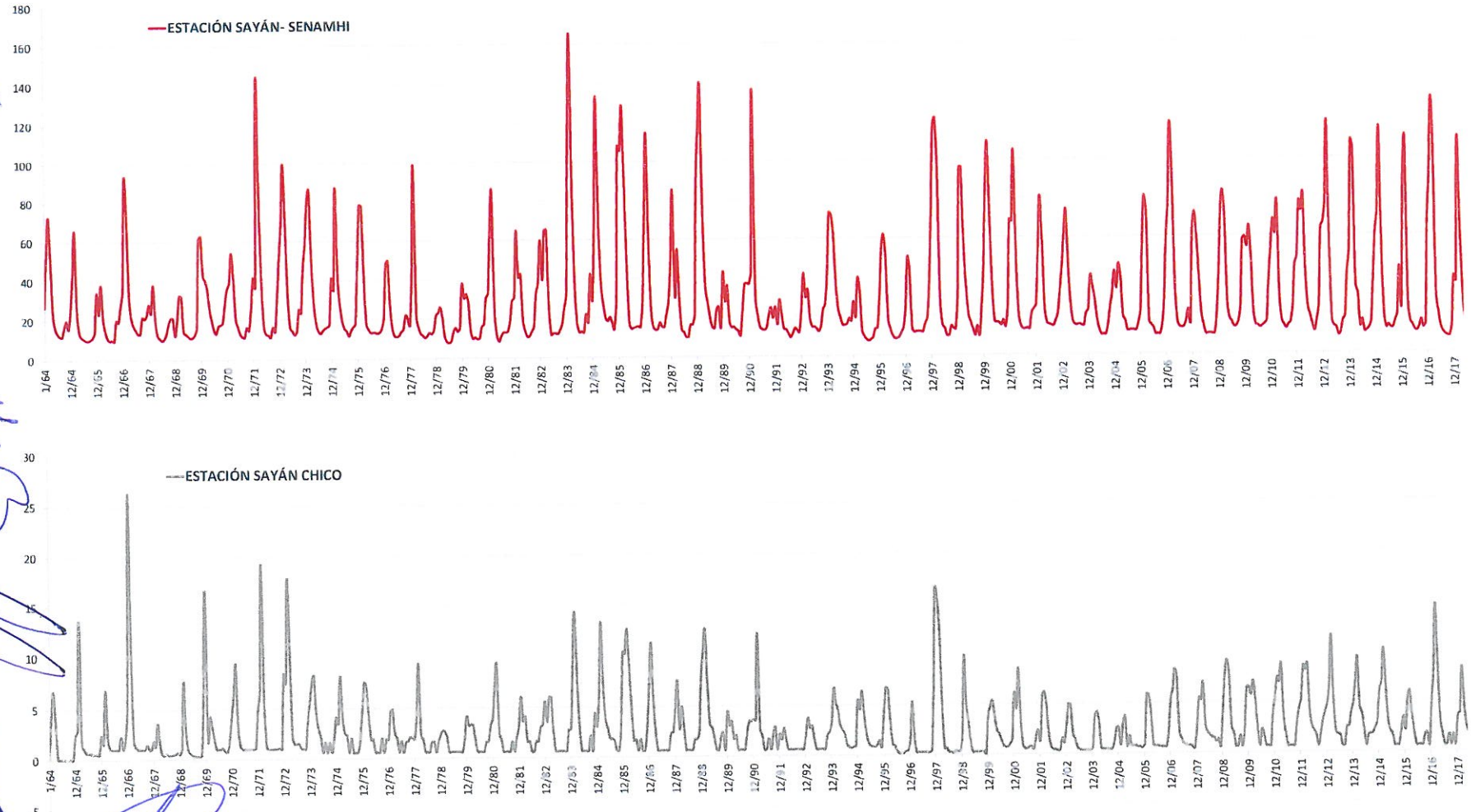
CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISION HUAURA

2249

Figura 57: hidrogramas de caudales medios mensuales extendidos y completados de las estaciones Sayán y Sayán-Chico, Periodo 1964-2018



Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
CIP 43296

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg. Colegio de Ingenieros N°3007

Ing. Mario Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrología
CIP: 64031

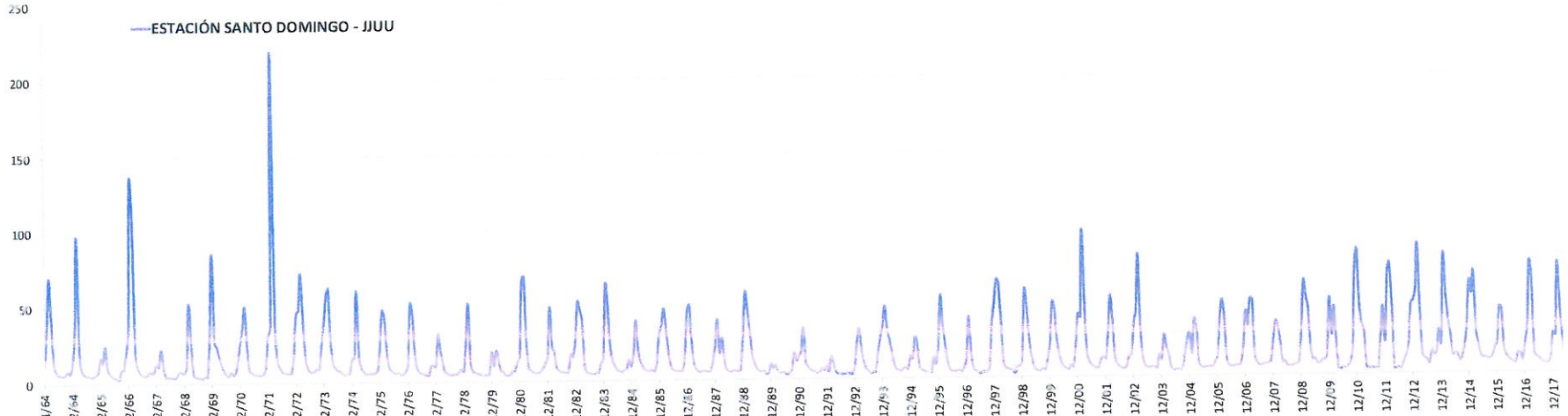
Manuel J. Egos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

87222

Figura 58: hidrogramas de caudales medios mensuales extendidos y completados de las estaciones Santo Domingo, Periodo 1964-2018



Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marvel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg Colegio de Ingenieros N°30021

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISIÓN HUAURA
CIP Nº 53999

Manuel J. Egos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

2247

7 DELIMITACIÓN HIDROGRÁFICA – MÉTODO PFAFSTETTER

En este método la importancia de cualquier río está relacionada con el área de su cuenca hidrográfica. Se hace una distinción entre río principal y tributario, en función del criterio del área drenada. Así, en cualquier confluencia, el río principal será siempre aquel que posee la mayor área drenada entre los dos. Se denomina cuencas las áreas drenadas por los tributarios e intercuencas las áreas restantes drenadas por el río principal.

La Unidad Hidrográfica de la Cuenca del río Huaura es el 13756; para efectos del presente estudio se obtuvieron un total de 11 subcuencas, las cuales cada una agrupa un conjunto de microcuencas que se determinaron con el modelo hidrológico HEC-HMS (versión 4.3); los resultados se pueden apreciar en el cuadro siguiente.

Cuadro 7-1: Unidad hidrográfica, división de subcuencas y microcuencas

CUENCA	UNIDAD HIDROGRÁFICA	ORDEN (de ag_arr a ag_ab)	SUBCUENCA	MICROCUENCA SEGÚN HMS	NOMBRE
Cuenca Hidrográfica del Río Huaura	13756	1	Subcuenca Quichas-Ushpa	W620	Surasaca
				W630	Ushpa
				W640	Quinches
		2	Subcuenca Pampahuay-Paton	W650	Paton Cabecera
				W660	Paton
				W680	Pampahuay
		3	Subcuenca Huaura-Churin	W670	Huaura-Yarucalla
				W690	Cutacancha
				W700	Huaura-1
				W710	Mayo Punco
				W720	Huaura-2
				W740	Pachangara
				W750	Pucayaco
				W760	Huaura-3
				W770	Huaura-4
		4	Subcuenca Cochaquillo-Queruraccra	W780	Cochaquillo
				W860	Morococha
				W880	Cochaquillo-Caracancha-Morococha-Yuracyacu
				W890	Caracancha-Morococha-Yuracyacu
				W940	Yuracyacu
				W990	Queruracra-2
				W1000	Pallca
				W1010	Queruracra-1
		5	Subcuenca Checras	W790	Cayash
				W840	Checras-3
				W930	Checras-2
				W970	Riguarco
				W980	Checras-1
		6	Subcuenca Huaura-Paccho-Tingo	W730	Huancoy
				W820	Ishpa
				W830	Huaura-5
				W850	Ishpa-Huancoy
				W870	Huaura-6
				W910	Huaura-7

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

CUENCA	UNIDAD HIDROGRÁFICA	ORDEN (de ag_arr a ag_ab)	SUBCUENCA	MICROCUENCA SEGÚN HMS	NOMBRE
				W920	Paccho
				W950	Pampa Quilla-Quisa
				W960	Huaura-8
				W1020	Picunche
				W1030	Huaura-9
		7	Subcuenca Yarucaya	W800	Yarucayo
				W810	Shihuincocha
				W900	Yarucaya
		8	Subcuenca Huaura-Sayán	W1050	Huaura-10
				W1100	Puscao
				W1130	Huaura-11
		9	Subcuenca Chico-Auquimarca	W1080	Auquimarca (Chico)
				W1150	Río Chico-1
				W1160	Huaycho-Ihuari
				W1170	Huaycho
				W1180	Río Chico-2
				W1190	Quipo
				W1200	Río Chico-3
				W1210	De La Mina
				W1220	Ihuari
		10	Subcuenca Huaura-Medio	W1060	Llocllа (Tumaray)
				W1140	Huaura-12
		11	Subcuenca Huaura-Bajo	W1040	Río Seco
				W1070	Minas
				W1090	Huaura-14
				W1110	Huaura-13
				W1120	Huaura-12

Fuente: Elaboración propia

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

7.1 HIDROGRAFÍA

La cuenca del río Huaura tiene una extensión total hasta el cruce con la Carretera Panamericana de 4 277.9 km², de los cuales 2 634.1 km² pertenecen a la denominada cuenca húmeda, compuesta por las áreas de las subcuencas que se muestran en el Cuadro 7.2.

La cuenca húmeda ha sido delimitada con las isoyetas de la precipitación total multianual por encima de los 475 mm, cabe mencionar que, para determinar la precipitación multianual de la cuenca, previamente se ha realizado el análisis de consistencia, completado y extensión de la información pluviométrica entre los años 1964-2018; en la Figura 1-A se muestra el área delimitada en función a las isoyetas de precipitación total anual. El área húmeda representa aproximadamente la mayor cantidad de precipitación en la cuenca siendo de 18.055 mm/Km2 (ver Cuadro 4.2) por el método de Thiessen y 17.666 mm/Km2 (ver Cuadro 4.3) por el método de las Isoyetas, aproximadamente.

En la Figura 1-B, se aprecia el Mapa de Elevación o Mapa Orográfico de la cuenca, obtenido con la imagen satelital ALOS PALSAR (12m x 12m), se observa que el área húmeda delimitada en base a las isoyetas multianual se aproxima a la forma de las curvas de nivel de la cuenca, siendo su rango de elevaciones entre los 3500 msnm a los 5800 msnm.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CORTEGANA
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

El río Huaura tiene sus orígenes en la Cordillera de Raura, a una altitud que varía entre 4500 a 5800 m.s.n.m., donde el deshielo de nevados permanentes, así como la descarga de lagunas y acuíferos ubicados en la parte superior de la cuenca incrementan el caudal de escorrentía con las precipitaciones estacionales de diciembre a marzo (Aguirre, 1998).

La red hidrológica de la cuenca del río Huaura está conformada por el río Huaura, como afluente principal, y una red secundaria, conformada por los ríos Ushpa, Surasaca, Pampahuay, Patón, Checras, Huanangue y Río Chico.

El abastecimiento de esta red hidrológica se realiza a través de nevados-glaciares y una serie de pequeñas lagunas (entre las que destacan Surasaca, Cochaquillo, Patón, Coyllarcocha y Mancancocha), ubicadas en la parte alta de la cuenca.

La escorrentía de la parte alta de la cuenca drena a los afluentes del río Huaura y río Chico, cuyos cauces convergen en Sayán.

De allí las aguas del río Huaura discurren en dirección oeste hacia el Océano Pacífico atravesando los terrenos agrícolas ubicados en la cuenca baja y constituyéndose como la única fuente superficial de recurso hídrico para las localidades de Huacho y Huaura (Vásquez, 1999). El río Huaura posee una longitud total de 155.2 km desde la Cordillera de Raura hasta la desembocadura al mar.

El río Huaura tiene un comportamiento estacional, y las variaciones estaciónales del régimen de descargas están en relación directa al comportamiento de las precipitaciones pluviales que ocurren en la cuenca húmeda. Mediante el análisis realizado a la serie de caudales de la estación Sayán adquiridos del SENAMHI, se pudo obtener la serie completa entre los años 1964 al 2018; de los resultados se pudo observar la existencia de cuatro periodos: un periodo de avenidas, comprendido entre los meses de enero a marzo; un periodo de transición comprendido entre los meses de abril y mayo; un periodo de estiaje, entre junio y setiembre, y un periodo transicional de avenidas y estiaje, entre setiembre y diciembre. Entre mayo y junio hay también un periodo transicional que corresponde al periodo o curva de agotamiento del río Huaura ver Figura 59.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP Nº 59999

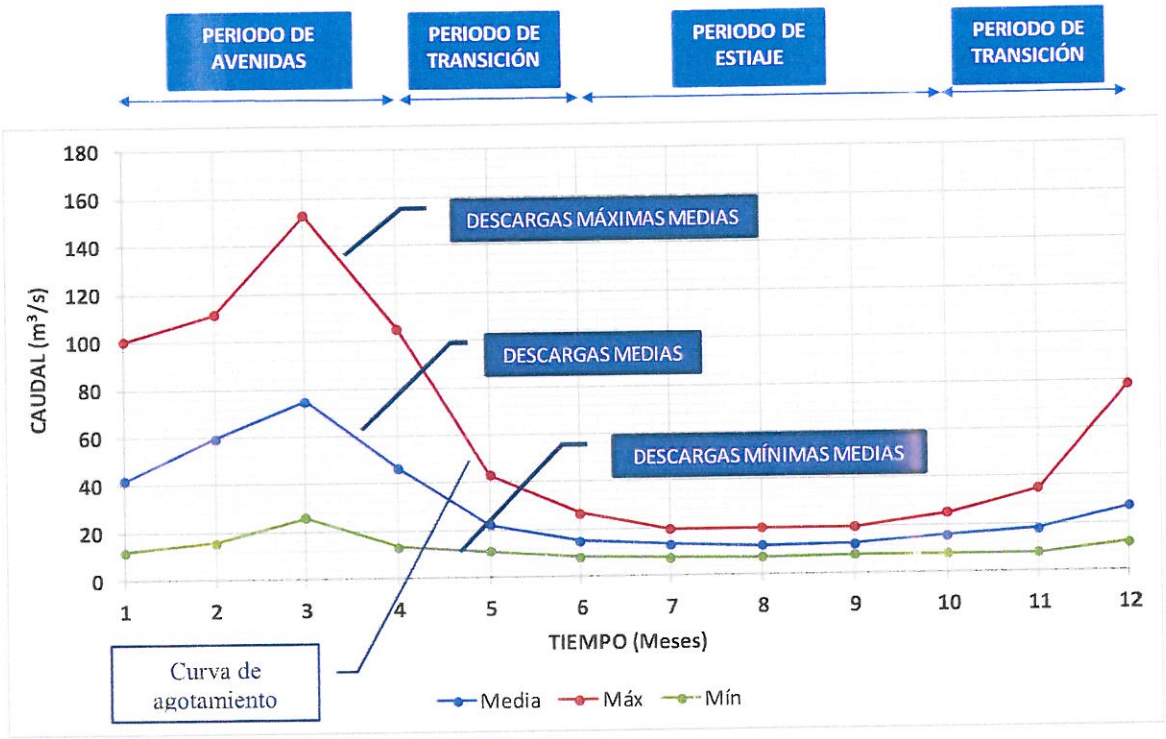
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Mario Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 59: Comportamiento estacional, periodos de avenida y estiaje del río Huaura – Estación Sayán del año promedio multianual, periodo 1964-2018



7.2 DESCRIPCION DE LAS SUBCUENCAS

La cuenca del río Huaura, tiene una superficie 4 277.9 km2, un perímetro de 434 km, la altitud media de 3171 msnm., presenta una pendiente de cauce del 2.90%, una longitud de cauce principal 158 km. El factor de forma es de 0.17 mientras que el coeficiente de compacidad determinado es de 1.85.

Para efectos de análisis se ha subdivido en once (11) subcuencas, denominadas como: Quinchas-Ushpa, Pampahuay-Paton, Huaura-Churin, Cochaquillo-Queruraccra, Checras, Huaura-Paccho-Tingo, Yarucaya, Huaura-Sayán, Chico-Auquimarca, Huaura-Medio y Huaura-Bajo, a continuación, se hace una descripción de cada una de ellas.

En la Figura 60, se aprecia las subcuencas con los resultados de sus respectivos parámetros fisiográficos.

7.2.1 Subcuenca Quinchas-Ushpa

La Subcuenca Quinchas-Ushpa, en la cabecera de esta subcuenca se encuentra las tres primeras lagunas Surasaca, Rupahuay, Vetacocha; La laguna Surasaca da origen al río Surasaca, las lagunas Rupahuay y Vetacocha dan origen al río Quichas, mientras que en la margen izquierda se encuentra la laguna Paton que origina al río Patón.

La Subcuenca Quinchas-Ushpa se localiza entre las coordenadas UTM WGS84-Zona18: 302 692 y 305080 Este, 8 846 099 y 8 819 474 Norte; hidrográficamente limita por el

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISOR HUAURA
CIP N° 53999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

FORO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Norte: Intercuenca Alto Huallaga y Cuenca del río Pativilca, Sur: Subcuencas Huaura-Churin y Pampahuay-Paton, Este: Intercuenca Alto Huallaga y Mantaro y Oeste: Cuenca Pativilca.

Políticamente la subcuenca Alto Huaura se encuentra en el departamento de Lima, en la provincia de Oyón, distrito de Oyón.

Esta Subcuenca tiene un área de 322.861 km2 que representa el 7.55% de la cuenca del río Huaura, es de forma rectangular alargada y se extiende desde 3406 hasta 5231 msnm, tiene una altitud media de 4463 msnm, una pendiente 5.37%, una longitud de cauce principal de 33.969 km y un perímetro de 121.40 km., el factor de forma de 0.11 mientras que el coeficiente de compacidad determinado es de 1.91.

De acuerdo con el sistema de clasificación de clima; se caracteriza por presentar un clima Templado Frío.

La temperatura promedio anual sobre la altitud media de 4463 msnm de la subcuenca es de 10.98°C (ver Cuadro 8.5), con una temperatura máximo promedio anual de 18.24°C (ver Cuadro 8.6) y una temperatura mínima promedio anual de 1.91°C en diciembre (ver Cuadro 8.7). La humedad relativa promedio anual es de 63.7% variando entre un 51% en el mes de julio y un 76% en el mes de marzo. La velocidad del viento promedio anual es de 4.1 m/s variando entre 3.7 en el mes de marzo y 3.7 en el mes de noviembre.

Para fines del modelamiento hidrológico del proyecto en HEC-HMS, la Subcuenca Quinchas-Uspha fue subdividida en tres (03) microcuencas, cuya denominación y fisiografía se detallan en el numeral 7.3.

El resumen de las características fisiográficas de la subcuenca Quinchas-Uspha, se muestra en el Cuadro N° 7.2.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

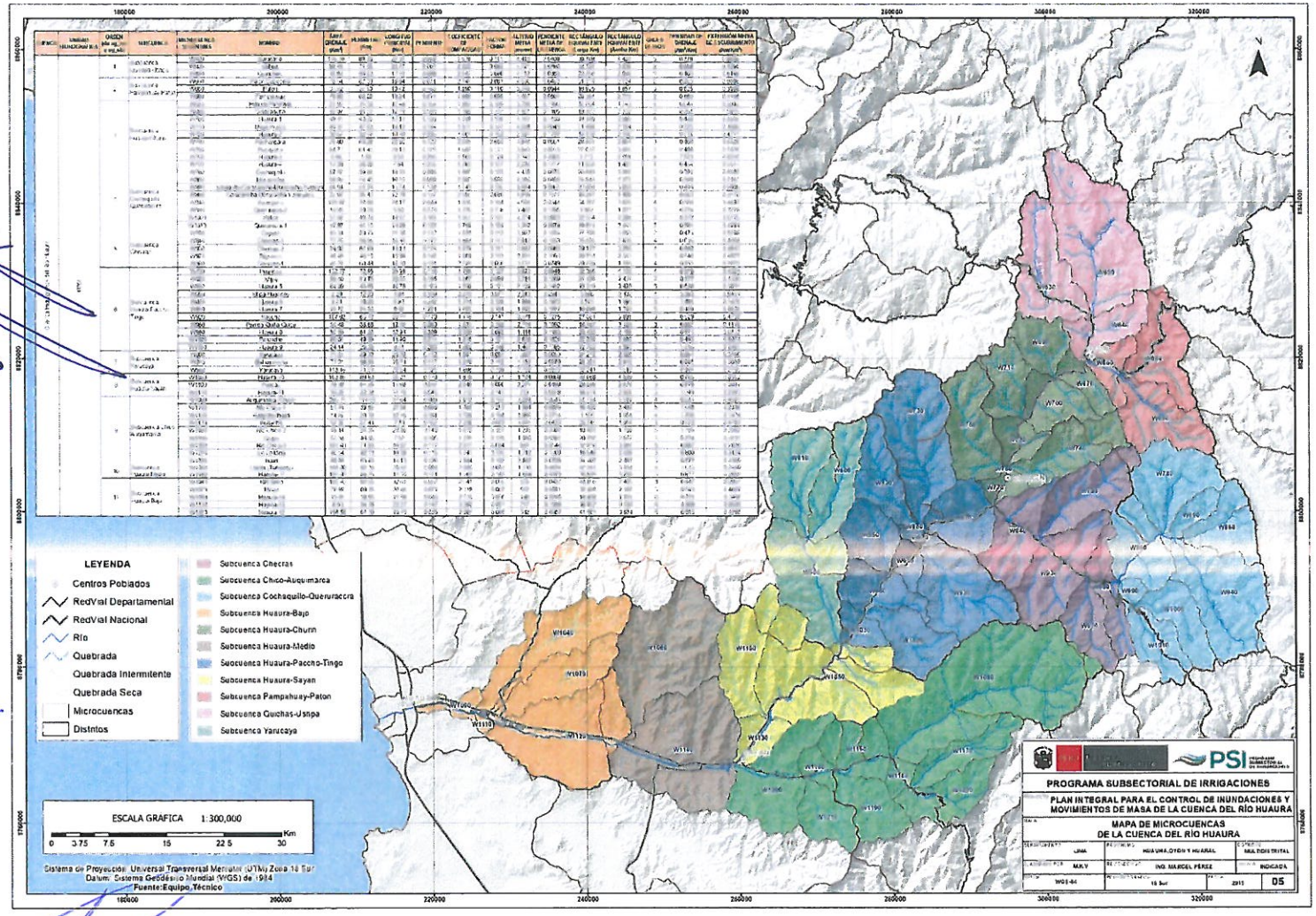
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 60: Subcuencas y microcuencas de la cuenca hidrográfica del río Huaura



Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

T-241

7.2.2 Subcuenca Pampahuay-Paton

La Subcuenca Pampahuay-Paton, tiene como curso principal el río Paton que se origina en las lagunas Culicocha, Anilcocha y Paton, recibe también aportes de la quebrada Pampahuay en la margen izquierda.

La Subcuenca Pampahuay-Paton se localiza entre las coordenadas UTM WGS-84-Zona 18: 321 367 y 305080 Este, 8 807 499 y 8 819 474 Norte; hidrográficamente limita por el Norte: Intercuenca Alto Huallaga, Sur: Subcuencas Cochaquillo-Queruraccra y Checras, Este: Intercuenca Alto Huallaga y Mantaro y Oeste: Subcuenca Huaura-Churin.

Políticamente la Subcuenca Pampahuay-Paton se encuentra en el departamento de Lima, en la de provincia de Oyón, distrito de Oyón.

Esta subcuenca tiene un área de 188.595 km2 que representa el 4.41% de la cuenca del río Huaura, es de forma rectangular alargada y se extiende desde 3406 hasta 5098 msnm, tiene una altitud media de 4355 msnm, una pendiente 3.70%, una longitud de cauce principal de 25.289 km y un perímetro de 97.875 km., el factor de forma de 0.09 mientras que el coeficiente de compacidad determinado es de 2.01.

De acuerdo con el sistema de clasificación de clima; se caracteriza por presentar un clima Templado Frío.

La temperatura promedio anual sobre la altitud media de 4355 msnm de la subcuenca es de 10.61°C (ver Cuadro 8.5), con una temperatura máximo promedio anual de 17.45°C (ver Cuadro 8.6) y una temperatura mínima promedio anual de 2.24°C en (ver Cuadro 8.7). La humedad relativa promedio anual es de 63.7% variando entre un 51% en el mes de julio y un 76% en el mes de marzo. La velocidad del viento promedio anual es de 4.1 m/s variando entre 3.7 en el mes de marzo y 3.7 en el mes de noviembre.

Para fines del modelamiento hidrológico del proyecto en HEC-HMS, la Subcuenca Pampahuay-Paton fue subdividida en tres (03) microcuencas, cuya denominación y fisiografía se detallan en el numeral 7.3.

El resumen de las características fisiográficas de la subcuenca Pampahuay-Paton, se muestra en el Cuadro N° 7.2.

Manuel J. Enos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

7.2.3 Subcuenca Huaura-Churin

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVICION HUAURA
CIP N° 58959

La Subcuenca Huaura-Churin, tiene como curso principal el río Huaura, nace en la confluencia de las Subcuencas Quischas-Ushpa y Pampahuay-Paton, en su recorrido recibe también los aportes de las quebradas Yarucaya, Chilcapunco, Mayopunco, Huancash, Pachangara y Utras.

La Subcuenca Huaura-Churin se localiza entre las coordenadas UTM WGS-84-Zona 18: 305 080 y 293 030 Este; 8 819 474 y 8 800 699 Norte, hidrográficamente limita por el Norte: Quinchas-Ushpa y Pampahuay-Paton, Sur: Subcuencas Huaura-Paccho-Tingo y Checras, Este: Pampahuay-Paton y Oeste: Cuenca del río Pativilca.

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Políticamente la Subcuenca Huaura-Churin se encuentra en el departamento de Lima, en la de provincia de Oyón, distritos de Oyón, Pachangares y Andajes.

Esta subcuenca tiene un área de 379.047 km2 que representa el 8.86% de la cuenca del río Huaura, es de forma rectangular alargada y se extiende desde 2150 hasta 5120 msnm, tiene una altitud media de 3917 msnm, una pendiente 4.41%, una longitud de cauce

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

principal de 28.501 km y un perímetro de 121.925 km., el factor de forma de 0.13 mientras que el coeficiente de compacidad determinado es de 1.77.

De acuerdo con el sistema de clasificación de clima; se caracteriza por presentar un clima Templado Cálido.

La temperatura promedio anual sobre la altitud media de 3917 msnm de la subcuenca es de 10.03°C (ver Cuadro 8.5), con una temperatura máximo promedio anual de 15.77°C (ver Cuadro 8.6) y una temperatura mínima promedio anual de 3.57°C (ver Cuadro 8.7). La humedad relativa promedio anual es de 63.7% variando entre un 51% en el mes de julio y un 76% en el mes de marzo. La velocidad del viento promedio anual es de 4.1 m/s variando entre 3.7 en el mes de marzo y 3.7 en el mes de noviembre.

Para fines del modelamiento hidrológico del proyecto en HEC-HMS, la Subcuenca Huaura-Churin fue subdividida en nueve (09) microcuencas, cuya denominación y fisiografía se detallan en el numeral 7.3.

El resumen de las características fisiográficas de la subcuenca Huaura-Churin, se muestra en el Cuadro N° 7.2.

7.2.4 Subcuenca Cochaquillo-Queruraccra

La Subcuenca Cochaquillo-Queruraccra se origina en la laguna Cochaquillo, entre la unión del río Yuracyacu y Cochaquillo, el cual da origen al río principal Checras, sobre los 3468 msnm. En la cabecera de esta subcuenca existen una serie de lagunas, las principales son las siguientes: Yanacocha, Angarayoc, Churamachay, Chaupicocha, Cochaquillo, Jancacuta, Huascacocha, Minyo, Morococha, Yahuarcocha, Analgacc, Chalgoac, Chuyuscacha, Puliag, Pariau, Uchcumachay, Huacracocha, Casacocha, Lutacocha y Quisquis.

La Subcuenca Cochaquillo-Queruraccra se localiza entre las coordenadas UTM WGS-84-Zona 18: 328 580 y 309 467 Este; 8 782 174 y 8 790 737 Norte, hidrográficamente limita por el Norte: Subcuenca Pampahuay-Paton, Sur: Cuenca del río Chancay-Huaral, Este: Cuenca del río Mantaro y Oeste: Subcuenca Checras; se ubica en el departamento de Lima, en las provincias de Huaura y Oyón, en los distritos de Oyón, Pachangara, Checras, Santa Leonor.

Tiene una superficie de 474.636 km2 y representa el 11,10% de la cuenca del río Huaura, es de forma rectangular alargada y se extiende desde 2966 hasta 5287 msnm., tiene una altitud media de 3829 msnm, posee una longitud de cauce principal de 35.473 km y un perímetro de 138.875 km; una pendiente de 5.76%, el factor de forma es de 0.12 y el coeficiente de compacidad determinado es de 1.80.

De acuerdo con el sistema de clasificación de clima; se caracteriza por presentar un clima Templado Cálido.

La temperatura promedio anual sobre la altitud media de 3829 msnm de la subcuenca es de 10.07°C (ver Cuadro 8.5), con una temperatura máximo promedio anual de 15.70°C (ver Cuadro 8.6) y una temperatura mínima promedio anual de 3.83°C (ver Cuadro 8.7). La humedad relativa promedio anual es de 75.87% variando entre un 70% en el mes de julio y un 83% en marzo. La velocidad del viento promedio anual es de 1.5 m/s variando entre 1.1 en febrero y 1.8 en el mes de agosto.

Manuel Jesús Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 59999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Para fines del modelamiento hidrológico del proyecto en HEC-HMS, la Subcuenca Cochaquillo-Queruraccra fue subdividida en ocho (08) microcuencas, cuya denominación y fisiografía se detallan en el numeral 7.3.

El resumen de las características fisiográficas de la subcuenca Cochaquillo-Queruraccra, se muestra en el Cuadro N° 7.2.

7.2.5 Subcuenca Checras

La subcuenca Checras se origina en la unión de los ríos Checras y Queruraccra, sobre los 2966 msnm.

La Subcuenca Checras se localiza entre las coordenadas UTM WGS-84-Zona 18: 309 467 y 293 030 Este; 8790 737 y 8 800 699 Norte, hidrográficamente limita por el Norte: Subcuencas Huaura-Churin y Pampahuay-Paton, Sur: Subcuenca Chico-Auquimarca y Cuenca del río Chancay-Huaral, Este: Subcuenca Cochaquillo-Queruraccra y Oeste: Subcuenca Huaura-Paccho-Tingo; se ubica en el departamento de Lima, en las provincias de Huaura y Oyón, en los distritos de Oyón, Pachangara, Checras, Santa Leonor.

Tiene una superficie de 345.194 km2 y representa el 8.07% de la cuenca del río Huaura, es de forma rectangular alargada y se extiende desde 2150 hasta 5221 msnm., tiene una altitud media de 3350 msnm, posee una longitud de cauce principal de 22.585 km y un perímetro de 134.400 km; una pendiente de 3.61%, el factor de forma es de 0.09 y el coeficiente de compacidad determinado es de 2.04.

De acuerdo con el sistema de clasificación de clima; se caracteriza por presentar un clima Templado Cálido.

La temperatura promedio anual sobre la altitud media de 3350 msnm de la subcuenca es de 11.06°C (ver Cuadro 8.5), con una temperatura máximo promedio anual de 16.59°C (ver Cuadro 8.6) y una temperatura mínima promedio anual de 5.27°C (ver Cuadro 8.7). La humedad relativa promedio anual es de 75.87% variando entre un 70% en el mes de julio y un 83% en marzo. La velocidad del viento promedio anual es de 1.5 m/s variando entre 1.1 en febrero y 1.8 en el mes de agosto.

Para fines del modelamiento hidrológico del proyecto en HEC-HMS, la Subcuenca Checras fue subdividida en cinco (05) microcuencas, cuya denominación y fisiografía se detallan en el numeral 7.3.

El resumen de las características fisiográficas de la subcuenca Checras, se muestra en el Cuadro N° 7.2.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISOR HUAURA
CIP N° 53999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

7.2.6 Subcuenca Huaura-Paccho-Tingo

La subcuenca Huaura-Paccho-Tingo tiene como curso principal el río Huaura, a partir de la confluencia de las subcuencas Huaura-Churin y Checras; tiene como tributarios a la quebrada Huancoy cuyo origen es el escurrimiento superficial las lagunas Pailacocha, Verdecocha, Tucto. Las lagunas Verdecocha y Tucto alimentan a la quebrada Tucto y a la quebrada Potaca, en la unión de estas dos quebradas dan origen a la quebrada principal de la cuenca a la quebrada Huancoy esta nace a los 3648 m.s.n.m., aguas abajo recibe el aporte de la quebrada Ishpa, finalmente entrega al río Huaura.

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg. Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

En su recorrido, recibe los aportes de las quebradas Paccho, Quisa, Shihuish, Lauche, Ccara Gallo, Picunche, Molino y Piedra Pintada.

La subcuenca Huara-Paccho-Tingo entre las coordenadas UTM WGS-84-Zona 18: 293 030 y 273 242 Este; 8 800 699 y 8 782 987 Norte, hidrográficamente limita por: Norte: Cuenca del río Supe y Pativilca, Sur: Subcuencas Huaura-Sayán y Chico-Auquimarca, Este: Subcuencas Huaura-Churin y Checras y Oeste: Subcuenca Yarucaya. Políticamente la Subcuenca Huaura-Paccho-Tingo se encuentra en el departamento de Lima, en la provincia de Oyón, en los distritos: Navan, Andajes, Caujul. Oyón, Pachangara y Paccho.

La Subcuenca Huaura-Paccho-Tingo tiene una superficie de 579.413 km2 que representa el 13.54% de la cuenca del río Huaura, tiene un perímetro 164.50 km, la subcuenca es de forma oval alargada y se extiende desde los 1198 msnm hasta los 5180 msnm, con una altitud media de 2896 msnm, presenta una pendiente de cauce en el orden de 2.86%, una longitud de cauce principal de 33.278 km. El factor de forma es de 0.10 y el coeficiente de compacidad determinado es de 1.93.

De acuerdo con el sistema de clasificación de clima; se caracteriza por presentar un clima Semi Cálido.

La temperatura promedio anual sobre la altitud media de 2896 msnm de la subcuenca es de 12.87°C (ver Cuadro 8.5), con una temperatura máximo promedio anual de 18.86°C (ver Cuadro 8.6) y una temperatura mínima promedio anual de 6.65°C (ver Cuadro 8.7). La humedad relativa promedio anual es de 70.4% variando entre un 63% en el mes de julio y un 78% en el mes de marzo. La velocidad del viento promedio anual es de 3.3 m/s variando entre 3.0 en el mes de abril y 3.7 en el mes de diciembre.

Para fines del modelamiento hidrológico del proyecto en HEC-HMS, la Subcuenca Huaura-Paccho-Tingo fue subdividida en once (11) microcuencas, cuya denominación y fisiografía se detallan en el numeral 7.3.

El resumen de las características fisiográficas de la subcuenca Huaura-Paccho-Tingo, se muestra en el Cuadro N° 7.2.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

7.2.7 Subcuenca Yarucaya

La subcuenca Yarucaya se origina en las lagunas Milpo, Cacanya, Chunchumachay, Shiuincocha, Churacocha. En la margen derecha se ubican las tres primeras lagunas Milpo, Cacanya, Chunchumachay, estas alimentan a la quebrada Cacanya, y a la quebrada Chunchumachay, en la unión de estas dos quebradas dan origen al río principal al río Yarucaya a los 4387 msnm.

La subcuenca Yarucaya se ubica entre las coordenadas UTM WGS-84-Zona 18: 274 655 y 273 242 Este; 8 811 862 y 8 782 987 Norte, hidrográficamente limita por el Norte: Cuenca del río Supe, Sur: Subcuenca Huaura-Sayán, Este: Subcuenca Haura-Paccho-Tingo y Oeste: Cuenca del río Supe. Políticamente la subcuenca Yarucaya se encuentra en el departamento de Lima, en la provincia de Oyón, en los distritos de Navan y Cochamarca.

La subcuenca Yarucaya tiene un área 261.984 km2, que representa el 6.12% de la cuenca del río Huaura, tiene un perímetro de 115.075 km, la altitud media de 3498 msnm., presenta una pendiente de cauce en el orden 10.10%, una longitud de cauce principal 37.69 km. El factor de forma es de 0.09 mientras que el coeficiente de compacidad determinado es de 2.02.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVICION HUAURA
CIP N° 53999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcial Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

De acuerdo con el sistema de clasificación de clima; se caracteriza por presentar un clima Templado Cálido.

La temperatura promedio anual sobre la altitud media de 3498 msnm de la subcuenca es de 10.63°C (ver Cuadro 8.5), con una temperatura máximo promedio anual de 16.11°C (ver Cuadro 8.6) y una temperatura mínima promedio anual de 4.82°C (ver Cuadro 8.7). La humedad relativa su promedio anual es de 71.6% variando entre un 65% en el mes de julio y un 78% en el mes de marzo. La velocidad del viento promedio anual es de 3.3 m/s variando entre 3.1 m/s en el mes de febrero y 3.7 m/s en el mes de diciembre.

Para fines del modelamiento hidrológico del proyecto en HEC-HMS, la Subcuenca Yarucaya fue subdividida en tres (03) microcuencas, cuya denominación y fisiografía se detallan en el numeral 7.3.

El resumen de las características fisiográficas de la subcuenca Yarucaya, se muestra en el Cuadro N° 7.2.

7.2.8 Subcuenca Huaura-Sayán

La subcuenca Huaura-Sayán se origina en la unión de los ríos Huaura y Yarucaya, en la cota 1198 msnm, se localiza entre las coordenadas UTM WGS-84-Zona 18: 273 242 y 259 017 Este; 8782987 y 8 767 712 Norte, hidrográficamente la Subcuenca Huaura-Sayán limita por el Norte: Subcuencas Yarucaya y Huaura-Paccho-Tingo, Sur: Subcuencas Huaura-Medio y Chico-Auquimarca, Este: Subcuenca Chico-Auquimarca y Oeste: Subcuenca Huaura-Medio.

La Subcuenca Huaura-Sayán se encuentra en el departamento de Lima, en la provincia de Huaura, en el distrito de Sayán.

La Subcuenca Huaura-Sayán tiene un área de 303.254 km2 y representa el 7.09% de la cuenca del río Huaura, es de forma rectangular alargada y se extiende desde 202 hasta 4237 msnm., con una altitud media de 1385 msnm. La una longitud de cauce principal de 26.231 km y un perímetro de 122.025 km. El factor de forma de la subcuenca es 0.10 mientras que el coeficiente de compacidad determinado de 1.98 y la pendiente media del río de 3.74%.

De acuerdo con el sistema de clasificación de clima; se caracteriza por presentar un clima Semi Cálido.

La temperatura promedio anual sobre la altitud media de 1385 msnm de la subcuenca es de 20.24°C (ver Cuadro 8.5), con una temperatura máximo promedio anual de 27.95°C (ver Cuadro 8.6) y una temperatura mínima promedio anual de 11.59°C (ver Cuadro 8.7). La humedad relativa promedio anual es de 71.6% variando entre un 71% en el mes de mayo y un 78% en marzo. La velocidad del viento promedio anual es de 3.3 m/s variando entre 3.0 en junio y 3.7 en diciembre.

Para fines del modelamiento hidrológico del proyecto en HEC-HMS, la Subcuenca Huaura-Sayán fue subdividida en ocho (08) microcuencas, cuya denominación y fisiografía se detallan en el numeral 7.3.

El resumen de las características fisiográficas de la subcuenca Huaura-Sayán, se muestra en el Cuadro N° 7.2.

ING. CARLOS ROBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 59999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

7.2.9 Subcuenca Chico-Auquimarca

El curso principal de la subcuenca Chico-Auquimarca se denomina Auquimarca que nace de la unión de las quebradas Anco y Carcapata, las cuales nacen de pequeñas lagunas ubicadas en la cabecera de la subcuenca, lagunas Calahuari y Huicula de la quebrada Anco, y Cusurococha, Quiman y Quimancocha de la quebrada Carcapata; se localiza entre las coordenadas UTM WGS-84-Zona 18: 301 792 y 259 017 Este; 8 781 787 y 8 767 712 Norte, hidrográficamente la Subcuenca Chico-Auquimarca limita por el Norte: Subcuencas Huaura-Sayán, Huaura-Paccho-Tingo y Checras Sur: Cuenca del río Chancay-Huaral e Intercuenca 137559, Este: Cuenca del río Chancay-Huaral y Oeste: Subcuenca Huaura-Medio e Intercuenca 137559.

La Subcuenca Chico-Auquimarca se encuentra en el departamento de Lima, en las provincias de Huaura y Huaral, en los distritos de Sayán, Leoncio Prado y Huaral.

La Subcuenca Chico-Auquimarca tiene un área de 691.987 km2 y representa el 16.18% de la cuenca del río Huaura, es de forma rectangular alargada y se extiende desde 202 hasta 5058 msnm., con una altitud media de 2506 msnm. La longitud de cauce principal de 62.91 km y un perímetro de 196.075 km. El factor de forma de la subcuenca es 0.08 mientras que el coeficiente de compacidad determinado de 2.10 y la pendiente media del río de 7.72%.

De acuerdo con el sistema de clasificación de clima; se caracteriza por presentar un clima Templado Cálido.

La temperatura promedio anual sobre la altitud media de 2506 msnm es de 14.83°C (ver Cuadro 8.5), con una temperatura máximo anual de 21.42°C (ver Cuadro 8.6) y una temperatura mínima promedio anual de 7.85°C (ver Cuadro 8.7). La humedad relativa promedio anual es de 69,4% variando entre un 61% en agosto y un 78% en marzo. La velocidad del viento promedio anual es de 3.7 m/s variando entre 3.4 en abril y de 4.1 en diciembre.

Para fines del modelamiento hidrológico del proyecto en HEC-HMS, la Subcuenca Chico-Auquimarca fue subdividida en nueve (09) microcuencas, cuya denominación y fisiografía se detallan en el numeral 7.3.

El resumen de las características fisiográficas de la subcuenca Chico-Auquimarca, se muestra en el Cuadro N° 7.2.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISION
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 59999

7.2.10 Subcuenca Huara-Medio

Su curso principal de la subcuenca Huaura-Medio es el río Huaura, aguas abajo de la convergencia del río Huaura con el río Auquimarca (o río Chico); se localiza entre las coordenadas UTM WGS-84-Zona 18: 259 017 y 243 867 Este; 8 767 712 y 8 770 162 Norte, hidrográficamente la Subcuenca Huaura-Medio limita por el Norte: Cuenca del río Supe Sur: Intercuenca 137559, Este: Subcuencas Huaura-Sayán y Chico-Auquimarca y Oeste: Subcuenca Huaura-Bajo.

La Subcuenca Huaura-Medio se encuentra en el departamento de Lima, en la provincia de Huaura, en los distritos de Huaura y Sayán.

La Subcuenca Huaura-Medio tiene un área de 361.064 km2 y representa el 8.44% de la cuenca del río Huaura, es de forma rectangular alargada y se extiende desde 177 hasta 3100 msnm., con una altitud media de 1064 msnm. La longitud de cauce principal de

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

19.408 km y un perímetro de 122.175 km. El factor de forma de la subcuenca es 0.12 mientras que el coeficiente de compacidad determinado de 1.81 y la pendiente media del río de 0.13%.

De acuerdo con el sistema de clasificación de clima; se caracteriza por presentar un clima Semi Cálido.

La temperatura promedio anual sobre la altitud media de 1064 msnm es de 21.16°C (ver Cuadro 8.5), con una temperatura máximo promedio anual de 28.58°C (ver Cuadro 8.6) y una temperatura mínima promedio anual de 12.76°C (ver Cuadro 8.7).

Para fines del modelamiento hidrológico del proyecto en HEC-HMS, la Subcuenca Huaura-Medio fue subdividida en dos (02) microcuencas, cuya denominación y fisiografía se detallan en el numeral 7.3.

El resumen de las características fisiográficas de la subcuenca Huaura-Medio, se muestra en el Cuadro N° 7.2.

7.2.11 Subcuenca Huara-Bajo

Su curso principal de la subcuenca Huaura-Bajo es el río Huaura, aguas abajo de la convergencia del río Huaura con la quebrada Lloclla (Tumaray); se localiza entre las coordenadas UTM WGS-84-Zona 18: 243 867 y 217 574 Este; 8 770 162 y 8 774 905 Norte, hidrográficamente la Subcuenca Huaura-Bajo limita por el Norte: Cuenca del río Supe Sur: Intercuenca 137559, Este: Subcuenca Huaura-Medio y Oeste: Puente Panamericana.

La Subcuenca Huaura-Bajo se encuentra en el departamento de Lima, en la provincia de Huaura, en el distrito de Huaura.

La Subcuenca Huaura-Bajo tiene un área de 369.866 km2 y representa el 8.65% de la cuenca del río Huaura, es de forma rectangular alargada y se extiende desde 85 hasta 4067 msnm., con una altitud media de 430 msnm. La longitud de cauce principal de 32.728 km y un perímetro de 146.725 km. El factor de forma de la subcuenca es 0.08 mientras que el coeficiente de compacidad determinado de 2.15 y la pendiente media del río de 0.28%.

De acuerdo con el sistema de clasificación de clima; se caracteriza por presentar un clima Semi Cálido.

La temperatura promedio anual sobre la altitud media de 430 msnm es de 21.31°C (ver Cuadro 8.5), con una temperatura máximo promedio anual de 26.72°C (ver Cuadro 8.6) y una temperatura mínima promedio anual de 15.27°C (ver Cuadro 8.7).

Para fines del modelamiento hidrológico del proyecto en HEC-HMS, la Huaura-Bajo fue subdividida en cinco (05) microcuencas, cuya denominación y fisiografía se detallan en el numeral 7.3.

El resumen de las características fisiográficas de la subcuenca Huaura-Bajo, se muestra en el Cuadro N° 7.2.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Manuel J. Ecos Vasquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

176

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrología
CIP: 64031

Cuadro 7-2: Características fisiográficas de las subcuencas analizadas de la cuenca del río Huaura

DESCRIPCIÓN	VAR.	UNID	Yarucaya	Huaura-Paccho-Tingo	Quichas-Uchpa	Pampahuay-Paton	Huaura-Churin	Cochaquillo-Queruracra	Checras	Huaura-Sayán	Chico-Auquimarca	Huaura Medio	Huaura Bajo
ÁREA	A	Km^2	261.984	579.413	322.861	188.595	379.047	474.636	345.194	303.254	691.987	361.064	369.866
PERIMETRO	Pe	Km	115.075	164.500	121.400	97.875	121.925	138.875	134.400	122.025	196.075	122.175	146.725
CURSO PRINCIPAL													
Longitud	L	Km	37.688	33.278	33.969	25.289	28.501	35.473	22.585	26.631	62.910	19.408	32.728
Cota parte aguas	Ci	msnm	5006	2150	5231	5081	3406	5011	2966	1198	5058	202	177
Cota desembocadura	Cf	msnm	1198	1198	3406	3406	2150	2966	2150	202	202	177	85
Pendiente	S	m/m	0.1010	0.0286	0.0537	0.0662	0.0441	0.0576	0.0361	0.0374	0.0772	0.0013	0.0028
Ancho del cauce	B	m	35.00	43.00	20.00	20.00	33.00	35.00	33.00	50.00	50.00	50.00	45.00
Rugosidad Manning	n		0.0330	0.0380	0.0373	0.0370	0.0349	0.0326	0.0324	0.0337	0.0348	0.0340	0.0330
FACTORES DE FORMA													
Coeficiente de compacidad	Cc		2.00	1.93	1.91	2.01	1.77	1.80	2.04	1.98	2.10	1.81	2.15
Factor de forma	Ff		0.09	0.10	0.11	0.09	0.13	0.12	0.09	0.10	0.08	0.12	0.08
SISTEMA DE DRENAJE													
Longitud total de los cursos	Lt	Km	202.470	365.105	142.298	83.503	188.468	224.297	205.674	231.703	492.673	339.200	281.950
Extensión media de escurrimiento	E	Km	0.32	0.40	0.57	0.56	0.50	0.53	0.42	0.33	0.35	0.27	0.33
Densidad de drenaje	Dd	Km/Km^2	0.77	0.63	0.44	0.44	0.50	0.47	0.60	0.76	0.71	0.94	0.76
TIEMPO DE CONCENTRACIÓN													
Kirpich (horas)	Tc	horas	2.623	3.874	3.088	2.270	2.912	3.107	2.628	2.944	4.317	8.439	9.345
Racional (horas)	Tc	horas	3.444	5.086	4.054	2.980	3.822	4.079	3.449	3.864	5.668	11.079	12.268
Giandotti (horas)	Tc	horas	2.457	5.923	3.594	2.836	4.255	3.880	4.734	4.341	3.580	26.280	16.423
Promedio (horas)	**Tc**	**horas**	**2.841**	**4.961**	**3.579**	**2.695**	**3.663**	**3.689**	**3.604**	**3.716**	**4.522**	**15.266**	**12.678**
PÉRDIDA DE AGUA													
Número de Curva	CN	UH	68.19	61.91	73.12	70.51	63.69	72.78	64.35	57.78	67.71	50.97	46.39
Pérdida inicial	Pi	mm	23.69	31.26	18.67	21.25	28.97	19.00	28.14	37.12	24.23	48.87	58.70
Coeficiente de almacenamiento	Ca	horas	4.260	7.440	5.370	4.040	5.490	5.530	5.410	5.570	6.780	22.900	19.020
Flujo base	Fb	m^3/s	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
RELIEVE DE LA CUENCA													
Rectángulo Equivalente (Largo)	Le	Km	52.53	74.44	54.79	44.70	53.91	61.72	61.57	55.53	90.35	54.43	67.89
Rectángulo Equivalente (Ancho)	le	Km	4.99	7.78	5.89	4.22	7.03	7.69	5.61	5.46	7.66	6.63	5.45
Coeficiente orográfico	Co	m^2/Km	46,718	14,475	61,691	100,586	40,473	30,895	32,503	6,321	9,076	3,137	500
Pendiente de la Cuenca	Sc	m/m	0.0725	0.0535	0.0333	0.0379	0.0551	0.0376	0.0499	0.0727	0.0537	0.0537	0.0587
Altitud Máxima	Hmáx	msnm	5,006	5,180	5,231	5,098	5,120	5,287	5,221	4,237	5,058	3,100	4,067
Altitud Media	Hmed	msnm	3,498	2,896	4,463	4,355	3,917	3,829	3,350	1,385	2,506	1,064	430
Altitud Mínima	Hmín	msnm	1,198	1,198	3,406	3,406	2,150	2,966	2,150	202	202	177	85

Fuente: Elaboración propia

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Manuel J. Egos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

2233

7.3 CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS DE LAS MICROCUENCAS

La respuesta hidrológica de la cuenca está influenciada por sus características geomorfológicas.

Respecto a la relación entre las características geomorfológicas e hidrológicas de una cuenca es importante anotar lo siguiente:

...., La dificultad en relacionar las características físicas e hidrológicas de la cuenca se debe a un gran número de factores, como la disponibilidad de mapas; para otros parámetros, las definiciones son arbitrarias, de modo que existe la posibilidad de que aún no se hayan logrado las definiciones más apropiadas. Finalmente, es claro que la relación entre las características físicas, prácticamente estáticas, de la cuenca y las características hidrológicas, altamente estocásticas, de la misma, debe ser de gran complejidad.

El modelo hidrológico del proyecto ha tomado los siguientes criterios para la delimitación de la subcuencas y microcuencas: Las intersecciones de los cursos, los lugares donde se localizan las estaciones hidrométricas (Sayán y Picoy), las obras de defensa y laminación.

Se ha determinado valores de los parámetros de forma y relieve de las microcuencas que conforman la cuenca del río Huaura, siendo un total de sesenta y uno (61), desde la naciente del río (Lagunas Agopampa, Checchi, Yuracocha y Surasaca) hasta el cruce con la Carretera Panamericana.

Los parámetros geomorfológicos han sido obtenidos del mapa base digitalizado en el software ARCGIS.

Con fines de realizar el estudio hidrológico en las secciones de interés, el ámbito de estudio se ha dividido en: Subcuenca Quichas-Ushpa en tres (03) microcuencas, Subcuenca Pampahuay-Paton en tres (03) microcuencas, Subcuenca Huaura-Churin en ocho (09) microcuencas, Subcuenca Cochaquillo-Queruraccra en nueve (08) microcuencas, Subcuenca Checras en cinco (05) microcuencas, Subcuenca Huaura-Paccho-Tingo en once (11) microcuencas, Subcuenca Yarucaya en tres (03) microcuencas, Subcuenca Huaura-Sayán en tres (03) microcuencas, Subcuenca Chico-Auquimarca en nueve (09) microcuencas, Subcuenca Huaura Medio en dos (02) microcuencas y Subcuenca Huaura Bajo en cinco (05) microcuencas.

Las características hidrológicas de una cuenca son descritas en términos de las siguientes propiedades: (a) área, (b) forma, (c) relieve, (d) medidas lineales, y patrones de drenaje. En los siguientes numerales se presentan las principales características fisiográficas de las subcuencas.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 76969

7.3.1 PARÁMETROS DE FORMA

a) Área de Drenaje (A)

El área de drenaje ha sido calculada para el sesentaiuno (61) microcuencas analizadas. El área de drenaje, es quizás la propiedad de la cuenca más importante, ésta determina el potencial del volumen de escorrentía, proporcionando la tormenta que cubre el área completa. La cuenca es delimitada por la unión de puntos altos que separan las cuencas de drenaje en salidas diferentes. Debido al efecto de flujo sub superficial (ínter flujo y flujo subterráneo), la división de la cuenca hidrográfica no podría estrictamente coincidir con la división topográfica de la cuenca. La división hidrológica, sin embargo, es menos tratable que la división topográfica; por lo que, este último es preferido para uso práctico.

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

En general, a mayor área de cuenca, mayor cantidad de escorrentía superficial y,

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

consecuentemente, mayor flujo superficial.

Los resultados son los siguientes:

Cuadro 7-3: Áreas y perímetros de drenaje

SUBCUENCA	MICROCUENCA SEGÚN HMS	ÁREA DRENAJE (Km²)	PERÍMETRO (Km)	NOMBRE
Subcuenca Quichas-Ushpa	W620	175.78	88.30	Surasaca
	W630	99.44	71.55	Ushpa
	W640	47.64	50.23	Quinches
Subcuenca Pampahuay-Paton	W650	78.54	67.30	Paton Cabecera
	W660	31.42	37.58	Paton
	W680	78.63	62.28	Pampahuay
Subcuenca Huaura-Churin	W670	27.85	35.50	Huaura-Yarucalla
	W690	42.97	41.53	Cutacancha
	W700	49.41	43.35	Huaura-1
	W710	49.31	47.60	Mayo Punco
	W720	30.57	32.58	Huaura-2
	W740	76.89	63.28	Pachangara
	W750	84.71	61.43	Pucayaco
	W760	0.06	1.60	Huaura-3
	W770	17.28	26.28	Huaura-4
Subcuenca Cochaquillo-Queruraccra	W780	87.52	59.88	Cochaquillo
	W860	58.95	54.45	Morococha
	W880	68.94	51.33	Cochaquillo-Caracancha-Morococha-Yuracyacu
	W890	22.97	35.43	Caracancha-Morococha-Yuracyacu
	W940	125.87	76.80	Yuracyacu
	W990	10.93	20.28	Queruracra-2
	W1000	51.60	49.70	Pallca
	W1010	47.87	44.13	Queruracra-1
Subcuenca Checras	W790	83.34	60.73	Cayash
	W840	72.76	56.95	Checras-3
	W930	94.82	64.88	Checras-2
	W970	48.49	46.13	Riguarco
	W980	45.78	60.48	Checras-1
Subcuenca Huaura-Paccho-Tingo	W730	132.77	72.95	Huancoy
	W820	59.40	53.75	Ishpa
	W830	64.09	43.65	Huaura-5
	W850	2.29	12.20	Ishpa-Huancoy
	W870	9.31	19.20	Huaura-6
	W910	18.72	24.90	Huaura-7
	W920	107.62	63.13	Paccho
	W950	50.48	38.58	Pampa Quilla-Quisa
	W960	50.58	51.20	Huaura-8
	W1020	60.01	49.88	Picunche
	W1030	24.14	29.30	Huaura-9
Subcuenca Yarucaya	W800	71.51	59.70	Yarucayo
	W810	77.31	58.50	Shihuincocha
	W900	113.16	71.53	Yarucaya
Subcuenca Huaura-Sayán	W1050	193.85	89.83	Huaura-10
	W1100	79.18	64.55	Puscao

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO TINOCO CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CIP N° 53959
CONSORCIO SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

SUBCUENCA	MICROCUENCA SEGÚN HMS	ÁREA DRENAJE (Km²)	PERÍMETRO (Km)	NOMBRE
	W1130	30.22	33.38	Huaura-11
Subcuenca Chico-Auquimarca	W1080	285.75	114.63	Auquimarca (Chico)
	W1150	57.44	39.85	Río Chico-1
	W1160	14.07	20.33	Huaycho-Ihuari
	W1170	52.37	57.43	Huaycho
	W1180	18.14	24.35	Río Chico-2
	W1190	55.34	46.85	Quipo
	W1200	101.40	71.83	Río Chico-3
	W1210	46.54	42.13	De La Mina
	W1220	60.93	53.83	Ihuari
Subcuenca Huaura-Medio	W1060	166.00	92.30	Lloclla (Tumaray)
	W1140	195.06	84.35	Huaura-12
Subcuenca Huaura-Bajo	W1040	105.46	92.55	Río Seco
	W1070	70.92	69.25	Minas
	W1090	19.01	38.95	Huaura-14
	W1110	8.93	34.78	Huaura-13
	W1120	165.55	91.30	Huaura-12

Fuente: Elaboración propia

b) Longitud de Cauce Principal (L)

La longitud de cuenca (o longitud hidráulica) es la longitud medida a lo largo del curso de agua principal. El curso de agua principal (o corriente principal) es el curso de agua central y más largo de la cuenca y la única que conduce escorrentía hacia la salida.

La longitud al centroide de la cuenca, es la longitud medida a lo largo del curso de agua principal, desde la salida de la cuenca hasta un punto localizado cercano al centroide

Los resultados son los siguientes:

Cuadro 7-4: Longitud del curso principal

SUBCUENCA	MICROCUENCA SEGÚN HMS	LONGITUD PRINCIPAL (Km)	NOMBRE
Subcuenca Quichas-Ushpa	W620	27.31	Surasaca
	W630	23.77	Ushpa
	W640	17.42	Quinches
Subcuenca Pampahuay-Paton	W650	19.84	Paton Cabecera
	W660	10.42	Paton
	W680	19.24	Pampahuay
Subcuenca Huaura-Churin	W670	12.44	Huaura-Yarucalla
	W690	12.74	Cutacancha
	W700	17.17	Huaura-1
	W710	14.12	Mayo Punco
	W720	10.40	Huaura-2
	W740	22.56	Pachangara
	W750	20.13	Pucayaco
	W760	0.50	Huaura-3
	W770	7.84	Huaura-4

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISION
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

SUBCUENCA	MICROCUENCA SEGÚN HMS	LONGITUD PRINCIPAL (Km)	NOMBRE
Subcuenca Cochaquillo-Queruraccra	W780	18.33	Cochaquillo
	W860	16.73	Morococha
	W880	15.74	Cochaquillo-Caracancha-Morococha-Yuracyacu
	W890	12.79	Caracancha-Morococha-Yuracyacu
	W940	24.17	Yuracyacu
	W990	5.90	Queruracra-2
	W1000	18.07	Pallca
	W1010	14.09	Queruracra-1
Subcuenca Checras	W790	21.38	Cayash
	W840	15.36	Checras-3
	W930	16.14	Checras-2
	W970	15.96	Riguarco
	W980	16.38	Checras-1
Subcuenca Huaura-Paccho-Tingo	W730	25.98	Huancoy
	W820	20.03	Ishpa
	W830	16.79	Huaura-5
	W850	4.94	Ishpa-Huancoy
	W870	6.93	Huaura-6
	W910	8.02	Huaura-7
	W920	20.71	Paccho
	W950	12.40	Pampa Quilla-Quisa
	W960	12.94	Huaura-8
	W1020	16.90	Picunche
	W1030	8.71	Huaura-9
Subcuenca Yarucaya	W800	20.78	Yarucayo
	W810	19.74	Shihuincocha
	W900	22.54	Yarucaya
Subcuenca Huaura-Sayán	W1050	31.21	Huaura-10
	W1100	11.98	Puscao
	W1130	31.70	Huaura-11
Subcuenca Chico-Auquimarca	W1080	37.64	Auquimarca (Chico)
	W1150	27.59	Río Chico-1
	W1160	12.76	Huaycho-Ihuari
	W1170	7.19	Huaycho
	W1180	20.06	Río Chico-2
	W1190	7.52	Quipo
	W1200	16.07	Río Chico-3
	W1210	19.39	De La Mina
	W1220	14.13	Ihuari
Subcuenca Huaura-Medio	W1060	29.42	Llocllа (Tumaray)
	W1140	11.50	Huaura-12
Subcuenca Huaura-Bajo	W1040	32.61	Río Seco
	W1070	26.46	Minas
	W1090	11.98	Huaura-14
	W1110	22.27	Huaura-13
	W1120	10.43	Huaura-12

Fuente: Elaboración propia

Manuel J. Eros Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS ROBERTO VASQUEZ CHAVARRIA
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

c) Pendiente

La gradiente del cauce de un curso de agua principal es una medida conveniente del relieve de cuenca. La gradiente del cauce obtenida de las elevaciones máximas y Mín.imas, es referida como la pendiente S1. En el Cuadro 7.5, se presentan los valores calculados para la pendiente de cada sub cuenca.

Una medida algo más representativa de la gradiente del cauce es la pendiente S2, definido como la pendiente constante que corta el perfil longitudinal en dos áreas iguales.

Una medida de la gradiente del cauce que toma en cuenta el tiempo de respuesta de la cuenca es la pendiente equivalente, o S3. Para calcular dicha pendiente el cauce es dividida en n subtramos, y una pendiente es calculado para cada subtramo. Basado en la ecuación de Manning, el tiempo de recorrido del flujo a través de cada subtramo es asumido que es inversamente proporcional a la raíz cuadrada de la pendiente equivalente. Esto conduce a la siguiente ecuación:

$$S_3 = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n} L_i}{\sum_{i=1}^{n} (L_i / S_i^{1/2})} \right]^2$$

Dónde:

S3 = Pendiente equivalente.

Li = Cada longitud i de n subtramos.

Si = Cada pendiente i de n subtramos.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Cuadro 7-5: Pendiente de los cursos de cada microcuenca

SUBCUENCA	MICROCUENCA SEGÚN HMS	PENDIENTE	NOMBRE
Subcuenca Quichas-Ushpa	W620	0.05936	Surasaca
	W630	0.06745	Ushpa
	W640	0.08770	Quinches
Subcuenca Pampahuay-Paton	W650	0.07111	Paton Cabecera
	W660	0.15320	Paton
	W680	0.07422	Pampahuay
Subcuenca Huaura-Churin	W670	0.15385	Huaura-Yarucalla
	W690	0.15967	Cutacancha
	W700	0.12630	Huaura-1
	W710	0.14359	Mayo Punco
	W720	0.23502	Huaura-2
	W740	0.12211	Pachangara
	W750	0.12568	Pucayaco
	W760	0.29612	Huaura-3
	W770	0.25515	Huaura-4
Subcuenca Cochaquillo-Queruraccra	W780	0.09810	Cochaquillo
	W860	0.06916	Morococha
	W880	0.13800	Cochaquillo-Caracancha-Morococha-Yuracyacu
	W890	0.13656	Caracancha-Morococha-Yuracyacu

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CISNEROS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 59959

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

SUBCUENCA	MICROCUENCA SEGÚN HMS	PENDIENTE	NOMBRE
	W940	0.04945	Yuracyacu
	W990	0.26960	Queruracra-2
	W1000	0.10274	Pallca
	W1010	0.12226	Queruracra-1
Subcuenca Checras	W790	0.13206	Cayash
	W840	0.17227	Checras-3
	W930	0.17413	Checras-2
	W970	0.14188	Riguarco
	W980	0.13091	Checras-1
Subcuenca Huaura-Paccho-Tingo	W730	0.11788	Huancoy
	W820	0.15484	Ishpa
	W830	0.16284	Huaura-5
	W850	0.33907	Ishpa-Huancoy
	W870	0.24184	Huaura-6
	W910	0.22093	Huaura-7
	W920	0.17026	Paccho
	W950	0.25963	Pampa Quilla-Quisa
	W960	0.20887	Huaura-8
	W1020	0.21392	Picunche
	W1030	0.20281	Huaura-9
Subcuenca Yarucaya	W800	0.11164	Yarucayo
	W810	0.11691	Shihuincocha
	W900	0.12485	Yarucaya
Subcuenca Huaura-Sayán	W1050	0.11008	Huaura-10
	W1100	0.04673	Puscao
	W1130	0.04508	Huaura-11
Subcuenca Chico-Auquimarca	W1080	0.08861	Auquimarca (Chico)
	W1150	0.05810	Río Chico-1
	W1160	0.18085	Huaycho-Ihuari
	W1170	0.15740	Huaycho
	W1180	0.14000	Río Chico-2
	W1190	0.10522	Quipo
	W1200	0.11159	Río Chico-3
	W1210	0.11472	De La Mina
	W1220	0.12594	Ihuari
Subcuenca Huaura-Medio	W1060	0.09091	Lloclla (Tumaray)
	W1140	0.12144	Huaura-12
Subcuenca Huaura-Bajo	W1040	0.05741	Río Seco
	W1070	0.07118	Minas
	W1090	0.04540	Huaura-14
	W1110	0.14670	Huaura-13
	W1120	0.02493	Huaura-12

Fuente: Elaboración propia

Los perfiles longitudinales de los cursos principales de las once (11) subcuencas, han sido determinados en base al modelo de elevación digital (DEM) obtenido de la Dataset ALOS PALSAR (12.5 m de precisión) que cubrió toda la cuenca y procesada en la extensión de GEO-HMS del ARCGIS; en las Figuras del N° 61 al N° 71, se muestran los resultados.

Manuel J. Elos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CORNEJERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 59999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Figura 61: Perfil longitud del curso principal de la subcuenca Quichas-Ushpa

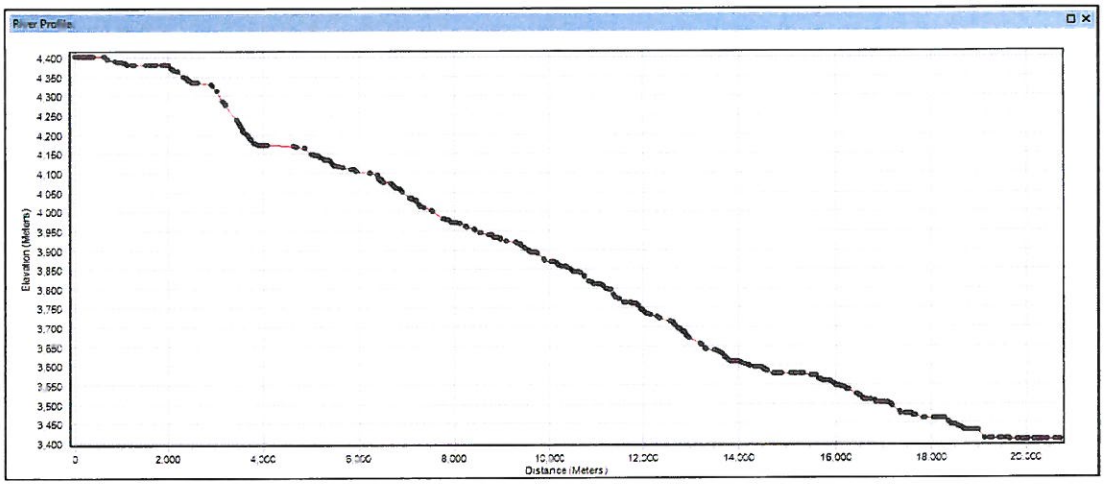


Figura 62: Perfil longitud del curso principal de la subcuenca Pampahuay-Paton

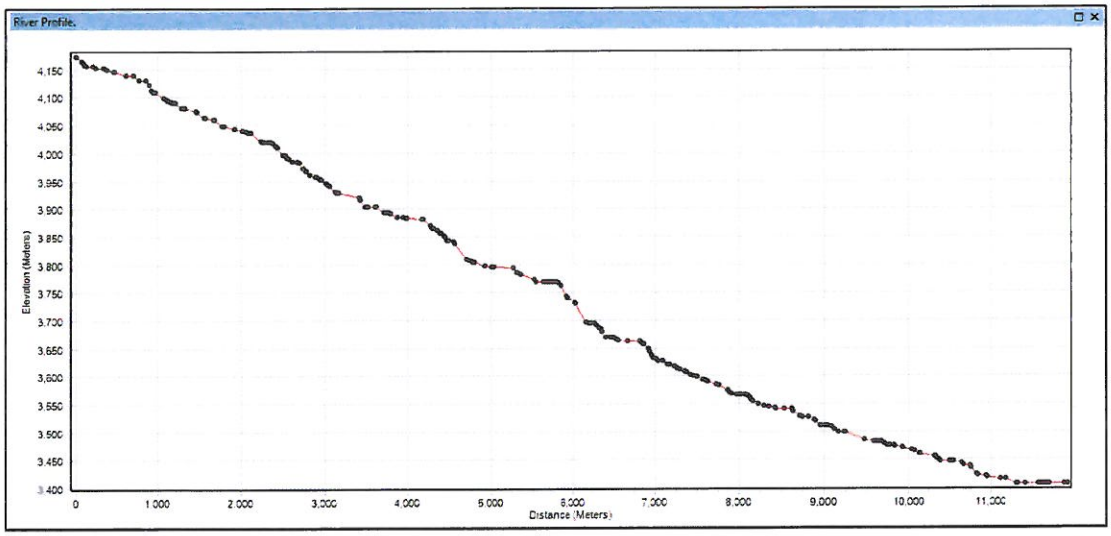
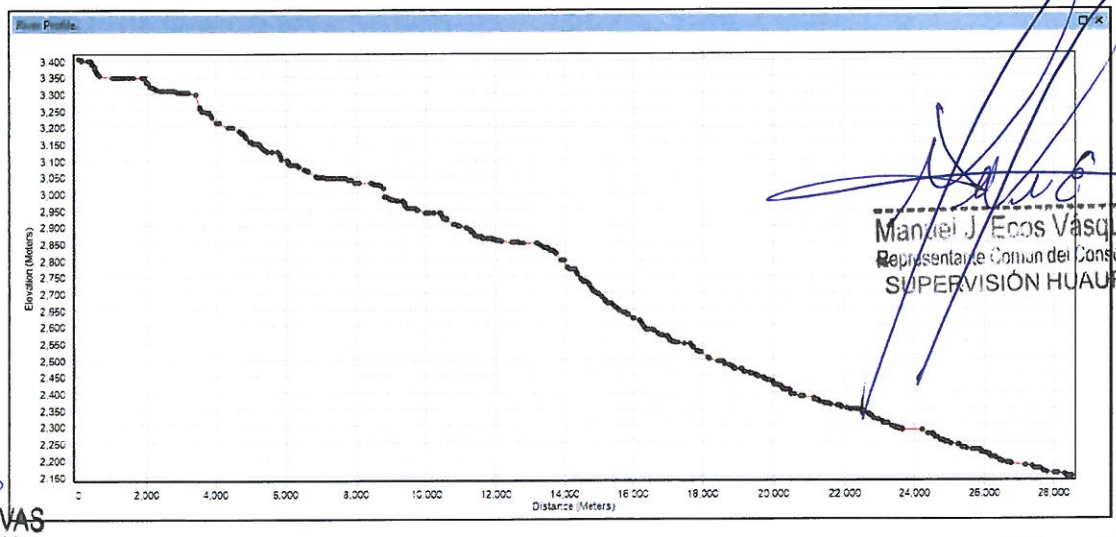


Figura 63: Perfil longitud del curso principal de la subcuenca Huaura-Churin



ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

Manuel J. Ecos Vasquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

EDRO VILLAFANI VIVAS
niero Mecánico de Fluidos
g Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

184
CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 64: Perfil longitud del curso principal de la subcuenca Cochaquillo-Queruraccra

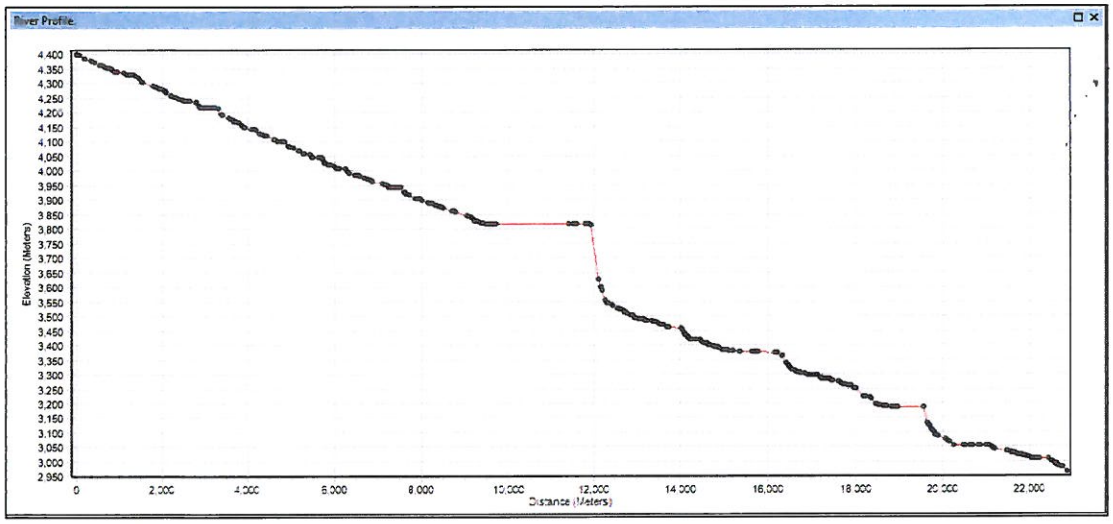


Figura 65: Perfil longitud del curso principal de la subcuenca Checras

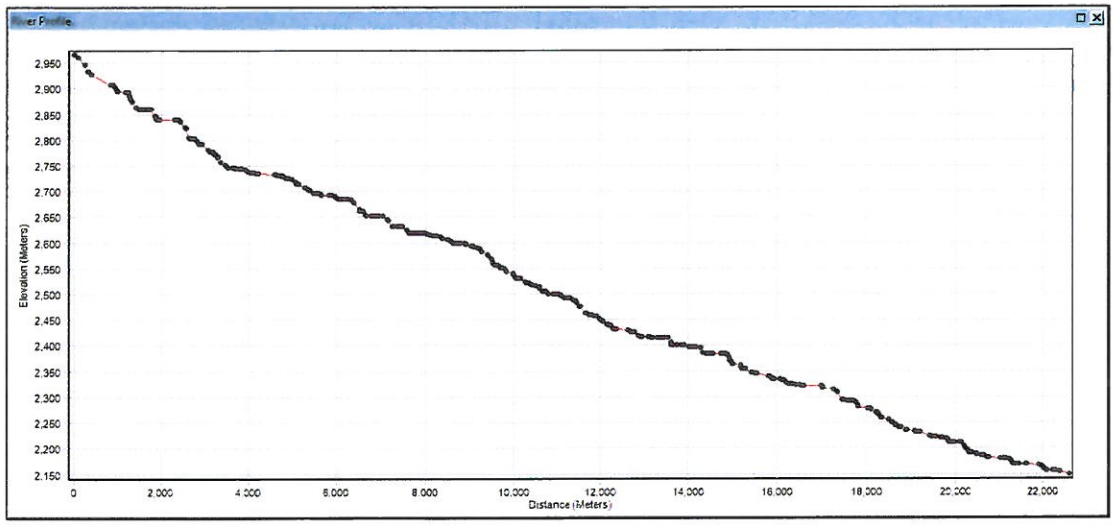
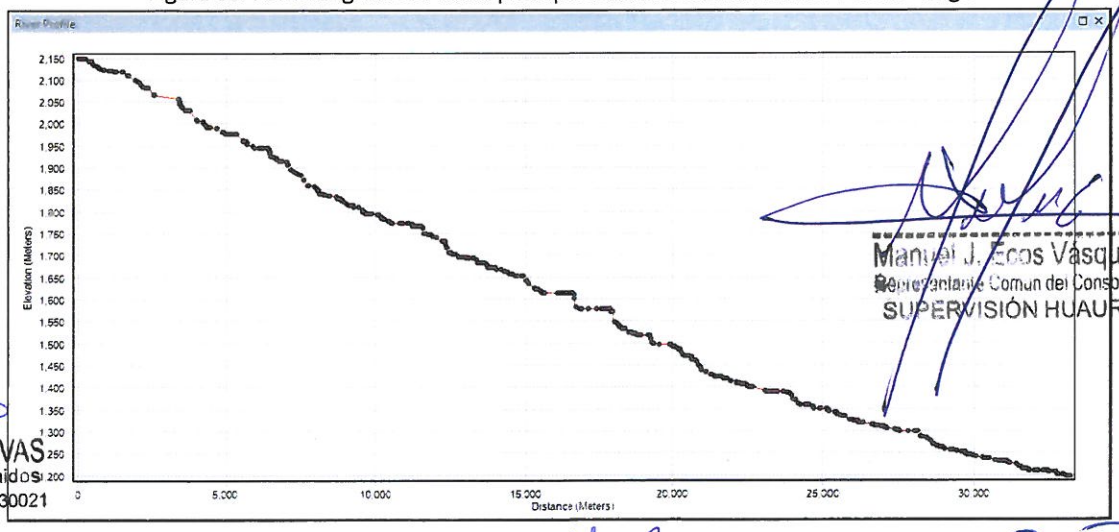


Figura 66: Perfil longitud del curso principal de la subcuenca Huaura-Paccho-Tingo



ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 67: Perfil longitud del curso principal de la subcuenca Yarucaya

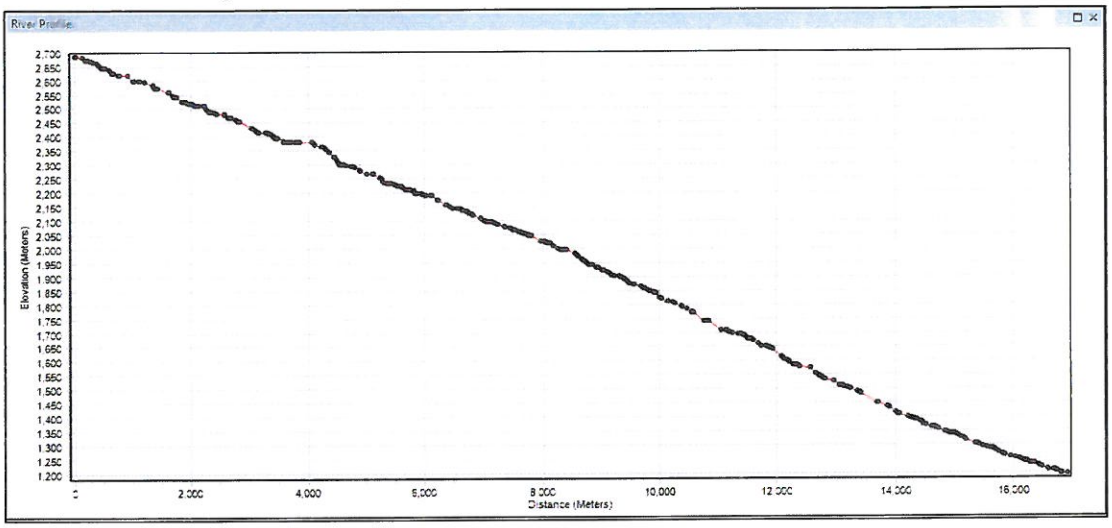


Figura 68: Perfil longitud del curso principal de la subcuenca Huaura-Sayán

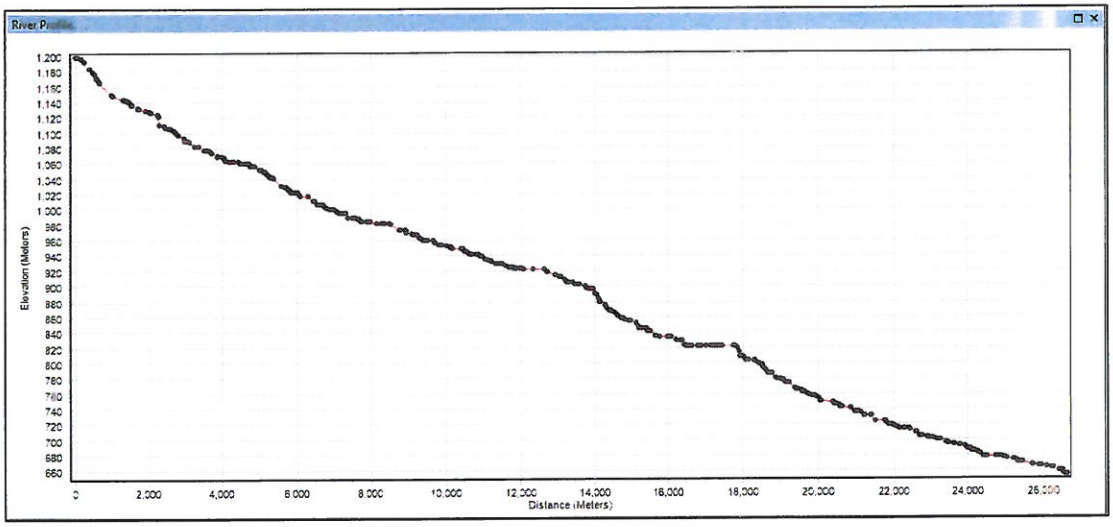
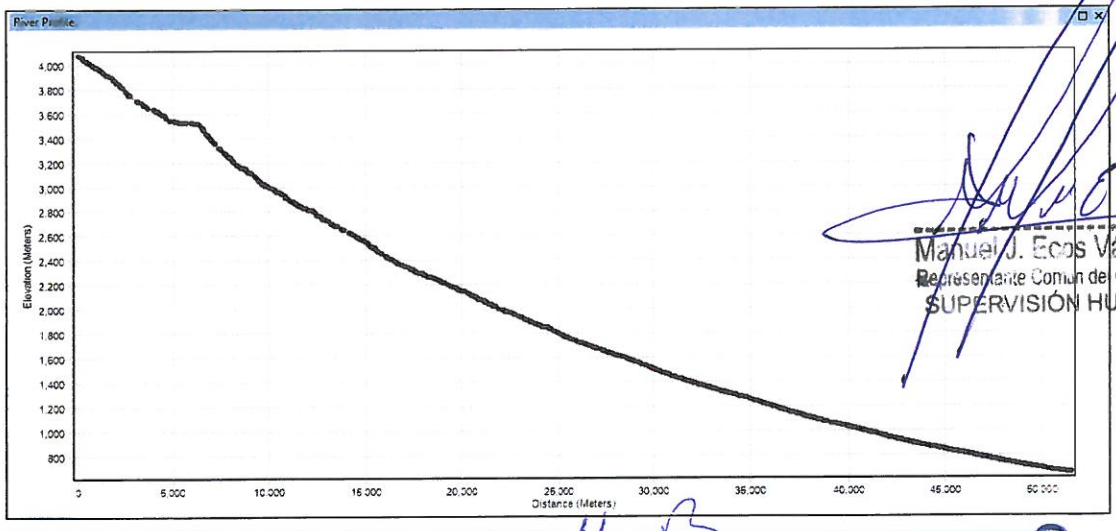


Figura 69: Perfil longitud del curso principal de la subcuenca Chico-Auquimarca



ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISOR HUAURA
CIP

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcial Artero Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 70: Perfil longitud del curso principal de la subcuenca Huaura Medio

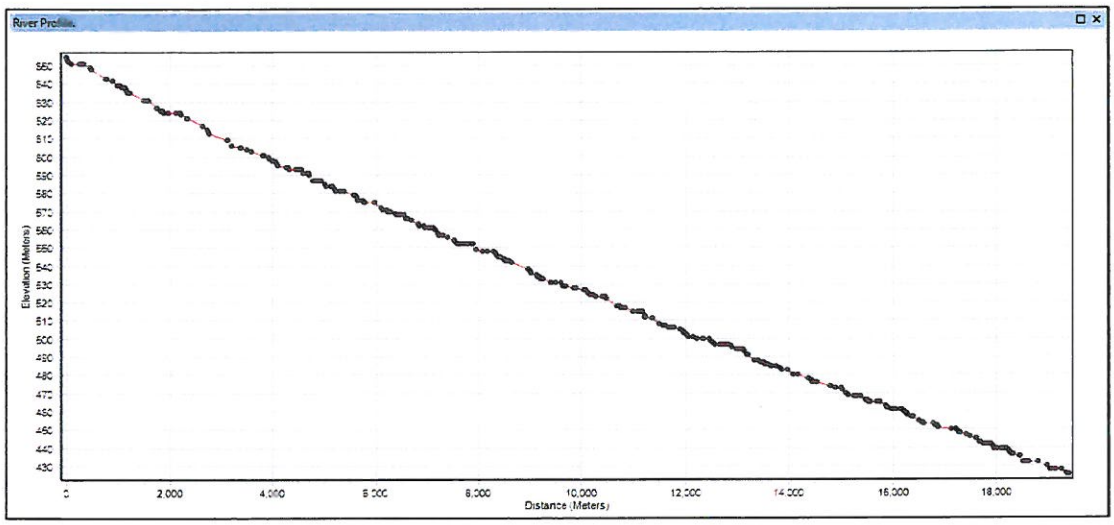
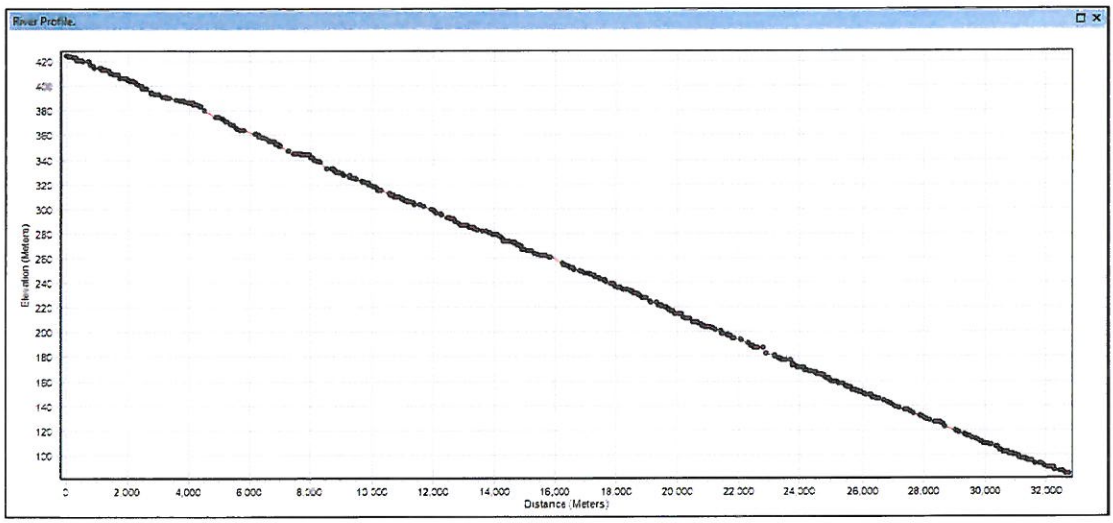


Figura 71: Perfil longitud del curso principal de la subcuenca Huaura Bajo



d) Coeficiente de Compacidad

Una descripción alternativa de la forma de una cuenca está basada sobre la razón del perímetro de la cuenca al área. Para este propósito, un círculo equivalente es definido como un círculo de igual área a aquella de la cuenca. El coeficiente de compacidad es la razón del perímetro de cuenca a aquella del círculo equivalente. Esto conduce a:

$$K_c = \frac{0.282P}{A^{1/2}} \quad \text{... (3.2)}$$

Dónde:

Kc = Coeficiente de compacidad.

P = Perímetro de la cuenca.

A = Área de la cuenca.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISIÓN HUAURA
CIP N° 58999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrología
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

La respuesta de la cuenca se refiere al tiempo de concentración de la escorrentía. El rol de la forma de la cuenca en la respuesta de la cuenca, no ha sido claramente establecido; podría mencionarse que, un factor de forma alto, o un coeficiente de compacidad cercana a 1, describen una cuenca que tiene una respuesta de cuenca rápida y empinada.

Contrariamente, un factor de forma bajo o un coeficiente de compacidad mucho mayor que 1, describe una cuenca con una respuesta de escorrentía retardado. Sin embargo, muchos otros factores, incluyendo al relieve de la cuenca, cobertura vegetativa, y densidad de drenaje, son usualmente más importantes que la forma de la cuenca, con sus efectos combinados que no son fácilmente percibidos.

En el Anexo 7.1, se presentan los valores calculados del factor de forma y coeficiente de compacidad para cada micro cuenca.

Las subcuencas analizadas presentan valores comprendidos entre 1.48 a 3.28, cercanos a uno en la mayoría de los casos, lo que indica una respuesta regularmente rápida de la escorrentía.

Los resultados son los siguientes:

Cuadro 7-6: Coeficiente de compacidad

SUBCUENCA	MICROCUENCA SEGÚN HMS	COEFICIENTE DE COMPACIDAD	NOMBRE
Subcuenca Quichas-Ushpa	W620	1.87815	Surasaca
	W630	2.02337	Ushpa
	W640	2.05197	Quinches
Subcuenca Pampahuay-Paton	W650	2.14148	Paton Cabecera
	W660	1.89032	Paton
	W680	1.98045	Pampahuay
Subcuenca Huaura-Churin	W670	1.89710	Huaura-Yarucalla
	W690	1.78646	Cutacancha
	W700	1.73912	Huaura-1
	W710	1.91149	Mayo Punco
	W720	1.66144	Huaura-2
	W740	2.03489	Pachangara
	W750	1.88206	Pucayaco
	W760	1.80255	Huaura-3
	W770	1.78254	Huaura-4
Subcuenca Cochaquillo-Queruraccra	W780	1.80490	Cochaquillo
	W860	1.99988	Morococha
	W880	1.74321	Cochaquillo-Caracancha-Morococha-Yuracyacu
	W890	2.08460	Caracancha-Morococha-Yuracyacu
	W940	1.93043	Yuracyacu
	W990	1.72958	Queruracra-2
	W1000	1.95112	Pallca
	W1010	1.79839	Queruracra-1
Subcuenca Checras	W790	1.87584	Cayash
	W840	1.88283	Checras-3
	W930	1.87875	Checras-2
	W970	1.86786	Riguarco
	W980	2.52037	Checras-1
Subcuenca Huaura-Paccho-Tingo	W730	1.78536	Huancoy
	W820	1.96671	Ishpa
	W830	1.53756	Huaura-5

ING. CARLOS ALBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

SUBCUENCA	MICROCUENCA SEGÚN HMS	COEFICIENTE DE COMPACIDAD	NOMBRE
	W850	2.27271	Ishpa-Huancoy
	W870	1.77405	Huaura-6
	W910	1.62296	Huaura-7
	W920	1.71596	Paccho
	W950	1.53107	Pampa Quilla-Quisa
	W960	2.03006	Huaura-8
	W1020	1.81567	Picunche
	W1030	1.68171	Huaura-9
Subcuenca Yarucaya	W800	1.99082	Yarucayo
	W810	1.87618	Shihuincocha
	W900	1.89612	Yarucaya
Subcuenca Huaura-Sayán	W1050	1.81933	Huaura-10
	W1100	2.04565	Puscao
	W1130	1.71209	Huaura-11
Subcuenca Chico-Auquimarca	W1080	1.91221	Auquimarca (Chico)
	W1150	1.48277	Río Chico-1
	W1160	1.52815	Huaycho-Ihuari
	W1170	2.23764	Huaycho
	W1180	1.61203	Río Chico-2
	W1190	1.77606	Quipo
	W1200	2.01143	Río Chico-3
	W1210	1.74130	De La Mina
	W1220	1.94447	Ihuari
Subcuenca Huaura-Medio	W1060	2.02018	Lloclla (Tumaray)
	W1140	1.70314	Huaura-12
Subcuenca Huaura-Bajo	W1040	2.54140	Río Seco
	W1070	2.31896	Minas
	W1090	2.51948	Huaura-14
	W1110	3.28198	Huaura-13
	W1120	2.00103	Huaura-12

Fuente: Elaboración propia

e) Forma de la Cuenca

Una descripción cuantitativa de la forma de una cuenca es proporcionada por la siguiente fórmula:

$$K_f = \frac{A}{L^2} \quad \ldots (3.1)$$

Dónde:

K_f = Factor de forma.

A = Área de la cuenca (Km2).

L = Longitud de la cuenca (Km).

Los resultados son los siguientes:

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

Manuel J. Egos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Mario Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 7-7: Factor Forma

SUBCUENCA	MICROCUENCA SEGÚN HMS	FACTOR FORMA	NOMBRE
Subcuenca Quichas-Ushpa	W620	0.11148	Surasaca
	W630	0.09286	Ushpa
	W640	0.08978	Quinches
Subcuenca Pampahuay-Paton	W650	0.08113	Paton Cabecera
	W660	0.10969	Paton
	W680	0.09781	Pampahuay
Subcuenca Huaura-Churin	W670	0.10872	Huaura-Yarucalla
	W690	0.12659	Cutacancha
	W700	0.13576	Huaura-1
	W710	0.10670	Mayo Punco
	W720	0.15341	Huaura-2
	W740	0.09160	Pachangara
	W750	0.11090	Pucayaco
	W760	0.12370	Huaura-3
	W770	0.12731	Huaura-4
Subcuenca Cochaquillo-Queruraccra	W780	0.12329	Cochaquillo
	W860	0.09552	Morococha
	W880	0.13492	Cochaquillo-Caracancha-Morococha-Yuracyacu
	W890	0.08646	Caracancha-Morococha-Yuracyacu
	W940	0.10413	Yuracyacu
	W990	0.13774	Queruracra-2
	W1000	0.10144	Pallca
	W1010	0.12444	Queruracra-1
Subcuenca Checras	W790	0.11182	Cayash
	W840	0.11079	Checras-3
	W930	0.11139	Checras-2
	W970	0.11302	Riguarco
	W980	0.05586	Checras-1
Subcuenca Huaura-Paccho-Tingo	W730	0.12679	Huancoy
	W820	0.09948	Ishpa
	W830	0.19099	Huaura-5
	W850	0.07064	Ishpa-Huancoy
	W870	0.12889	Huaura-6
	W910	0.16363	Huaura-7
	W920	0.14065	Paccho
	W950	0.19339	Pampa Quilla-Quisa
	W960	0.09212	Huaura-8
	W1020	0.12143	Picunche
	W1030	0.14845	Huaura-9
Subcuenca Yarucaya	W800	0.09657	Yarucayo
	W810	0.11177	Shihuincocha
	W900	0.10886	Yarucaya
Subcuenca Huaura-Sayán	W1050	0.12081	Huaura-10
	W1100	0.09045	Puscao
	W1130	0.14150	Huaura-11
Subcuenca Chico-Auquimarca	W1080	0.10660	Auquimarca (Chico)
	W1150	0.21303	Río Chico-1
	W1160	0.19448	Huaycho-Ihuari
	W1170	0.07322	Huaycho

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP Nº 58999

PEDRO VILLAFANI VIL
Ingeniero Mecánico de Fluid
Reg.Colegio de Ingenieros N° 300

Ing. Luis Enrique Benedezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marbel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

SUBCUENCA	MICROCUENCA SEGÚN HMS	FACTOR FORMA	NOMBRE
	W1180	0.16675	Río Chico-2
	W1190	0.12851	Quipo
	W1200	0.09420	Río Chico-3
	W1210	0.13531	De La Mina
	W1220	0.10229	Ihuari
Subcuenca Huaura-Medio	W1060	0.09321	Llocila (Tumaray)
	W1140	0.14349	Huaura-12
Subcuenca Huaura-Bajo	W1040	0.05484	Río Seco
	W1070	0.06745	Minas
	W1090	0.05591	Huaura-14
	W1110	0.03144	Huaura-13
	W1120	0.09538	Huaura-12

Fuente: Elaboración propia

7.3.2 PARÁMETROS DE RELIEVE

a) Relieve de la Cuenca

Relieve es la diferencia de elevación entre dos puntos referenciales. El relieve máximo de la cuenca es la diferencia de elevación entre el punto más alto en la divisoria de la cuenca y la salida de la cuenca. La razón de relieve es la razón del relieve máximo de la cuenca a la distancia recta horizontal más larga de la cuenca, medida en una dirección paralela a aquella del curso de agua principal. La razón de relieve es una medida de la intensidad del proceso erosional activo en la cuenca.

b) Altitud Media de la Cuenca

Corresponde a la ordenada media de la curva hipsométrica, y su cálculo obedece a un promedio ponderado: elevación – área de la cuenca.

Los resultados son los siguientes:

Cuadro 7-8: Altitud media de las microcuencas

SUBCUENCA	MICROCUENCA SEGÚN HMS	ALTITUD MEDIA (msnm)	NOMBRE
Subcuenca Quichas-Ushpa	W620	4,412.0	Surasaca
	W630	4,721.0	Ushpa
	W640	4,112.0	Quinches
Subcuenca Pampahuay-Paton	W650	4,500.0	Paton Cabecera
	W660	3,740.0	Paton
	W680	4,457.0	Pampahuay
Subcuenca Huaura-Churin	W670	3,799.0	Huaura-Yarucalla
	W690	4,421.0	Cutacancha
	W700	4,167.0	Huaura-1
	W710	4,598.0	Mayo Punco
	W720	2,591.0	Huaura-2
	W740	3,946.0	Pachangara
	W750	3,943.0	Pucayaco

Manuel A. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

SUBCUENCA	MICROCUENCA SEGÚN HMS	ALTITUD MEDIA (msnm)	NOMBRE
	W760	2,342.0	Huaura-3
	W770	2,286.0	Huaura-4
Subcuenca Cochaquillo-Queruraccra	W780	4,439.0	Cochaquillo
	W860	4,380.0	Morococha
	W880	3,684.0	Cochaquillo-Caracancha-Morococha-Yuracyacu
	W890	4,606.0	Caracancha-Morococha-Yuracyacu
	W940	4,566.0	Yuracyacu
	W990	3,462.0	Queruracra-2
	W1000	4,724.0	Pallca
	W1010	4,262.0	Queruracra-1
Subcuenca Checras	W790	3,902.0	Cayash
	W840	2,812.0	Checras-3
	W930	2,882.0	Checras-2
	W970	3,931.0	Riguarco
	W980	3,551.0	Checras-1
Subcuenca Huaura-Paccho-Tingo	W730	3,823.0	Huancoy
	W820	3,715.0	Ishpa
	W830	2,128.0	Huaura-5
	W850	2,213.0	Ishpa-Huancoy
	W870	1,999.0	Huaura-6
	W910	1,602.0	Huaura-7
	W920	3,179.0	Paccho
	W950	2,778.0	Pampa Quilla-Quisa
	W960	1,416.0	Huaura-8
	W1020	2,838.0	Picunche
	W1030	1,467.0	Huaura-9
Subcuenca Yarucaya	W800	4,007.0	Yarucayo
	W810	4,150.0	Shihuincocha
	W900	2,732.0	Yarucaya
Subcuenca Huaura-Sayán	W1050	1,124.0	Huaura-10
	W1100	2,271.0	Puscao
	W1130	733.0	Huaura-11
Subcuenca Chico-Auquimarca	W1080	3,218.0	Auquimarca (Chico)
	W1150	1,994.0	Río Chico-1
	W1160	1,996.0	Huaycho-Ihuari
	W1170	3,691.0	Huaycho
	W1180	1,285.0	Río Chico-2
	W1190	1,980.0	Quipo
	W1200	893.0	Río Chico-3
	W1210	1,712.0	De La Mina
	W1220	2,882.0	Ihuari
Subcuenca Huaura-Medio	W1060	1,135.0	Llocila (Tumaray)
	W1140	1,004.0	Huaura-12
Subcuenca Huaura-Bajo	W1040	555.0	Río Seco
	W1070	552.0	Minas
	W1090	146.0	Huaura-14
	W1110	217.0	Huaura-13
	W1120	342.0	Huaura-12

Fuente: Elaboración propia

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISION HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrología
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

c) Pendiente Media de la Cuenca

Este parámetro de relieve es importante debido a su relación con el comportamiento hidráulico de drenaje de la cuenca. Para la estimación se ha empleado el sistema del Rectángulo Equivalente.

Los resultados son los siguientes:

Cuadro 7-9: Pendiente media de las microcuencas

SUBCUENCA	MICROCUENCA SEGÚN HMS	PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA	NOMBRE
Subcuenca Quichas-Ushpa	W620	0.040823	Surasaca
	W630	0.048985	Ushpa
	W640	0.066331	Quinches
Subcuenca Pampahuay-Paton	W650	0.045349	Paton Cabecera
	W660	0.094359	Paton
	W680	0.050364	Pampahuay
Subcuenca Huaura-Churin	W670	0.119595	Huaura-Yarucalla
	W690	0.110458	Cutacancha
	W700	0.113640	Huaura-1
	W710	0.094334	Mayo Punco
	W720	0.173202	Huaura-2
	W740	0.095089	Pachangara
	W750	0.091543	Pucayaco
	W760	0.206550	Huaura-3
	W770	0.171675	Huaura-4
Subcuenca Cochaquillo-Queruraccra	W780	0.067486	Cochaquillo
	W860	0.046573	Morococha
	W880	0.096089	Cochaquillo-Caracancha-Morococha-Yuracyacu
	W890	0.107134	Caracancha-Morococha-Yuracyacu
	W940	0.034372	Yuracyacu
	W990	0.178507	Queruracra-2
	W1000	0.082292	Pallca
	W1010	0.087793	Queruracra-1
Subcuenca Checras	W790	0.103408	Cayash
	W840	0.103253	Checras-3
	W930	0.096310	Checras-2
	W970	0.109300	Riguarco
	W980	0.074927	Checras-1
Subcuenca Huaura-Paccho-Tingo	W730	0.094623	Huancoy
	W820	0.126948	Ishpa
	W830	0.149244	Huaura-5
	W850	0.294086	Ishpa-Huancoy
	W870	0.197269	Huaura-6
	W910	0.165674	Huaura-7
	W920	0.127471	Paccho
	W950	0.199238	Pampa Quilla-Quisa
	W960	0.115309	Huaura-8
	W1020	0.162619	Picunche
	W1030	0.138487	Huaura-9
Subcuenca Yarucaya	W800	0.085257	Yarucayo
	W810	0.087755	Shihuincocha
	W900	0.087281	Yarucaya

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS ALBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 59999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

SUBCUENCA	MICROCUENCA SEGÚN HMS	PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA	NOMBRE
Subcuenca Huaura-Sayán	W1050	0.085775	Huaura-10
	W1100	0.018927	Puscao
	W1130	0.097783	Huaura-11
Subcuenca Chico-Auquimarca	W1080	0.064414	Auquimarca (Chico)
	W1150	0.097623	Río Chico-1
	W1160	0.271369	Huaycho-Ihuari
	W1170	0.042289	Huaycho
	W1180	0.269185	Río Chico-2
	W1190	0.038120	Quipo
	W1200	0.054648	Río Chico-3
	W1210	0.119972	De La Mina
	W1220	0.072889	Ihuari
Subcuenca Huaura-Medio	W1060	0.063387	Lloclla (Tumaray)
	W1140	0.037889	Huaura-12
Subcuenca Huaura-Bajo	W1040	0.042687	Río Seco
	W1070	0.058070	Minas
	W1090	0.029505	Huaura-14
	W1110	0.193866	Huaura-13
	W1120	0.006241	Huaura-12

Fuente: Elaboración propia

d) Rectángulo Equivalente

Es el rectángulo que tiene la misma área y el mismo perímetro que la cuenca. En estas condiciones tendrá el mismo coeficiente de compacidad Kc de Gravelius, así como también iguales parámetros de distribución de alturas, igual curva hipsométrica, etc.

Se deberá tener, considerado que L y l, son las dimensiones del rectángulo equivalente

$$A = Lxl$$

$$P = 2(L+l) = 2K_c\sqrt{\pi A}$$

$$L^2 - L.K_c\sqrt{\pi A} + A = 0$$

De donde se obtiene:

$$L = \frac{K_c\sqrt{\pi A}}{2}\left[1+\sqrt{1-\frac{4}{\pi.K_c^2}}\right]$$

$$l = \frac{K_c\sqrt{\pi A}}{2}\left[1-\sqrt{1-\frac{4}{\pi.K_c^2}}\right]$$

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Miguel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 7-10: Rectángulo equivalente

SUBCUENCA	MICROCUENCA SEGÚN HMS	RECTÁNGULO EQUIVALENTE (Largo Km)	RECTÁNGULO EQUIVALENTE (Ancho Km)	NOMBRE
Subcuenca Quichas-Ushpa	W620	39.708	4.427	Surasaca
	W630	32.724	3.039	Ushpa
	W640	23.036	2.068	Quinches
Subcuenca Pampahuay-Paton	W650	31.114	2.524	Paton Cabecera
	W660	16.925	1.857	Paton
	W680	28.354	2.773	Pampahuay
Subcuenca Huaura-Churin	W670	16.004	1.740	Huaura-Yarucalla
	W690	18.423	2.332	Cutacancha
	W700	19.078	2.590	Huaura-1
	W710	21.498	2.294	Mayo Punco
	W720	14.116	2.166	Huaura-2
	W740	28.973	2.654	Pachangara
	W750	27.637	3.065	Pucayaco
	W760	0.712	0.088	Huaura-3
	W770	11.650	1.483	Huaura-4
Subcuenca Cochaquillo-Queruraccra	W780	26.643	3.285	Cochaquillo
	W860	24.843	2.373	Morococha
	W880	22.604	3.050	Cochaquillo-Caracancha-Morococha-Yuracyacu
	W890	16.297	1.409	Caracancha-Morococha-Yuracyacu
	W940	34.767	3.620	Yuracyacu
	W990	8.907	1.227	Queruracra-2
	W1000	22.554	2.288	Pallca
	W1010	19.614	2.441	Queruracra-1
Subcuenca Checras	W790	27.300	3.053	Cayash
	W840	25.626	2.839	Checras-3
	W930	29.177	3.250	Checras-2
	W970	20.714	2.341	Riguasco
	W980	28.628	1.599	Checras-1
Subcuenca Huaura-Paccho-Tingo	W730	32.360	4.103	Huancoy
	W820	24.435	2.431	Ishpa
	W830	18.319	3.499	Huaura-5
	W850	5.696	0.402	Ishpa-Huancoy
	W870	8.501	1.096	Huaura-6
	W910	10.696	1.750	Huaura-7
	W920	27.661	3.891	Paccho
	W950	16.157	3.124	Pampa Quilla-Quisa
	W960	23.433	2.159	Huaura-8
	W1020	22.230	2.699	Picunche
	W1030	12.752	1.893	Huaura-9
Subcuenca Yarucaya	W800	27.212	2.628	Yarucayo
	W810	26.301	2.940	Shihuincocha

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999
JEFE DE SUPERVISIÓN

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

SUBCUENCA	MICROCUENCA SEGÚN HMS	RECTÁNGULO EQUIVALENTE (Largo Km)	RECTÁNGULO EQUIVALENTE (Ancho Km)	NOMBRE
	W900	32.241	3.510	Yarucaya
Subcuenca Huaura-Sayán	W1050	40.058	4.839	Huaura-10
	W1100	29.588	2.676	Puscao
	W1130	14.614	2.068	Huaura-11
Subcuenca Chico-Auquimarca	W1080	51.774	5.519	Auquimarca (Chico)
	W1150	16.420	3.498	Río Chico-1
	W1160	8.505	1.654	Huaycho-Ihuari
	W1170	26.745	1.958	Huaycho
	W1180	10.431	1.739	Río Chico-2
	W1190	20.750	2.667	Quipo
	W1200	32.810	3.091	Río Chico-3
	W1210	18.546	2.509	De La Mina
	W1220	24.407	2.497	Ihuari
Subcuenca Huaura-Medio	W1060	42.201	3.934	Lloclla (Tumaray)
	W1140	36.870	5.290	Huaura-12
Subcuenca Huaura-Bajo	W1040	43.855	2.405	Río Seco
	W1070	32.426	2.187	Minas
	W1090	18.438	1.031	Huaura-14
	W1110	16.852	0.530	Huaura-13
	W1120	41.661	3.974	Huaura-12

Fuente: Elaboración propia

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

7.3.3 PARÁMETROS DE DRENAJE

a) Orden de Ríos

El concepto de orden de corriente es esencial para la descripción jerárquica de corrientes dentro de una cuenca. El flujo sobre terreno podría ser considerado como una corriente hipotética de orden cero. Una corriente de primer orden es aquella que recibe flujo de corrientes de orden cero, es decir, flujo sobre terreno.

Dos corrientes de primer orden se combinan para formar una corriente de segundo orden. En general dos corrientes de orden m se combinan para formar una corriente m+1. El orden del río de la cuenca es el orden de la corriente principal.

El orden de corriente de una cuenca está directamente relacionado a su tamaño. Cuencas grandes tienen órdenes de corriente de 10 o más. La evaluación de orden de corriente es ampliamente sensible a la escala del plano. Además, considerable cuidado es requerido cuando se utiliza análisis de orden de corriente en estudios comparativos de comportamiento de cuenca.

Los resultados son los siguientes:

Cuadro 7-11: Orden de ríos

SUBCUENCA	MICROCUENCA SEGÚN HMS	ORDEN DE RIOS	NOMBRE
Subcuenca Quichas-Ushpa	W620	3	Surasaca
	W630	2	Ushpa

ING. CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISIÓN HUAURA
CIP N° 59999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

SUBCUENCA	MICROCUENCA SEGÚN HMS	ORDEN DE RIOS	NOMBRE
	W640	3	Quinches
Subcuenca Pampahuay-Paton	W650	2	Paton Cabecera
	W660	3	Paton
	W680	2	Pampahuay
Subcuenca Huaura-Churin	W670	4	Huaura-Yarucalla
	W690	2	Cutacancha
	W700	4	Huaura-1
	W710	3	Mayo Punco
	W720	4	Huaura-2
	W740	3	Pachangara
	W750	3	Pucayaco
	W760	4	Huaura-3
	W770	4	Huaura-4
Subcuenca Cochaquillo-Queruraccra	W780	3	Cochaquillo
	W860	3	Morococha
	W880	4	Cochaquillo-Caracancha-Morococha-Yuracyacu
	W890	2	Caracancha-Morococha-Yuracyacu
	W940	4	Yuracyacu
	W990	3	Queruracra-2
	W1000	2	Pallca
	W1010	2	Queruracra-1
Subcuenca Checras	W790	2	Cayash
	W840	4	Checras-3
	W930	4	Checras-2
	W970	3	Riguarco
	W980	4	Checras-1
Subcuenca Huaura-Paccho-Tingo	W730	4	Huancoy
	W820	2	Ishpa
	W830	5	Huaura-5
	W850	4	Ishpa-Huancoy
	W870	5	Huaura-6
	W910	5	Huaura-7
	W920	3	Paccho
	W950	3	Pampa Quilla-Quisa
	W960	5	Huaura-8
	W1020	3	Picunche
	W1030	5	Huaura-9
Subcuenca Yarucaya	W800	3	Yarucayo
	W810	3	Shihuincocha
	W900	4	Yarucaya
Subcuenca Huaura-Sayán	W1050	5	Huaura-10
	W1100	3	Puscao
	W1130	5	Huaura-11
Subcuenca Chico-Auquimarca	W1080	4	Auquimarca (Chico)
	W1150	5	Río Chico-1
	W1160	4	Huaycho-Ihuari
	W1170	3	Huaycho
	W1180	5	Río Chico-2
	W1190	3	Quipo
	W1200	5	Río Chico-3

Manuel J. Enos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISION HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CORTEZAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53599

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

SUBCUENCA	MICROCUENCA SEGÚN HMS	ORDEN DE RIOS	NOMBRE
	W1210	3	De La Mina
	W1220	3	Ihuari
Subcuenca Huaura-Medio	W1060	4	Lloclla (Tumaray)
	W1140	6	Huaura-12
Subcuenca Huaura-Bajo	W1040	3	Río Seco
	W1070	3	Minas
	W1090	6	Huaura-14
	W1110	6	Huaura-13
	W1120	6	Huaura-12

Fuente: Elaboración propia

b) Densidad de Drenaje

Las longitudes de todas las corrientes pueden ser sumadas para determinar la longitud total de la corriente. La densidad de drenaje de la cuenca es la razón de la longitud total de corriente al área de cuenca. Una densidad de drenaje alta refleja una respuesta de escorrentía rápida y empinada, mientras que una densidad de drenaje bajas es característica de una respuesta de escorrentía tardía. La relación es la siguiente:

$$D_d = \frac{L}{A}$$

Dónde:

D_d = Densidad de drenaje.

L_t = Longitud total de las corrientes perennes o intermitentes en Km.

En el cuadro siguiente se presenta los valores del índice de drenaje de las subcuencas analizadas.

Los resultados son los siguientes:

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Cuadro 7-12: Densidad de drenaje

SUBCUENCA	MICROCUENCA SEGÚN HMS	DENSIDAD DE DRENAJE (Km²/Km)	NOMBRE
Subcuenca Quichas-Ushpa	W620	0.37849	Surasaca
	W630	0.56869	Ushpa
	W640	0.40336	Quinches
Subcuenca Pampahuay-Paton	W650	0.25262	Paton Cabecera
	W660	0.62508	Paton
	W680	0.55984	Pampahuay
Subcuenca Huaura-Churin	W670	0.64403	Huaura-Yarucalla
	W690	0.36102	Cutacancha
	W700	0.45002	Huaura-1
	W710	0.62502	Mayo Punco
	W720	0.53063	Huaura-2
	W740	0.46943	Pachangara
	W750	0.48771	Pucayaco
	W760	7.92283	Huaura-3

ING. CARLOS HUMBERTO PASQUEL CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISION
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53959

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. [illegible]
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

SUBCUENCA	MICROCUENCA SEGÚN HMS	DENSIDAD DE DRENAJE (Km²/Km)	NOMBRE
	W770	0.45366	Huaura-4
Subcuenca Cochaquillo-Queruraccra	W780	0.39141	Cochaquillo
	W860	0.34913	Morococha
	W880	0.41602	Cochaquillo-Caracancha-Morococha-Yuracyacu
	W890	0.66307	Caracancha-Morococha-Yuracyacu
	W940	0.55591	Yuracyacu
	W990	0.77437	Queruracra-2
	W1000	0.37174	Pallca
	W1010	0.58361	Queruracra-1
Subcuenca Checras	W790	0.47274	Cayash
	W840	0.61600	Checras-3
	W930	0.55025	Checras-2
	W970	0.54625	Riguarco
	W980	0.93468	Checras-1
Subcuenca Huaura-Paccho-Tingo	W730	0.57814	Huancoy
	W820	0.57738	Ishpa
	W830	0.68846	Huaura-5
	W850	5.39320	Ishpa-Huancoy
	W870	1.49146	Huaura-6
	W910	0.42848	Huaura-7
	W920	0.52822	Paccho
	W950	0.60716	Pampa Quilla-Quisa
	W960	0.67352	Huaura-8
	W1020	0.49273	Picunche
	W1030	1.01580	Huaura-9
Subcuenca Yarucaya	W800	0.66357	Yarucayo
	W810	0.68146	Shihuincocha
	W900	0.90431	Yarucaya
Subcuenca Huaura-Sayán	W1050	0.75476	Huaura-10
	W1100	0.67810	Puscao
	W1130	1.04889	Huaura-11
Subcuenca Chico-Auquimarca	W1080	0.54425	Auquimarca (Chico)
	W1150	1.04769	Río Chico-1
	W1160	1.75608	Huaycho-Ihuari
	W1170	0.52268	Huaycho
	W1180	1.10542	Río Chico-2
	W1190	0.77375	Quipo
	W1200	0.88668	Río Chico-3
	W1210	0.80033	De La Mina
	W1220	0.57219	Ihuari
Subcuenca Huaura-Medio	W1060	1.01273	Llocllа (Tumaray)
	W1140	0.87708	Huaura-12
Subcuenca Huaura-Bajo	W1040	0.84716	Río Seco
	W1070	0.54260	Minas
	W1090	0.72092	Huaura-14
	W1110	4.90889	Huaura-13
	W1120	0.58349	Huaura-12

Fuente: Elaboración propia

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISION
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 59999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

c) Extensión Media del Escurrimiento

Se define como la distancia media que el agua debería escurrir sobre la cuenca para llegar al cauce y se estima por la relación que existe entre el área y 04 veces la longitud de todos los cauces de la cuenca.

$$L_m = \frac{A}{4\sum L_t} = \frac{1}{4D_d}$$

Dónde:

A = Área de drenaje.

D_d = Densidad de drenaje.

L_t = Longitud total de las corrientes perennes o intermitentes en Km.

Los resultados son los siguientes:

Cuadro 7-13: Extensión media de escurrimiento

SUBCUENCA	MICROCUENCA SEGÚN HMS	EXTENSIÓM MEDIA DE ESCURRIMIENTO (Km/Km²)	NOMBRE
Subcuenca Quichas-Ushpa	W620	0.66052	Surasaca
	W630	0.43961	Ushpa
	W640	0.61979	Quinches
Subcuenca Pampahuay-Paton	W650	0.98962	Paton Cabecera
	W660	0.39995	Paton
	W680	0.44656	Pampahuay
Subcuenca Huaura-Churin	W670	0.38818	Huaura-Yarucalla
	W690	0.69249	Cutacancha
	W700	0.55553	Huaura-1
	W710	0.39999	Mayo Punco
	W720	0.47114	Huaura-2
	W740	0.53256	Pachangara
	W750	0.51260	Pucayaco
	W760	0.03155	Huaura-3
	W770	0.55108	Huaura-4
Subcuenca Cochaquillo-Queruraccra	W780	0.63872	Cochaquillo
	W860	0.71606	Morococha
	W880	0.60093	Cochaquillo-Caracancha-Morococha-Yuracyacu
	W890	0.37703	Caracancha-Morococha-Yuracyacu
	W940	0.44971	Yuracyacu
	W990	0.32284	Queruracra-2
	W1000	0.67251	Pallca
	W1010	0.42837	Queruracra-1
Subcuenca Checras	W790	0.52883	Cayash
	W840	0.40585	Checras-3
	W930	0.45434	Checras-2
	W970	0.45767	Riguarco
	W980	0.26747	Checras-1
Subcuenca Huaura-Paccho-Tingo	W730	0.43242	Huancoy
	W820	0.43299	Ishpa
	W830	0.36313	Huaura-5
	W850	0.04635	Ishpa-Huancoy
	W870	0.16762	Huaura-6

Manuel Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVICION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

SUBCUENCA	MICROCUENCA SEGÚN HMS	EXTENSIÓM MEDIA DE ESCURRIMIENTO (Km/Km²)	NOMBRE
	W910	0.58346	Huaura-7
	W920	0.47328	Paccho
	W950	0.41176	Pampa Quilla-Quisa
	W960	0.37119	Huaura-8
	W1020	0.50738	Picunche
	W1030	0.24611	Huaura-9
Subcuenca Yarucaya	W800	0.37675	Yarucayo
	W810	0.36686	Shihuincocha
	W900	0.27645	Yarucaya
Subcuenca Huaura-Sayán	W1050	0.33123	Huaura-10
	W1100	0.36868	Puscao
	W1130	0.23835	Huaura-11
Subcuenca Chico-Auquimarca	W1080	0.45935	Auquimarca (Chico)
	W1150	0.23862	Río Chico-1
	W1160	0.14236	Huaycho-Ihuari
	W1170	0.47831	Huaycho
	W1180	0.22616	Río Chico-2
	W1190	0.32310	Quipo
	W1200	0.28195	Río Chico-3
	W1210	0.31237	De La Mina
	W1220	0.43692	Ihuari
Subcuenca Huaura-Medio	W1060	0.24686	Llocila (Tumaray)
	W1140	0.28504	Huaura-12
Subcuenca Huaura-Bajo	W1040	0.29511	Río Seco
	W1070	0.46075	Minas
	W1090	0.34678	Huaura-14
	W1110	0.05093	Huaura-13
	W1120	0.42846	Huaura-12

Fuente: Elaboración propia

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

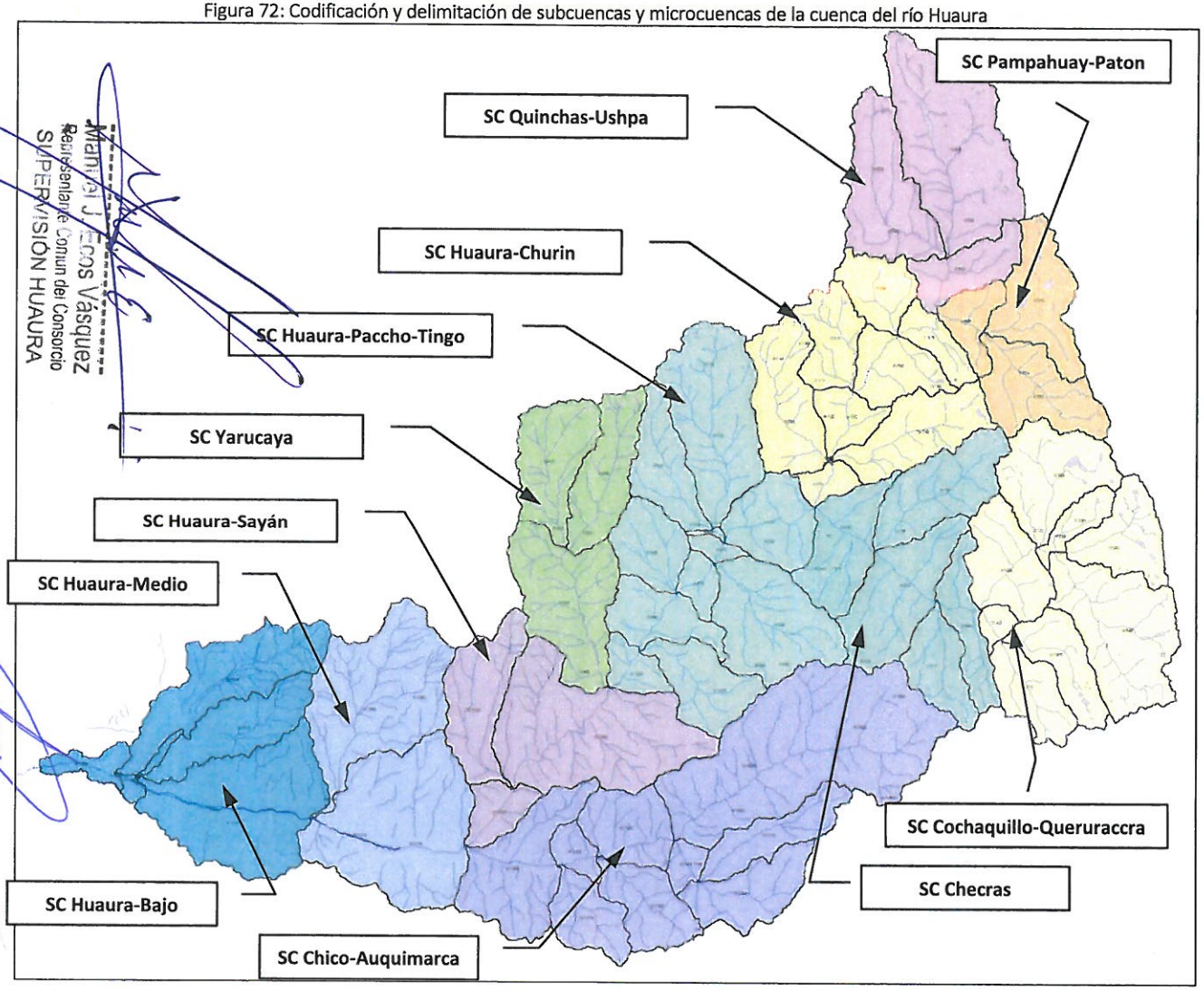
ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP Nº 58999

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 72: Codificación y delimitación de subcuencas y microcuencas de la cuenca del río Huaura



Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrología
CIP: 64031

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 55999

CARLOS ALBERTO ABUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

2008

8 VARIABLES CLIMÁTICAS

Los parámetros climatológicos de precipitación, temperatura máxima diaria y mínima diaria, son los de mayor importancia en cuanto a la tipificación o caracterización de la climatología en la cuenca. Para ello se ha considerado estaciones solo en el ámbito de la zona de estudio, para su descripción e interpretación y en caso de no existir la variable analizada dentro de la cuenca se ha recurrido a estaciones cercanas al límite de la cuenca y así fijar las tendencias de las diferentes variables meteorológicas.

El clima es un factor que incide directamente en la vocación de los subespacios de la Microregión y por ende en la cuenca de estudio. Es por ello que se tomaron en consideración las estaciones que inciden en la cuenca, en las cuales podemos citar las siguientes:

- Zona Baja de la Cuenca: Alcantarilla, UNJF Sánchez Carrión y Ambar.
- Zona Media de la Cuenca: Andajes, Pampa Libre, Paccho, Pachamachay y Pallac.
- Zona Alta de la Cuenca: Picoy, Parquin, Gorgor, Oyón, Santa Cruz, Santa Rosa, Cajatambo, Laguna Surasaca, Carhuacayan.

Son un total de 19 Estaciones Climatológicas, según la relación que se muestra en el Cuadro 3.1. Parte de dichas estaciones (13) incidieron en la caracterización climatológica de la cuenca de estudio, como son: Alcantarilla, Andajes, Gorgor, Lomas de Lachay, Oyón, Paccho, Pachamachay, Pallac, Pampa Libre, Parquin, San Rafael, Santa Cruz y Santa Rosa.

8.1 PRECIPITACIÓN

La información de la precipitación del área del Proyecto se ha basado en los registros de las estaciones enmarcadas en la zona de estudio.

La presencia de lluvias en la parte baja de la cuenca es esporádica o casi no existe, a diferencia de la zona alta y media que existen precipitaciones casi todos los años o hay presencia de lloviznas.

En la parte baja de la cuenca las precipitaciones son bajas, variando entre 5 a 120 mm por año, pertenecientes a las estaciones Alcantarilla y Lomas de Lachay, respectivamente.

Los promedios anuales de cada estación demuestra, en general, la existencia de una correlación entre la altitud y la precipitación, es decir que a mayores elevaciones corresponden lluvias más intensas, con excepción de algunos casos especialmente de estaciones ubicadas dentro de una misma zona, en donde la diferencia de altura son relativamente muy pequeñas y en las que las variaciones en el volumen de precipitación pueden ser atribuidas a razones de posición con respecto al flujo de las corrientes de aire húmedo.

En la cabecera noreste de la cuenca las precipitaciones oscilan entre los 560 mm a 810 mm.

En la cabecera sureste de la cuenca las precipitaciones oscilan entre los 505 mm a 889 mm.

En la parte media de la cuenca entre 129 mm a 200 mm.

El promedio mensual de las precipitaciones pluviales lo podemos apreciar en el Cuadro 3.1.

En la Figura 59, se presentan las variaciones mensuales de las precipitaciones de las estaciones meteorológicas Alcantarilla, Andajes, Gorgor, Lomas de Lachay, Oyón, Paccho, Pachamachay, Pallac, Pampa Libre, Parquin, San Rafael, Santa Cruz y Santa Rosa.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 43959

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg. Colegio de Ingenieros N°

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrología
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 8-1: Precipitación total mensual promedio (mm) de estaciones climatológicas

ESTACIONES	DATO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
ALCANTARILLA	Media	0.7	0.8	0.7	0.1	0.3	0.8	0.9	1.2	0.9	0.4	0.3	0.2	7.26
	Máx.	11.3	6.7	5.9	1.2	2.8	5.3	5.6	11.6	16.7	7.2	3.5	2.2	79.80
	Mín.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
	P (75%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.42
	P (50%)	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.3	0.5	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	1.94
ANDAJES	Media	83.0	96.0	106.3	34.1	4.9	0.9	0.7	1.0	4.9	22.1	25.5	56.8	436.30
	Máx.	185.1	220.4	250.9	94.8	23.0	6.6	12.0	8.0	46.0	96.9	87.4	134.4	1,165.51
	Mín.	11.0	12.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4	28.00
	P (75%)	54.1	62.1	76.9	16.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	8.3	11.3	32.6	261.94
	P (50%)	78.2	96.2	102.2	30.8	1.7	0.0	0.0	0.0	2.2	18.2	21.2	59.4	410.15
GORGOR	Media	109.0	133.4	155.6	45.1	7.0	2.0	0.6	1.0	5.1	29.1	35.4	70.8	593.94
	Máx.	251.8	307.6	291.3	115.6	28.3	54.8	12.6	17.3	35.3	106.3	158.1	181.6	1,560.57
	Mín.	0.0	21.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.50
	P (75%)	70.7	74.4	98.6	20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.7	13.6	39.7	326.44
	P (50%)	91.5	122.3	153.2	42.4	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	23.9	25.5	63.6	523.04
LOMAS DE LACHAY	Media	10.6	7.4	7.7	3.4	9.7	13.9	17.3	22.4	19.5	12.1	7.7	8.0	139.83
	Máx.	103.1	48.0	88.9	18.5	105.3	47.4	46.3	63.5	56.1	43.1	26.9	65.2	712.30
	Mín.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.42
	P (75%)	0.3	0.1	0.1	0.0	3.2	9.3	10.0	10.3	10.3	7.1	2.6	1.6	54.52
	P (50%)	3.6	2.1	1.0	0.2	7.3	11.5	12.9	17.8	17.4	11.3	7.1	4.0	96.16
OYÓN	Media	91.1	104.3	115.5	47.6	11.6	1.7	1.3	3.9	13.8	41.8	48.9	78.4	559.91
	Máx.	178.1	311.2	356.0	119.8	46.3	11.5	6.8	26.2	53.2	161.0	256.4	247.4	1,773.94
	Mín.	0.0	23.8	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.9	31.00
	P (75%)	69.5	71.3	83.7	27.6	1.3	0.0	0.0	0.0	5.3	21.6	27.1	53.9	361.10
	P (50%)	91.7	96.4	108.4	44.3	4.8	0.8	0.0	1.3	10.8	35.6	44.0	80.3	518.40
PACCHO	Media	121.9	152.9	170.4	64.5	7.2	0.7	0.4	1.0	4.2	15.8	25.9	61.2	626.10
	Máx.	412.6	363.7	620.0	268.7	70.7	7.1	6.9	11.6	49.1	94.4	154.5	181.4	2,240.65
	Mín.	8.3	28.2	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	38.96
	P (75%)	58.7	83.8	116.4	27.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	5.8	31.9	328.36
	P (50%)	102.5	137.2	157.5	57.0	1.3	0.0	0.0	0.0	1.7	10.5	18.2	49.0	534.96
PACHAMACHAY	Media	125.1	142.0	153.2	56.7	6.0	0.7	0.5	1.0	6.0	25.7	40.2	71.6	628.79
	Máx.	506.0	484.0	367.8	193.5	63.7	14.6	10.3	14.0	56.1	136.0	175.4	362.4	2,383.76
	Mín.	11.2	11.4	8.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.70
	P (75%)	50.7	75.8	88.6	24.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	6.4	24.4	271.07
	P (50%)	103.7	123.1	146.7	43.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.6	22.9	57.5	510.76
PALLAC	Media	53.3	80.4	93.9	18.3	0.5	0.0	0.0	0.1	0.5	3.7	6.7	21.7	279.04
	Máx.	198.9	211.4	290.2	79.8	4.5	1.2	1.0	1.9	10.4	36.1	50.6	162.4	1,048.40
	Mín.	0.0	11.5	11.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.60
	P (75%)	27.0	43.1	50.1	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	129.55
	P (50%)	45.9	72.2	80.2	16.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	14.6	231.00
PAMPA LIBRE	Media	27.0	28.9	38.8	9.2	0.7	0.1	0.2	0.0	0.4	4.3	5.4	13.1	128.06
	Máx.	173.0	88.3	166.8	38.2	13.4	1.8	3.7	1.5	7.1	33.7	24.5	86.4	638.43
	Mín.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
	P (75%)	11.2	13.7	15.4	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	44.15
	P (50%)	22.8	25.1	30.0	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	3.0	8.6	97.49
PICOY	Media	88.8	96.2	106.7	44.0	9.8	2.2	2.4	3.4	10.1	30.6	40.3	71.1	505.64
	Máx.	164.9	200.6	247.8	121.8	40.9	32.8	48.6	63.0	41.5	84.4	109.6	156.7	1,312.60
	Mín.	5.0	4.6	5.5	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	4.0	24.70
	P (75%)	64.9	58.0	75.6	27.7	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	11.9	20.6	50.4	312.55
	P (50%)	92.9	96.5	107.8	38.0	5.9	0.0	0.0	0.4	7.3	26.0	35.8	66.7	477.30

Marcel J. Pérez Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CORREDERAS
JEFE DE SUPERVISION
CONSORCIO SUPERVISOR HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg. Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

ESTACIONES	DATO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
PARQUIN	Media	117.7	127.9	153.6	65.5	18.7	1.7	2.0	1.4	11.7	44.5	50.4	89.5	684.56
	Máx.	240.6	315.7	315.8	178.2	241.0	34.0	44.2	25.5	64.6	137.6	151.5	207.7	1,956.40
	Mín.	10.8	1.8	1.9	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.00
	P (75%)	81.2	95.1	109.0	47.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.1	16.0	52.2	422.59
	P (50%)	116.4	122.4	154.8	57.9	6.4	0.0	0.0	0.0	8.1	37.5	40.2	80.4	624.06
SAN RAFAEL	Media	112.6	126.6	125.9	52.7	14.7	7.6	9.9	9.0	29.7	44.1	54.5	112.0	699.27
	Máx.	802.9	1,079.8	592.1	219.6	59.7	49.1	160.0	120.0	487.9	188.6	126.3	1,173.6	5,059.67
	Mín.	0.0	15.8	30.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	46.51
	P (75%)	62.6	67.4	78.5	32.2	1.0	0.0	0.0	0.0	2.0	12.7	32.8	60.8	349.70
	P (50%)	97.4	100.9	111.1	47.4	9.7	4.8	1.6	5.2	19.9	43.9	57.6	96.0	595.54
SANTA CRUZ	Media	94.2	114.8	128.8	48.5	12.2	1.3	2.1	3.2	11.0	40.6	45.8	81.5	583.95
	Máx.	238.4	230.5	284.0	163.5	65.5	18.3	21.3	12.3	46.9	163.5	119.4	254.5	1,618.05
	Mín.	5.8	9.1	35.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.50
	P (75%)	59.1	74.8	91.8	25.2	1.9	0.0	0.0	0.0	5.9	21.1	23.8	49.1	352.60
	P (50%)	96.2	112.3	123.4	44.9	5.9	0.0	0.0	2.0	10.2	33.4	39.8	68.6	536.70
SANTA ROSA	Media	0.8	1.0	0.6	0.1	0.1	0.3	0.4	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	4.22
	Máx.	19.0	12.5	8.6	2.4	2.6	5.9	2.9	2.2	1.8	2.3	2.8	2.3	65.34
	Mín.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
	P (75%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
	P (50%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
CAJATAMBO	Media	102.4	131.3	147.1	58.7	15.4	2.5	3.3	3.8	11.9	45.0	48.2	91.4	661.11
	Máx.	191.5	249.0	295.3	217.8	90.6	19.9	28.8	18.9	59.2	178.6	132.7	274.8	1,756.97
	Mín.	9.1	14.0	47.4	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	2.1	75.12
	P (75%)	56.0	84.6	108.5	32.9	3.4	0.0	0.0	0.5	4.6	25.5	26.7	56.4	399.07
	P (50%)	108.5	125.9	138.7	51.6	8.3	1.0	1.0	2.3	11.4	39.0	44.8	81.7	614.12
LAGUNA SURASACA	Media	121.9	135.9	162.4	69.8	26.4	6.3	7.3	10.0	25.4	66.9	68.6	109.2	810.03
	Máx.	234.8	279.8	346.9	201.8	88.4	34.7	44.5	80.6	73.6	198.1	182.4	301.5	2,067.01
	Mín.	7.4	17.2	57.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	2.0	5.9	92.17
	P (75%)	73.6	101.9	121.0	43.2	8.5	0.0	1.0	3.2	13.1	42.6	39.9	68.8	516.68
	P (50%)	127.0	135.6	160.6	68.6	22.0	4.0	4.4	7.8	20.8	58.6	60.8	94.0	764.23
CARHUACAYÁN	Media	129.3	152.3	166.2	76.5	29.9	10.6	9.3	10.1	33.7	78.0	75.1	118.1	889.11
	Máx.	261.6	295.5	389.1	163.0	83.7	58.4	45.0	66.6	105.8	209.3	201.6	322.5	2,202.10
	Mín.	14.4	39.8	47.2	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.9	26.3	135.61
	P (75%)	86.2	104.0	129.0	47.5	13.9	2.6	0.5	2.5	13.6	47.5	47.0	75.0	569.19
	P (50%)	130.8	150.6	159.0	64.9	27.0	5.9	6.5	8.1	22.0	74.7	69.0	107.1	825.50
AMBAR	Media	41.0	51.6	68.1	16.3	3.5	2.5	2.7	2.2	2.4	6.3	7.2	17.2	220.83
	Máx.	252.3	218.9	254.8	45.0	15.8	13.3	15.6	14.2	15.0	24.8	25.6	129.2	1,024.55
	Mín.	1.0	4.9	1.7	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.71
	P (75%)	17.7	26.7	33.8	8.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.6	2.1	7.0	97.36
	P (50%)	32.8	39.1	53.0	15.4	1.2	1.6	0.5	1.0	1.0	3.4	5.6	12.6	167.25

Fuente: Elaboración propia

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

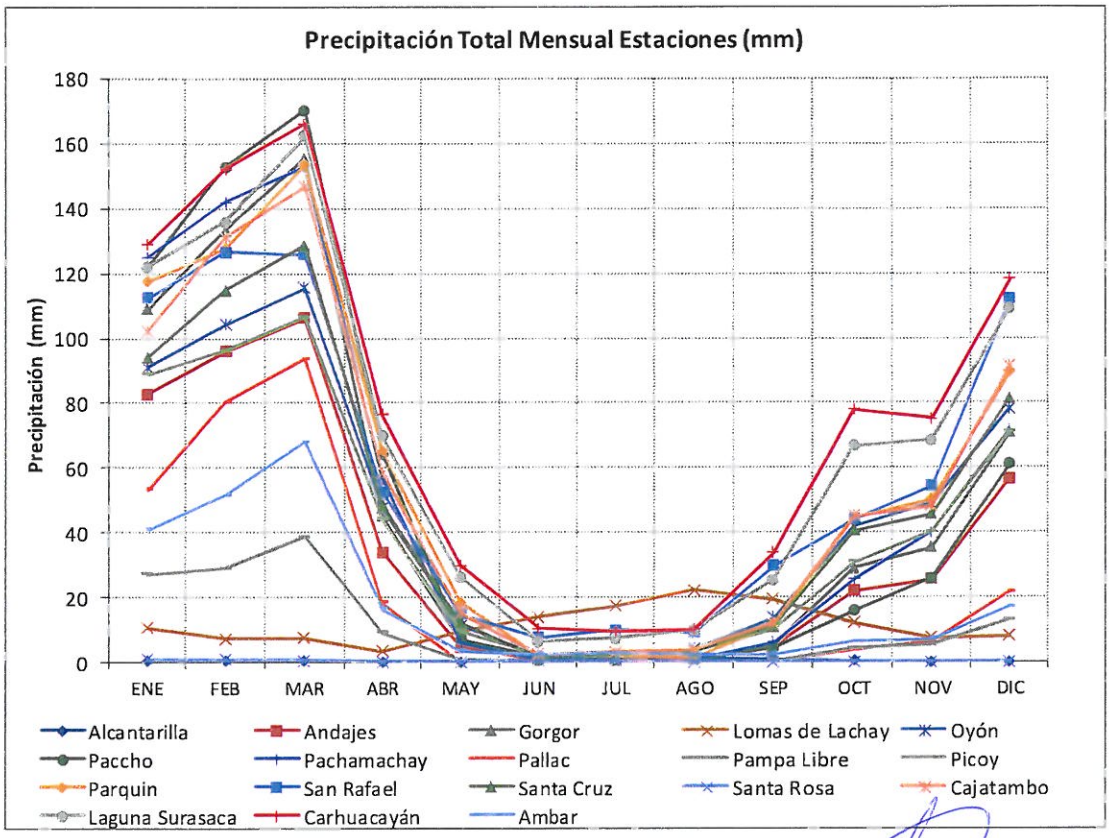
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 73: Gráfico de la de la precipitación total mensual promedio (mm) – Estaciones Climatológicas



Fuente: Elaboración propia

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

8.2 TEMPERATURA

8.2.1 REGISTRO DE ESTACIONES

8.2.1.1 Temperatura Promedio

De las 17 estaciones existentes, se descartaron 09 estaciones ya que solo registran lluvia (ver Cuadro 3.1).

La temperatura es el elemento meteorológico más ligado al factor altitudinal; en lo que respecta a la temperatura máxima en la cuenca, se puede mencionar lo siguiente:

En la cabecera de la cuenca, para una altitud que oscila en los 3667 m.s.n.m., se ubica la estación Oyón, con una temperatura promedio multianual de 10.42 °C, el rango de variación oscila desde los 10.12 °C en el mes de julio hasta los 10.93 °C en el mes de septiembre.

En la cuenca media, a la altura de la estación Pampa Libre, la temperatura promedio multianual es de 19.43 °C, el rango de variación oscila desde los 19.14 °C en el mes de junio hasta los 20.45 °C en el mes de noviembre.

En la cuenca baja, a la altura de la estación Alcantarilla, la temperatura promedio multianual es de 20.20 °C, el rango de variación oscila desde los 17.16 °C en el mes de agosto hasta los 24.21 °C en el mes de febrero.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

En la zona sur-oeste de la cuenca en la estación Santa Rosa, la temperatura promedio multianual es de 20.29 °C, el rango de variación oscila desde los 17.16 °C en el mes de agosto hasta los 24.21 °C en el mes de febrero.

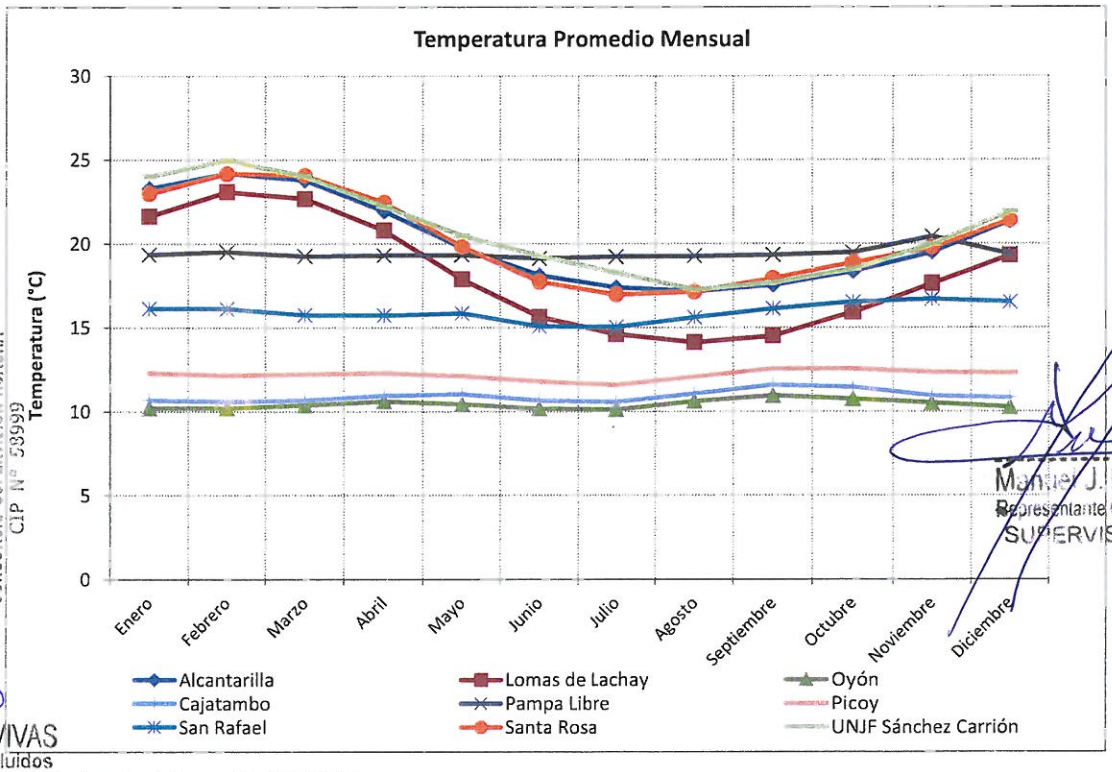
En el Cuadro 8.2 se muestra la temperatura promedio mensual y multianual de las estaciones climatológicas, y en la Figura 74 su variación mensual.

Cuadro 8-2: Temperatura promedio mensual y multianual (°C) de estaciones climatológicas

ESTACIONES	ALTITUD (msnm)	PERIODO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Año
ALCANTARILLA	131,0	1967-2018	23,29	24,21	23,78	21,94	19,76	18,12	17,40	17,16	17,53	18,33	19,49	21,34	20,20
LOMAS DE LACHAY	384,0	1964-2018	21,64	23,11	22,70	20,81	17,89	15,64	14,61	14,13	14,51	15,91	17,63	19,30	18,16
OYÓN	3.667,0	1964-2018	10,19	10,20	10,37	10,61	10,42	10,16	10,12	10,61	10,93	10,73	10,50	10,24	10,42
CAJATAMBO	3.432,0	1994-2018	10,67	10,58	10,67	10,96	11,04	10,66	10,57	11,05	11,57	11,43	10,92	10,81	10,91
PAMPA LIBRE	1.756,0	2004-2018	19,35	19,53	19,27	19,31	19,34	19,14	19,23	19,27	19,34	19,48	20,45	19,39	19,43
PICOY	2.903,0	1967-2013	12,30	12,17	12,24	12,29	12,13	11,81	11,59	12,07	12,56	12,54	12,35	12,31	12,20
SAN RAFAEL	2.722,0	1965-2018	16,11	16,11	15,74	15,73	15,86	15,08	15,03	15,60	16,12	16,52	16,70	16,52	15,92
SANTA ROSA	380,0	1967-2006	22,99	24,20	24,08	22,48	19,84	17,74	16,98	17,14	17,95	18,87	19,78	21,41	20,29
UNJF SÁNCHEZ CARRIÓN	45,0	2009-2018	24,02	24,98	24,04	22,23	20,48	19,28	18,27	17,26	17,68	18,48	19,99	21,90	20,72

Fuente: Información SENAMHI

Figura 74: Variación de la temperatura promedio mensual (°C) – Estaciones Climatológicas



Fuente: Información SENAMHI

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISION
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrología
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

8.2.1.2 Temperatura Máxima Promedio

La temperatura máxima promedio multianual en la estación Oyón es de 16.01 °C, el rango de variación oscila desde los 14.67 °C en el mes de febrero y 17.39 °C en el mes de septiembre.

En la estación Pampa Libre, la temperatura máxima promedio multianual es de 26.90 °C, el rango de variación oscila desde los 26.72 °C en el mes de julio y 27.10 °C en el mes de noviembre.

En la cuenca baja, a la altura de la estación Alcantarilla, la temperatura máxima promedio multianual es de 24.08 °C, el rango de variación oscila desde los 19.97 °C en el mes de agosto y 28.86 °C en el mes de febrero.

En la zona sur-oeste de la cuenca en la estación Santa Rosa (No operativa) la temperatura máxima promedio multianual es de 25.52 °C, el rango de variación oscila desde los 21.44 °C en el mes de julio y 29.81 °C en el mes de febrero.

En el Cuadro 8.3 se muestra la temperatura máxima promedio mensual y multianual de las estaciones climatológicas, y en la Figura 75 su variación mensual.

Cuadro 8-3: Temperatura máxima promedio mensual y multianual (°C) de estaciones climatológicas

ESTACIONES	ALTITUD (msnm)	PERIODO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Año
ALCANTARILLA	131,0	1967-2018	27,88	28,86	28,41	26,53	23,69	21,25	20,21	19,97	20,83	22,03	23,55	25,76	24,08
LOMAS DE LACHAY	384,0	1964-2018	25,13	26,88	26,56	24,46	20,75	17,73	16,39	15,77	16,54	18,50	20,58	22,49	20,98
OYÓN	3.667,0	1964-2018	14,97	14,67	14,74	15,62	16,30	16,46	16,73	17,21	17,39	16,58	16,06	15,35	16,01
CAJATAMBO	3.432,0	1994-2018	15,19	14,85	15,05	16,09	16,92	16,60	16,70	17,40	17,50	16,77	16,17	15,38	16,22
PAMPA LIBRE	1.756,0	2004-2018	26,81	27,08	26,80	26,75	26,82	26,72	26,86	26,99	27,04	26,98	27,10	26,86	26,90
PICOY	2.903,0	1967-2013	17,24	16,86	16,95	17,91	18,90	19,18	19,38	19,57	19,61	18,89	18,32	17,68	18,37
SAN RAFAEL	2.722,0	1965-2018	21,27	21,06	20,80	21,67	22,55	22,33	22,27	22,52	22,69	22,79	22,75	21,74	22,04
SANTA ROSA	380,0	1967-2006	28,67	29,81	29,55	28,05	25,07	22,34	21,44	21,78	22,98	24,12	25,36	27,09	25,52
UNJF SÁNCHEZ CARRIÓN	45,0	2009-2018	26,88	28,10	27,27	25,15	23,05	21,65	20,74	19,50	20,16	21,25	22,73	24,76	23,44

Fuente: Información SENAMHI

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

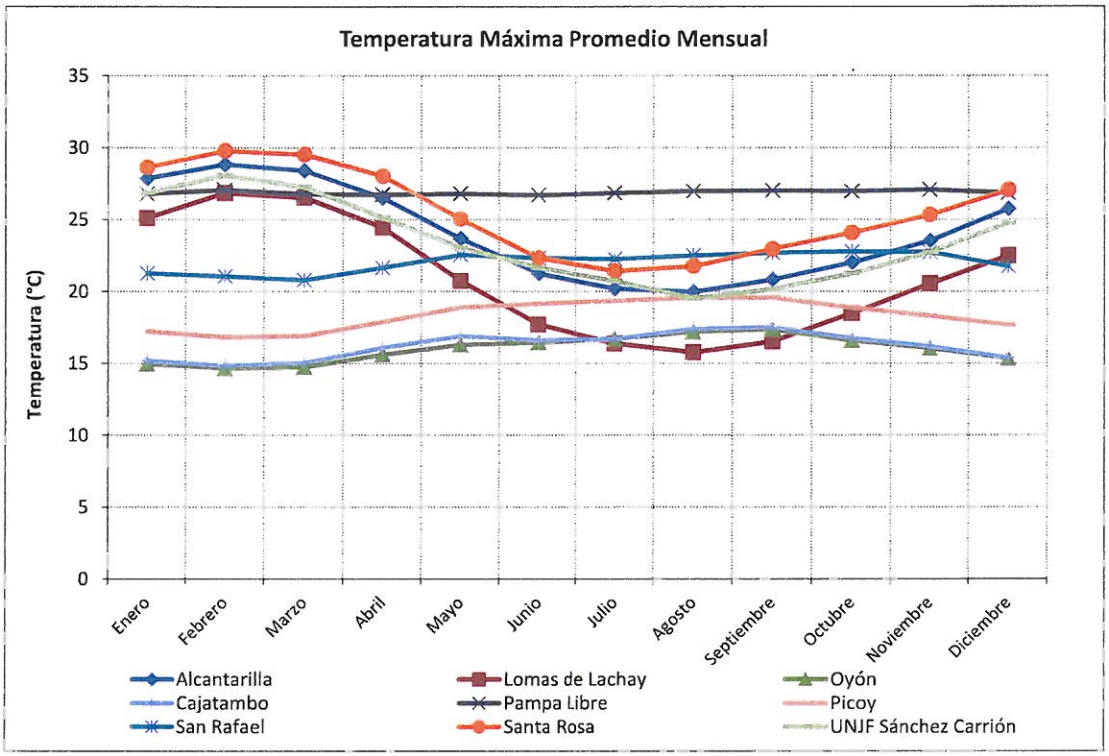
ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcial Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 75: Variación de la temperatura máxima promedio mensual (°C) – Estaciones Climatológicas



Fuente: Elaboración propia

8.2.1.3 Temperatura Mínima Promedio

La temperatura mínima promedio multianual en la estación Oyón es de 4.21 °C, el rango de variación oscila desde los 2.66 °C en el mes de julio y 5.35 °C en el mes de marzo.

En la estación Pampa Libre, la temperatura mínima promedio multianual es de 10.86 °C, el rango de variación oscila desde los 9.56 °C en el mes de agosto y 12.55 °C en el mes de noviembre.

En la cuenca baja, a la altura de la estación Alcantarilla, la temperatura mínima promedio multianual es de 16.28 °C, el rango de variación oscila desde los 14.20 °C en el mes de septiembre y 19.55 °C en el mes de febrero.

En la zona sur-oeste de la cuenca en la estación Santa Rosa (No operativa) la temperatura mínima promedio multianual es de 14.86 °C, el rango de variación oscila desde los 12.23 °C en el mes de agosto y 18.59 °C en el mes de febrero.

En el Cuadro 8.4 se muestra la temperatura mínima promedio mensual y multianual de las estaciones climatológicas, y en la Figura 76 su variación mensual.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

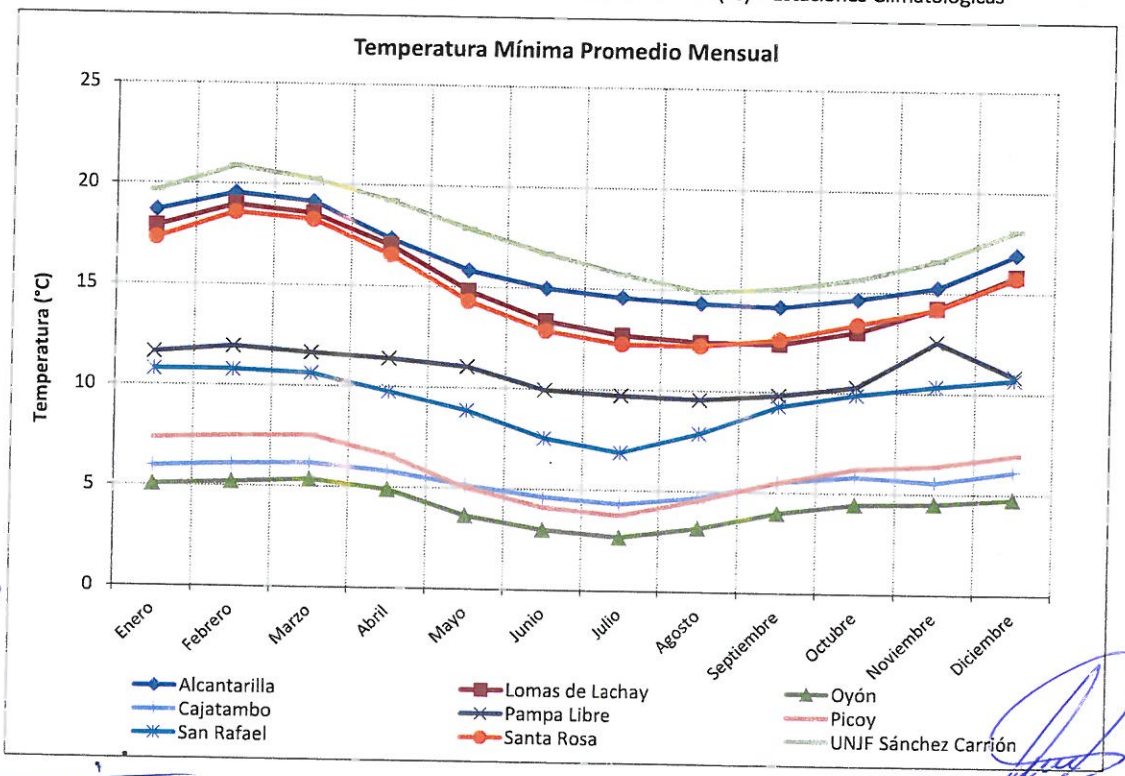
CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 8-4: Temperatura mínima media mensual y multianual (°C) de estaciones climatológicas

ESTACIONES	ALTITUD (msnm)	PERIODO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Año
ALCANTARILLA	131,0	1967-2018	18,67	19,55	19,14	17,35	15,82	14,99	14,58	14,33	14,20	14,64	15,24	16,90	16,28
LOMAS DE LACHAY	384,0	1964-2018	17,89	18,97	18,57	17,03	14,83	13,37	12,71	12,41	12,38	13,02	14,24	15,84	15,10
OYÓN	3.667,0	1964-2018	5,06	5,19	5,35	4,89	3,64	2,99	2,66	3,16	3,96	4,43	4,49	4,74	4,21
CAJATAMBO	3.432,0	1994-2018	5,95	6,10	6,15	5,79	5,14	4,62	4,32	4,68	5,49	5,82	5,56	6,11	5,48
PAMPA LIBRE	1.756,0	2004-2018	11,62	11,93	11,65	11,40	11,04	9,94	9,72	9,56	9,83	10,28	12,55	10,84	10,86
PICOY	2.903,0	1967-2013	7,37	7,49	7,55	6,61	5,04	4,11	3,77	4,55	5,50	6,20	6,39	6,93	5,96
SAN RAFAEL	2.722,0	1965-2018	10,76	10,76	10,61	9,75	8,86	7,54	6,87	7,86	9,27	9,87	10,33	10,67	9,43
SANTA ROSA	380,0	1967-2006	17,30	18,59	18,26	16,56	14,31	12,90	12,27	12,23	12,61	13,39	14,19	15,74	14,86
UNJF SÁNCHEZ CARRIÓN	45,0	2009-2018	19,65	20,87	20,27	19,23	17,89	16,70	15,73	14,90	15,11	15,63	16,57	18,05	17,55

Fuente: Información SENAMHI

Figura 76: Gráfico de la temperatura mínima media mensual (°C) – Estaciones Climatológicas



Fuente: Elaboración propia

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
CIP 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

8.2.2 VARIACION DE LA TEMPERATURA CON LA ALTITUD - GRADIENTE VERTICAL DE LA TEMPERATURA MEDIA MENSUAL.

8.2.2.1 Análisis de Regresión Polinomial

La relación inversa entre la temperatura media y la altitud es de carácter sensible en la cuenca, lo cual no sólo se advierte en la información histórica, sino también en el alto coeficiente de correlación encontrado entre estas dos variables. Se ha correlacionado las temperaturas promedio, máxima promedio y mínima promedio mensual (variable dependiente) y la altitud (variable independiente) empleando un modelo polinomial de tercer grado, que no sólo es el que mejor ajuste matemático tiene, sino que representa de mejor forma la variación de este parámetro, evidenciando así mismo el punto de inversión térmica en la cuenca.

La ecuación matemática empleada del tipo cuadrático es:

$$\mathbf{T = A\,x\,(Alt)^3 + B\,x\,(Alt)^2 + C\,x\,(Alt) + D}$$

Donde:

T = Temperatura media mensuales media, máxima y mínima en (°C)

A, B, C = Coeficientes de la ecuación de regresión.

Alt. = Altitud (msnm) de la estación o punto de interés.

Mediante la aplicación de esta ecuación para el año multianual, se ha obtenido las ecuaciones a escala mensual y una para el valor anual, que correlacionan la temperatura con la altitud, obteniéndose en todos los casos altos coeficientes de correlación, del orden de r = 0.98.

Cabe señalar que fueron descartadas las estaciones San Rafael por localizarse en la cuenca del río Huallaga perteneciente a la vertiente del Atlántico y la estación Lomas de Lachay que se localiza en la Intercuenca 137559; pues sus valores mensuales y multianuales no siguen una tendencia con respecto a las otras estaciones.

En los Cuadro 8.5, 8.6 y 8.7, presentamos los resultados del análisis de regresión polinomial (temperaturas promedio, máxima promedio y mínimo promedio) tanto a escala mensual, como multianual, con los respectivos valores de los coeficientes A, B, y C y coeficientes de correlación. Así mismo se han estimado las temperaturas medias para las altitudes promedio de las subcuencas analizadas, siendo las siguiente:

- SUBCUENCA YARUCAYA
  - Altitud Media : 3498 msnm
  - Temperatura Promedio Multianual : 10.63 °C
  - Temperatura Máxima Promedio Multianual : 16.11 °C
  - Temperatura Mínima Promedio Multianual : 4.82 °C
- SUBCUENCA HUAURA-PACCHO-TINGO
  - Altitud Media : 2896 msnm
  - Temperatura Promedio Multianual : 12.87 °C
  - Temperatura Máxima Promedio Multianual : 18.86 °C
  - Temperatura Mínima Promedio Multianual : 6.65 °C
- SUBCUENCA QUINCHAS-USHPA
  - Altitud Media : 4463 msnm
  - Temperatura Promedio Multianual : 10.98 °C

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

- Temperatura Máxima Promedio Multianual : 18.24 °C
- Temperatura Mínima Promedio Multianual : 1.91 °C

➢ SUBCUENCA PAMPAHUAY-PATÓN
- Altitud Media : 4355 msnm
- Temperatura Promedio Multianual : 10.61 °C
- Temperatura Máxima Promedio Multianual : 17.45 °C
- Temperatura Mínima Promedio Multianual : 2.24 °C

➢ SUBCUENCA HUAURA-CHURIN
- Altitud Media : 3917 msnm
- Temperatura Promedio Multianual : 10.03 °C
- Temperatura Máxima Promedio Multianual : 15.77 °C
- Temperatura Mínima Promedio Multianual : 3.57 °C

➢ SUBCUENCA COCHAQUILLO-QUERURACCRA
- Altitud Media : 3829 msnm
- Temperatura Promedio Multianual : 10.07 °C
- Temperatura Máxima Promedio Multianual : 15.70 °C
- Temperatura Mínima Promedio Multianual : 3.83 °C

➢ SUBCUENCA CHECRAS
- Altitud Media : 3350 msnm
- Temperatura Promedio Multianual : 11.06 °C
- Temperatura Máxima Promedio Multianual : 16.59 °C
- Temperatura Mínima Promedio Multianual : 5.27 °C

➢ SUBCUENCA HUAURA-SAYÁN
- Altitud Media : 1385 msnm
- Temperatura Promedio Multianual : 20.24 °C
- Temperatura Máxima Promedio Multianual : 27.95 °C
- Temperatura Mínima Promedio Multianual : 11.59 °C

➢ SUBCUENCA CHICO-AUQUIMARCA
- Altitud Media : 2506 msnm
- Temperatura Promedio Multianual : 14.83 °C
- Temperatura Máxima Promedio Multianual : 21.42 °C
- Temperatura Mínima Promedio Multianual : 7.85 °C

➢ SUBCUENCA HUAURA-MEDIO
- Altitud Media : 1064 msnm
- Temperatura Promedio Multianual : 21.16 °C
- Temperatura Máxima Promedio Multianual : 28.58 °C
- Temperatura Mínima Promedio Multianual : 12.76 °C

➢ SUBCUENCA HUAURA-BAJO
- Altitud Media : 430 msnm
- Temperatura Promedio Multianual : 21.31 °C
- Temperatura Máxima Promedio Multianual : 26.78 °C
- Temperatura Mínima Promedio Multianual : 15.27 °C

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

8.2.2.2 Punto de Inversión Térmica

Mediante el análisis de regresión polinomial se pudo determinar el punto de inversión térmica de la temperatura promedio multianual, la cual se produce

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

aproximadamente a los 720 msnm siendo de 21.56 °C, en la Figura 77 se representa el valor obtenido con la respectiva ecuación polinomial.

8.2.2.3 Gradiente Térmico

A partir del punto de inversión térmica encontrado para la cuenca mencionado en el numeral 8.2.2.2, se determina el gradiente térmico siendo de -3.80 °C por cada 1000 metros de altitud ascendidos, esta relación es válida entre las altitudes 720 y 3670 msnm.

Ahora bien, entre los 45.0 msnm (estación UNJF Sánchez Carrión) y los 720 msnm – altitud es directa o creciente, la gradiente promedio es de +1.50 °C por cada 1000 metros ascendidos.

En la Figura 78 se ha representado el gradiente térmico de la cuenca, el que procede de un análisis de correlación lineal a partir de la estación de las estaciones UNJF Sánchez Carrión (45 msnm.), Alcantarilla (131 msnm.), Santa Rosa (380 msnm.), Pampa Libre (1756 msnm.), Picoy (2903 msnm.), Cajatambo (3432 msnm.) y Oyón (3667 msnm.).

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Ing. Luis Enrique Benavezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Miguel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 8-5: Ecuaciones de regionalización de la temperatura promedio mensual para el año promedio multianual (°C)

PARÁMETROS DE ECUACIÓN	AÑO PROMEDIO HISTÓRICO												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	MEDIA ANUAL
A	5,2958E-10	6,5011E-10	7,5668E-10	8,0069E-10	6,3788E-10	4,9851E-10	5,9204E-10	7,2152E-10	7,1778E-10	7,4143E-10	8,0840E-10	6,1281E-10	6,7228E-10
B	-3,4301E-06	-4,0121E-06	-4,6500E-06	-5,1402E-06	-4,5038E-06	-3,8805E-06	-4,5574E-06	-5,3729E-06	-5,2928E-06	-5,3798E-06	-5,8289E-06	-4,2117E-06	-4,6883E-06
C	1,8330E-03	2,0898E-03	3,2545E-03	5,0805E-03	5,4614E-03	5,3555E-03	6,8533E-03	8,4483E-03	8,1812E-03	7,8996E-03	8,2036E-03	4,2170E-03	5,5731E-03
D	23,348	24,340	23,630	21,587	19,373	17,786	16,726	16,065	16,604	17,485	18,684	21,079	19,725
COEF. DE CORRELACIÓN	**0,9975**	**0,9985**	**0,9996**	**0,9985**	**0,9881**	**0,9674**	**0,9581**	**0,9696**	**0,9806**	**0,9878**	**0,9844**	**0,9955**	**0,9914**

ALTITUD MEDIA (msnm)	GENERACIÓN DE DATOS TEMPERATURA PROMEDIO PARA LAS ALTITUDES MEDIAS DE LAS SUBCUENCAS												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	MEDIA ANUAL
Yarucaya 3498	10,45	10,38	10,50	10,73	10,67	10,37	10,27	10,76	11,18	11,02	10,66	10,52	10,63
Huaura-Paccho-Tingo 2896	12,75	12,53	12,43	12,64	12,91	12,86	12,73	12,99	13,34	13,25	13,19	12,85	12,87
Quinchas-Ushpa 4463	10,28	11,54	12,80	13,05	10,74	8,71	9,17	10,89	11,50	11,49	11,06	10,49	10,98
Pampahuay-Paton 4355	10,02	11,05	12,11	12,36	10,43	8,69	9,04	10,55	11,14	11,10	10,63	10,18	10,61
Huaura-Churin 3917	9,73	10,04	10,51	10,74	10,00	9,19	9,23	10,08	10,58	10,44	9,97	9,81	10,03
Cochaquillo-Queruraccra 3829	9,81	10,02	10,40	10,63	10,06	9,38	9,39	10,14	10,63	10,48	10,02	9,88	10,07
Checras 3350	10,91	10,76	10,80	11,02	11,11	10,92	10,80	11,20	11,60	11,45	11,14	10,98	11,06
Huaura-Sayán 1385	20,72	21,27	21,23	20,89	19,99	19,09	19,05	19,38	19,69	20,08	21,01	20,47	20,24
Chico-Auquimarca 2506	14,73	14,61	14,49	14,64	14,81	14,68	14,60	14,85	15,16	15,16	15,36	14,84	14,83
Huaura Medio 1064	22,05	22,80	22,74	22,14	20,85	19,69	19,57	19,84	20,18	20,69	21,79	21,54	21,16
Huaura Bajo 430	23,54	24,55	24,23	22,88	20,94	19,41	18,88	18,76	19,20	19,95	21,20	22,16	21,31

Fuente. Elaboración propia

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg. Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

Manuel Dos Santos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP. Nº 58999

2196

Cuadro 8-6: Ecuaciones de regionalización de la temperatura máxima promedio mensual para el año promedio multianual (°C)

PARÁMETROS DE ECUACIÓN	AÑO PROMEDIO HISTÓRICO												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	MEDIA ANUAL
A	1,2990E-09	1,4033E-09	1,4353E-09	1,3714E-09	1,0400E-09	7,6554E-10	7,7034E-10	1,0438E-09	1,1726E-09	1,2627E-09	1,3298E-09	1,3336E-09	1,1856E-09
B	-8,7092E-06	-9,2233E-06	-9,4308E-06	-9,2838E-06	-7,7279E-06	-6,4254E-06	-6,6065E-06	-8,2468E-06	-8,8600E-06	-9,2709E-06	-9,5023E-06	-9,2247E-06	-8,5426E-06
C	1,1369E-02	1,1468E-02	1,2019E-02	1,3158E-02	1,2750E-02	1,2154E-02	1,3100E-02	1,5878E-02	1,6239E-02	1,6009E-02	1,5387E-02	1,3500E-02	1,3586E-02
D	26,222	27,346	26,715	24,644	22,064	20,002	18,904	18,040	18,877	20,069	21,616	23,920	22,368
COEF. DE CORRELACIÓN	**0,9980**	**0,9986**	**0,9991**	**0,9990**	**0,9933**	**0,9657**	**0,9529**	**0,9757**	**0,9872**	**0,9923**	**0,9942**	**0,9972**	**0,9937**

ALTITUD MEDIA (msnm)	GENERACIÓN DE DATOS TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO PARA LAS ALTITUDES MEDIAS DE LAS SUBCUENCAS												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	MEDIA ANUAL
Yarucaya 3498	15,02	14,67	14,79	15,77	16,62	16,66	16,86	17,35	17,46	16,67	16,09	15,35	16,11
Huaura-Paccho-Tingo 2896	17,65	17,29	17,29	18,20	19,44	19,90	20,14	20,21	20,08	19,35	18,78	18,04	18,86
Quinchas-Ushpa 4463	18,96	19,56	20,10	20,36	17,49	14,31	14,26	17,43	19,11	19,10	19,23	18,98	18,24
Pampahuay-Paton 4355	17,85	18,27	18,75	19,15	16,93	14,30	14,28	17,00	18,41	18,25	18,25	17,91	17,45
Huaura-Churin 3917	15,20	15,09	15,36	16,16	15,94	15,03	15,15	16,43	17,02	16,42	16,01	15,41	15,77
Cochaquillo-Queruraccra 3829	14,99	14,81	15,04	15,90	15,97	15,31	15,45	16,52	16,98	16,33	15,87	15,23	15,70
Checras 3350	15,41	15,01	15,10	16,10	17,15	17,39	17,61	17,93	17,93	17,13	16,52	15,76	16,59
Huaura-Sayán 1385	28,72	29,27	29,09	28,71	27,66	26,54	26,42	26,99	27,49	27,81	28,23	28,47	27,95
Chico-Auquimarca 2506	20,46	20,25	20,20	20,90	21,85	22,16	22,37	22,47	22,38	21,84	21,43	20,81	21,42
Huaura Medio 1064	30,02	30,80	30,55	29,79	28,13	26,58	26,29	26,86	27,54	28,13	28,83	29,45	28,58
Huaura Bajo 430	29,60	30,68	30,25	28,69	26,20	24,10	23,38	23,42	24,31	25,34	26,58	28,12	26,72

Fuente. Elaboración propia

Ing. Luis Enrique Benavente Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg. Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Manuel J. Cossios Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA

2193

Cuadro 8-7: Ecuaciones de regionalización de la temperatura mínima promedio mensual para el año promedio multianual (°C)

PARÁMETROS DE ECUACIÓN	AÑO PROMEDIO HISTÓRICO												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	MEDIA ANUAL
A	-1,0923E-10	-5,0014E-11	-3,2731E-11	6,0891E-12	-2,1714E-12	-5,3012E-11	-1,1053E-12	-2,8830E-11	-9,4275E-11	-9,4291E-11	1,5963E-10	-1,5948E-10	-3,7740E-11
B	9,5591E-07	7,1804E-07	6,2768E-07	2,8676E-07	1,5007E-07	5,5853E-07	1,6540E-07	2,8444E-07	6,5658E-07	6,2479E-07	-1,2811E-06	1,1905E-06	4,1147E-07
C	-6,0106E-03	-6,1966E-03	-5,9165E-03	-4,8812E-03	-4,1685E-03	-4,8067E-03	-3,9570E-03	-3,7284E-03	-4,0348E-03	-3,9492E-03	-5,0999E-04	-5,7710E-03	-4,4942E-03
D	19,635	20,788	20,283	18,864	16,918	15,882	15,077	14,612	14,777	15,319	15,635	17,933	17,127
COEF. DE CORRELACIÓN	**0,9995**	**0,9993**	**0,9995**	**0,9906**	**0,9868**	**0,9840**	**0,9833**	**0,9889**	**0,9911**	**0,9944**	**0,9875**	**0,9982**	**0,9951**

ALTITUD MEDIA (msnm)	GENERACIÓN DE DATOS TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO PARA LAS ALTITUDES MEDIAS DE LAS SUBCUENCAS												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	MEDIA ANUAL
Yarucaya 3498	5,63	5,76	5,87	5,56	4,08	3,63	3,21	3,82	4,66	5,11	5,01	5,49	4,82
Huaura-Paccho-Tingo 2896	7,59	7,65	7,62	7,28	6,05	5,36	4,98	5,50	6,31	6,83	7,29	7,33	6,65
Quinchas-Ushpa 4463	2,14	2,99	3,47	3,33	1,11	0,84	0,61	1,08	1,47	1,76	2,03	1,71	1,91
Pampahuay-Paton 4355	2,56	3,29	3,72	3,55	1,43	1,16	0,89	1,39	1,87	2,18	2,30	2,20	2,24
Huaura-Churin 3917	4,19	4,53	4,77	4,51	2,76	2,44	2,05	2,64	3,38	3,77	3,58	4,01	3,57
Cochaquillo-Queruraccra 3829	4,50	4,78	4,99	4,72	3,03	2,69	2,29	2,89	3,66	4,06	3,86	4,34	3,83
Checras 3350	6,12	6,21	6,28	5,96	4,56	4,06	3,64	4,23	5,09	5,56	5,55	5,97	5,27
Huaura-Sayán 1385	12,86	13,45	13,21	12,67	11,43	10,16	9,91	9,92	10,20	10,80	12,90	11,80	11,59
Chico-Auquimarca 2506	8,86	8,98	8,88	8,53	7,38	6,51	6,18	6,60	7,31	7,86	8,82	8,44	7,85
Huaura Medio 1064	14,19	14,95	14,66	14,00	12,65	11,34	11,05	10,93	11,11	11,71	13,83	12,95	12,76
Huaura Bajo 430	17,22	18,25	17,85	16,82	15,15	13,91	13,41	13,06	13,16	13,73	15,19	15,66	15,27

Fuente. Elaboración propia

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Abel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

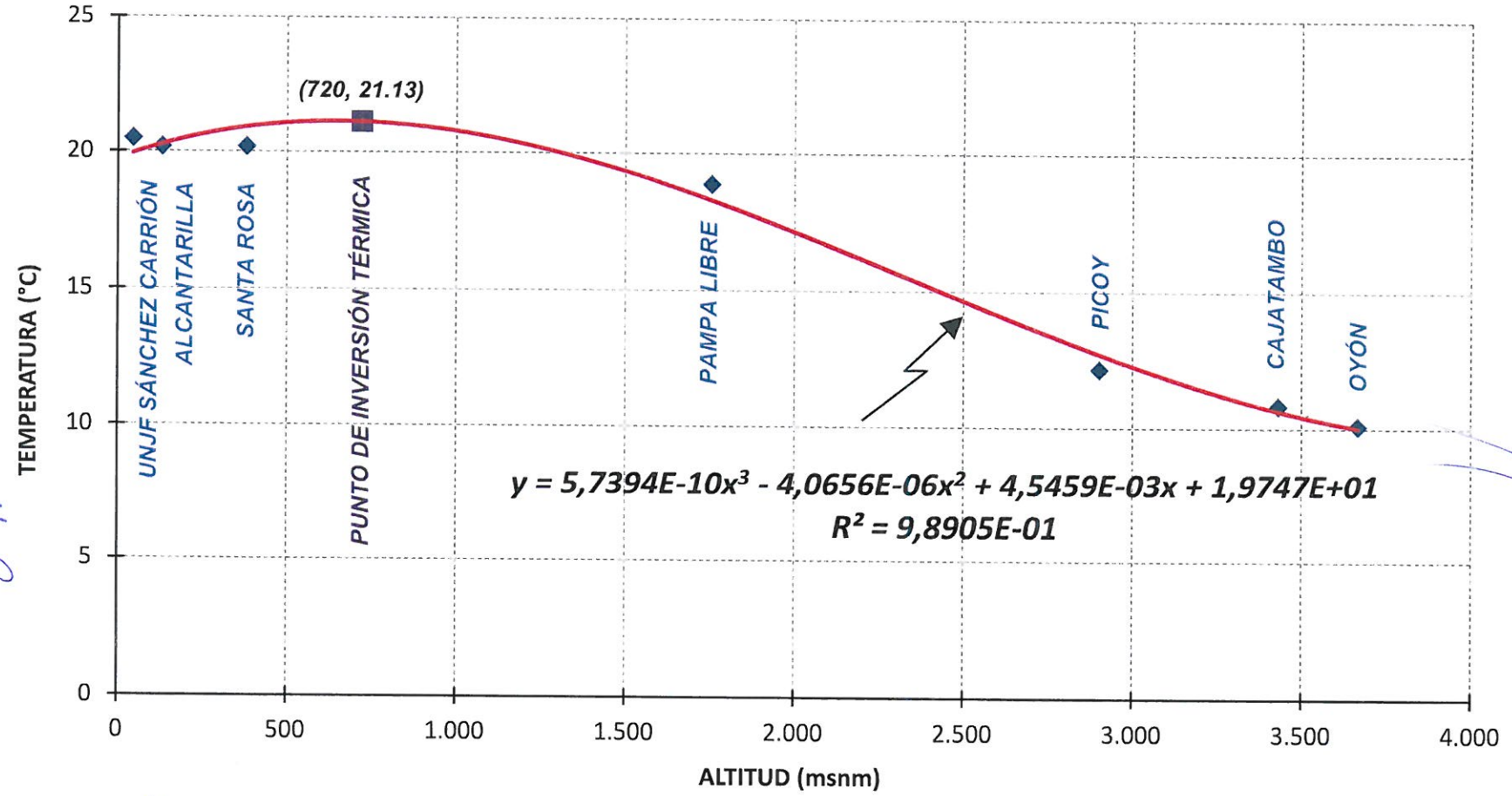
CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Manuel J. Bos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

2194

Figura 77: Correlación de la Temperatura Media Multianual (°C) / Altitud, estaciones en la cuenca del río Huaura



Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcial Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

Manuel J. Eros Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

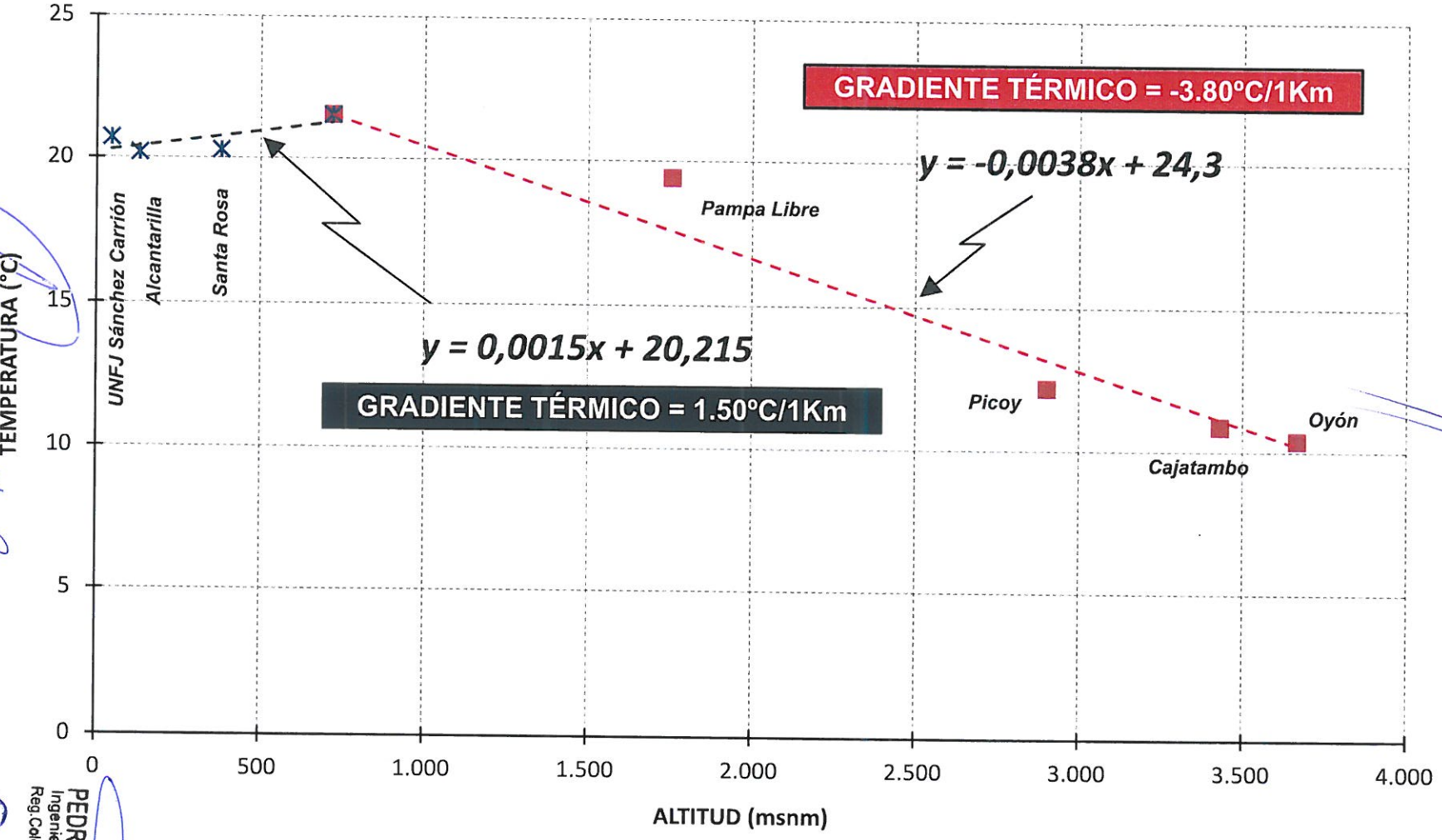
CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISIÓN HUAURA
CIP N° 58559

2193

Figura 78: Gradiente Térmico en la cuenca del río Huaura



Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CORTEGS
JEFE DE SUPERVISION
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 59999

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

2182

8.3 EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL

Como parámetro para la clasificación térmica que usa la evapotranspiración potencial, que no es un índice hidrológico sino una función de la temperatura media solar. Los límites entre los tipos térmicos se designan con letras mayúsculas acentuadas; el Cuadro N° 8.8, indica la clasificación térmica según la evapotranspiración.

Cuadro N°8-8: Clasificación Térmica según la Evapotranspiración Potencial

PROVINCIAS TÉRMICAS		
Provincias térmicas según índice de Evaporación Potencial		
TIPO	Eto (cm)	CLIMA
A'	> a 114.0	Cálido
B'4	99.7 a 114.0	Semicálido
B'3	85.5 a 99.7	Templado-cálido
B'2	71.2 a 85.5	Templado-frío
B'1	57.0 a 71.2	Semifrío
C'2	42.7 a 57.0	Frío-moderado
C'1	28.5 q 42.7	Frío-acentuado
D'	14.2 a 28.5	De tundra
E'	< a 14.2	Helado

Fuente: Estudio hidrológico cuenca del río Huaura - ANA

Estos tipos climáticos se subdividen en subtipos teniendo en cuenta el régimen térmico anual, según el porcentaje de concentración de calor anual, dentro del período estival o de verano.

Estos subtipos se especifican por medio de letras minúsculas acentuadas y su significado se señala en el Cuadro N°8.9.

Cuadro N°8-9: Clasificación por Subtipos según Régimen Térmico

Subclasificación de provincias térmicas	
SUB-TIPO	Concentración Estival (Base% Et0 del verano)
d'	> 88.0
c'1	76.3 a 88.0
c'2	68.0 a 76.3
b'1	61.6 a 68.0
b'2	56.3 a 61.6
b'3	51.9 a 56.3
b'4	48.0 a 51.9
a'	< a 48.0

Fuente: Estudio hidrológico cuenca del río Huaura – ANA

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Se ha efectuado la clasificación del clima para las subcuencas Chico-Auquimarca, Huaura-Paccho-Tingo, Checras, Cochaquillo-Queruracra, Yarucaya Alto y Huaura-Churin; la información utilizada se muestra en el Cuadro N°8.10 correspondiente a la evapotranspiración potencial media mensual.

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadros 8-10: Evapotranspiración Potencial (mm/mes)

Subcuenca	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom	TOTAL
Chico-Auquimarca	102.4	91.6	95.0	87.0	84.8	79.2	85.0	92.2	93.9	104.0	103.7	105.2	**93.7**	**1,124.0**
Huaura-Paccho-Tingo	132.4	118.3	122.9	109.5	103.2	93.6	99.0	110.0	115.1	127.0	129.9	132.6	**116.1**	**1,393.5**
Huaura-Sayán	131.5	117.2	122.6	109.5	105.2	95.2	101.8	113.6	117.6	129.7	131.7	133.9	**117.5**	**1,409.5**
Huaura-Medio	132.8	118.4	123.8	110.6	106.3	96.2	102.8	114.7	118.8	131.0	133.0	135.2	**118.6**	**1,423.6**
Huaura-Bajo	132.8	118.4	123.8	110.6	106.3	96.2	102.8	114.7	118.8	131.0	133.0	135.2	**118.6**	**1,423.6**
Cochaquillo-Queruraccra	111.3	99.7	103.7	88.8	79.9	71.5	76.6	113.7	96.3	107.8	107.1	111.0	**97.3**	**1,167.4**
Checras	98.5	88.2	91.8	78.6	70.7	63.3	67.8	100.6	85.2	95.4	94.8	98.2	**86.1**	**1,033.1**
Quinchas-Ushpa	94.7	84.8	88.2	75.6	68.0	60.8	65.2	96.8	82.0	91.7	91.1	94.5	**82.8**	**993.5**
Pampahuay-Patón	95.2	85.2	88.7	75.9	68.3	61.1	64.7	96.6	81.9	91.6	91.0	94.4	**82.9**	**994.7**
Yarucaya	106.1	95.0	98.4	88.4	84.4	77.6	82.9	113.8	94.5	103.6	104.8	106.4	**96.3**	**1,155.9**
Huaura-Churin	100.4	89.9	95.2	89.0	90.2	89.7	96.6	113.9	107.5	107.5	106.9	105.5	**99.4**	**1,192.3**

Fuente: Elaboración Propia

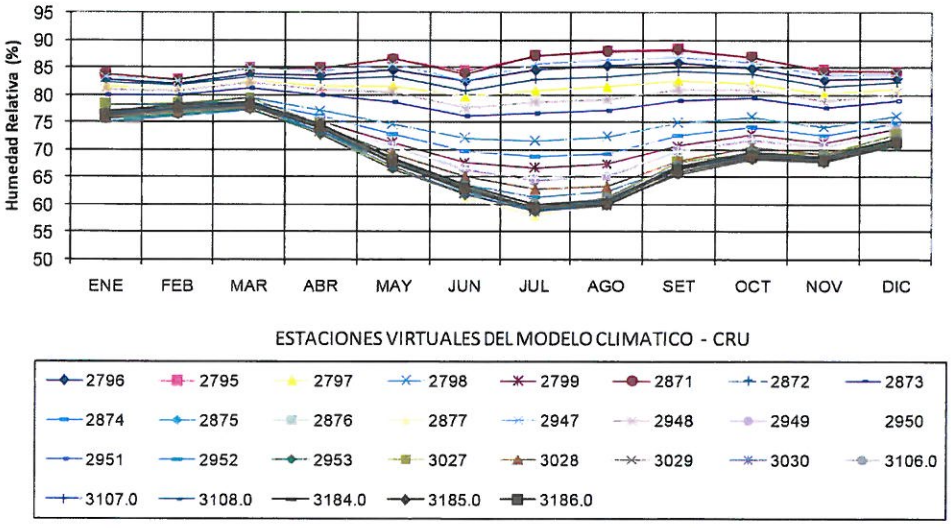
De acuerdo con el sistema de clasificación de clima, se ha identificado 3 tipos de Clima: Semicálido (Huaura-Paccho-Tingo, Huaura-Sayán, Huaura-Medio y Huaura-Bajo), Templado Cálido (Chico-Auquimarca, Yarucaya, Cochaquillo-Queruraccra, Huaura-Churin y Checras), y Templado Frío (Quinchas-Uspha y Pampahuay-Patón).

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

8.4 HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa expresado en porcentaje (%) en el ámbito de la cuenca del río Huaura que va desde los 414 a los 4 472 msnm, cuyo rango de variación se encuentra entre los 57,9 % hasta los 88,3%, con un promedio para toda la cuenca de 73,7%, así mismo este cuadro permite conocer la variación mensual de la humedad relativa en relación con la altitud. En el Gráfico siguiente, se muestra la variación mensual en cada una de las estaciones satelitales, la información ha sido tomada de la Autoridad Nacional del Agua.

VARIACION MENSUAL DE LA HUMEDAD RELATIVA(%)



Fuente: Evaluación de los recursos hídricos superficiales en la cuenca del río Huaura - ANA

JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

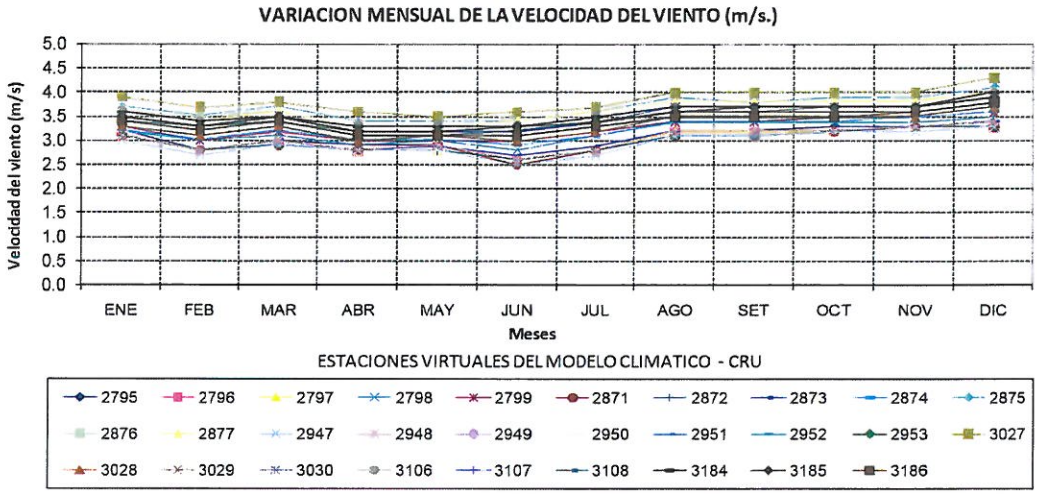
CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

8.5 VELOCIDAD DEL VIENTO

En el gráfico se presenta el resumen de los promedios mensuales de la velocidad del viento en cada una de las estaciones que fueron analizadas en el estudio "Evaluación de los Recursos Hídricos de la cuenca del río Huaura".

El cuadro muestra la variación mensual de la velocidad media, la cual se encuentra en el rango entre 2.5 y 4.3 m/s, y un promedio a nivel de la cuenca de 3.3 m/s, sin embargo, el cuadro presenta la variación mensual a nivel altitudinal en el ámbito de la cuenca del río Huaura que va desde los 414 a los 4472 msnm.

En el Gráfico se muestra la variación mensual media de la velocidad de del viento, para la cuenca del río Huaura.



Fuente: Evaluación de los recursos hídricos superficiales en la cuenca del río Huaura - ANA

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 59999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

9 PROCESAMIENTO Y DESARROLLO DEL PROYECTO EN GEO HMS

9.1 INTRODUCCIÓN

El modelo hidrológico para la cuenca del río Huaura, tomó en cuenta lo siguiente:

- ✓ Las características hidroclimáticas y físicas de las sub cuencas aportantes.
- ✓ La inclusión de las regulaciones existentes y a proyectar.
- ✓ Las estaciones hidrométricas localizadas en la cuenca, como Sayán y Picoy.
- ✓ Las propuestas de obras de defensas ribereñas.
- ✓ Tributarios y quebradas de importancia.

Para crear el modelo hidrológico del proyecto se tomó como principio los puntos siguientes:

- Que caracterice la cuenca a petición del modelador, tomando los criterios según la necesidad del proyecto, como: tributarios, secciones de aforo, obras de embalse, obras de defensa entre otros.
- Que el modelo sea integrado y obtener resultados en diversos puntos de la cuenca.
- Que el modelo sea versátil y permita crear nuevas reglas de operación a petición del modelador.
- Que los resultados sean confiables para los estudios de ingeniería.

El Modelo Hidrológico HEC-HMS versión 4.3, está diseñado para simular la lluvia-escurrimiento de cuencas hidrográficas. Su aplicación está diseñada para una amplia gama de áreas geográficas y resolver la gama más amplia posible de problemas. Esto incluye el suministro de agua de la cuenca y la hidrología, la inundación, escurrimientos naturales de la cuenca. Los hidrogramas producidos por el programa son utilizados directamente o en colaboración con otro software para estudios de disponibilidad de agua, drenaje urbano, flujo de previsión, el futuro impacto de la urbanización, embalses, reducción de daños por inundación, planicies inundables, regulación y operación de sistemas.

El programa dispone de un entorno de trabajo totalmente integrado, incluida una base de datos, la entrada de datos, los resultados del cálculo proporcionan reportes detallados de los resultados. Una interfaz gráfica de los elementos de la cuenca proporciona al usuario el movimiento fluido entre las diferentes partes de los elementos de la cuenca.

Actualmente, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han experimentado notables avances y se han constituido como una herramienta potente para el procesamiento de información espacial, útil en el modelamiento hidrológico de los sistemas de recursos hídricos. El análisis espacial de parámetros para modelos hidrológicos e hidráulicos ha mejorado notablemente con el uso de los SIG. Por ejemplo, el Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC por sus siglas en Ingles) de los Estados Unidos ha desarrollado herramientas y utilidades como HEC-GeoHMS y HEC-GeoRAS para el procesamiento de data geoespacial en ArcGIS, de mucha utilidad en diferentes partes del mundo.

Este documento presenta una guía para el modelamiento hidrológico geoespacial usando Geo-HMS en ArcMap 10,3, cuyo objetivo final es crear archivos de entrada para el modelo HMS.

9.2 REQUERIMIENTO DE INFORMACIÓN SATELITAL Y CARTAS NACIONALES

Se ha obtenido un Modelo de Elevación Digital (DEM) para la cuenca del río Huaura, localizado entre la región Lima y región Pasco; dichos archivos que contienen información hidrográfica, como la red de ríos y la delimitación de la cuenca son esencialmente necesitados.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISIÓN HUAURA
CIP N° 58999

...RO VILLAFANI VIVAS
...o Mecánico de Fluidos
...legio de Ingenieros N°...

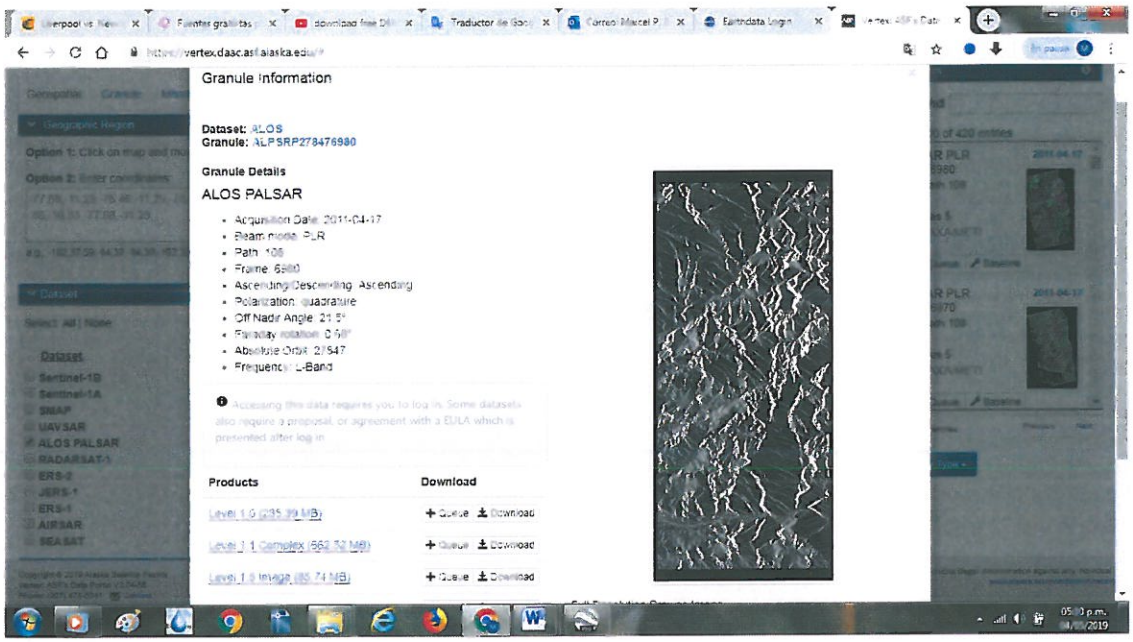
Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Las imágenes satelitales pueden descargarse libremente en este enlace: https://search.earthdata.nasa.gov, la resolución de la misma ha permitido delimitar adecuadamente la red hídrica, las subcuencas aportantes y la obtención automática de sus parámetros fisiográficos.

Figura 79: Imagen satelital ALOS PALSAR de la cuenca del río Huaura



El SHP para ArcGis de la delimitación de la cuenca hidrográfica del río Huaura, puede ser descargada del enlace siguiente: www.geogpsperu.com/2014/02/descargar-cuencas-hidrograficas-del.html?m=1

El SHP para ArcGis de la cobertura vegetal de la cuenca hidrográfica del río Huaura, puede ser descargada del enlace siguiente: www.geogpsperu.com/2016/06/geomorfologia-descargar-shapefile-gratis.html?m=1

Cartas nacionales: 21j, 21h, 22i, 22j, 23h, 23i, 23j y 23k.

9.3 EXTENSIÓN GEO-HMS PARA EL ARC-GIS

Se ha utilizado la extensión Geo-HMS para el ArcGIS 10,3, que permite automatizar el proceso a partir de un Modelo Digital de Elevaciones (MDE) Ráster, ejecutando encadenadamente las tareas de pre/procesado del terreno, delineado de la red de drenaje y de las subcuencas, y finalmente la generación de un modelo de cuenca importable directamente desde HMS.

El procedimiento realizado en el ArcGIS, ha sido la siguiente:

- El Pre-Proceso
  - ✓ Reacondicionamiento del DEM (dem reconditioning).
  - ✓ Llenar huecos del DEM (fill the sinks).
  - ✓ Dirección del flujo.
  - ✓ Acumulación del flujo.
  - ✓ Definición de corrientes.

Manuel J. Ríos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. CARLOS ALBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

- ✓ Segmentación de corrientes.
- ✓ Delineación del grid de sub cuencas.
- ✓ Procesamiento polígono de las sub cuencas.
- ✓ Procesamiento de líneas de drenaje.

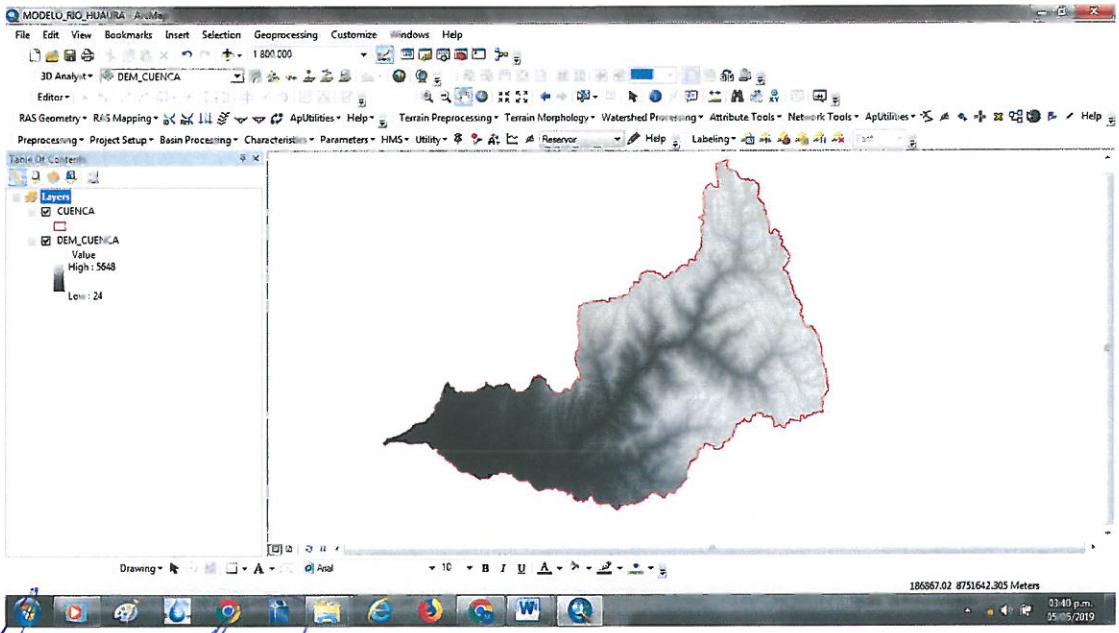
- Proceso y determinación de las características de la cuenca
  - ✓ Longitud del río.
  - ✓ Pendiente del río.
  - ✓ Pendiente de la cuenca.
  - ✓ Ruta más larga del flujo.
  - ✓ Centroide de la cuenca.
  - ✓ Elevación del centroide la cuenca.
  - ✓ Trayectoria centroidal del flujo más largo.
  - ✓ Parámetros HMS.

9.3.1 PRE PROCESO

9.3.1.1 Procesamiento del terreno

Este proceso involucra usar el Modelo de Elevación Digital (DEM) para crear las sub cuencas y la red de ríos del sistema hidrológico. Para tal efecto, se ha usado el menú de procesamiento en GeoHMS.

Figura 80: Imagen DEM de la cuenca del río Huaura



Manuel Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

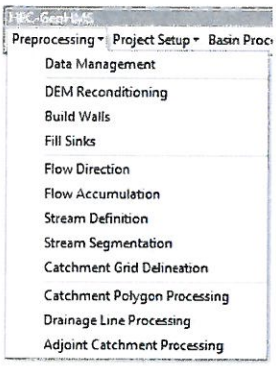
ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. [illegible] Artidoro Pérez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

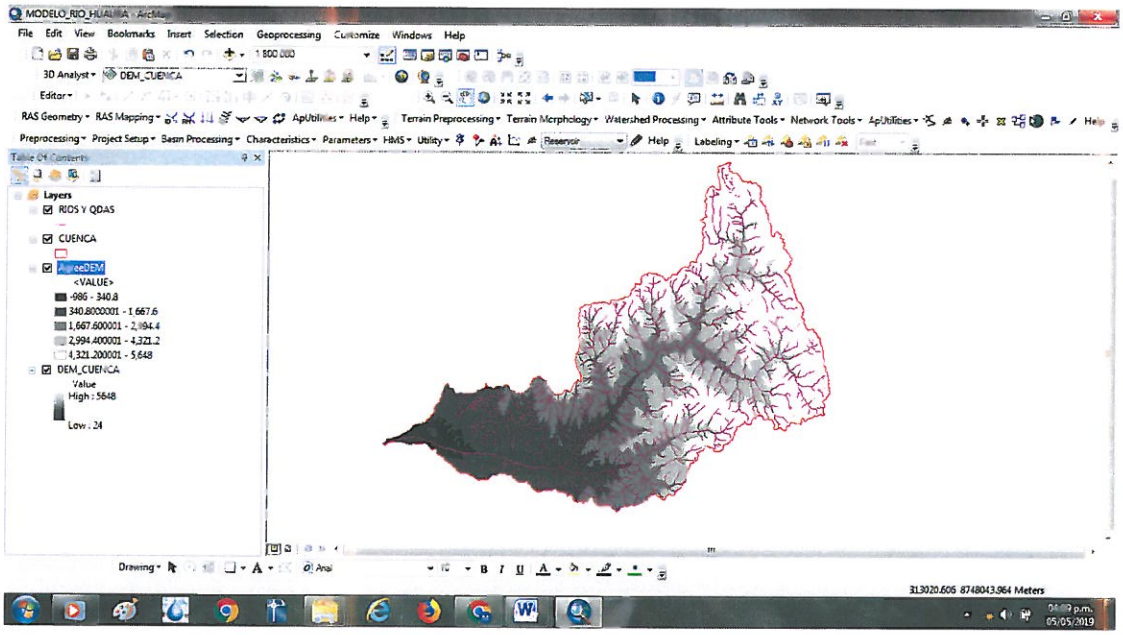
224
CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL



9.3.1.2 Reacondicionamiento del dem (dem reconditioning)

Es la implementación de un método AGREE desarrollado por el Centro de Investigación en Recursos Hídricos de la Universidad de Texas en Austin que permite modificar un DEM sobre la base de entidades lineales.

Figura 81: Reacondicionamiento de la cuenca del río Huaura



9.3.1.3 Llenar huecos del dem (fill the sinks)

En muchos casos, celdas con mayor elevación rodean una celda, permitiendo que agua atrapada quede sin salir y en consecuencia no pueda fluir. Por tanto, esta función en Geo- HMS permite llenar los huecos o depresiones del DEM, modificando el valor de elevación a fin de eliminar este problema.

En HEC-GeoHMS, use Preprocessing / Fill Sinks. Como InputDEM seleccione el "AgreeDEM" o en todo caso su DEM original si este no fue reacondicionado. La salida es una capa Hydro DEM llamada por defecto "Fil". Usted puede cambiar este nombre. Presione "Ok". Después del proceso, la capa Fil es adicionada al mapa.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

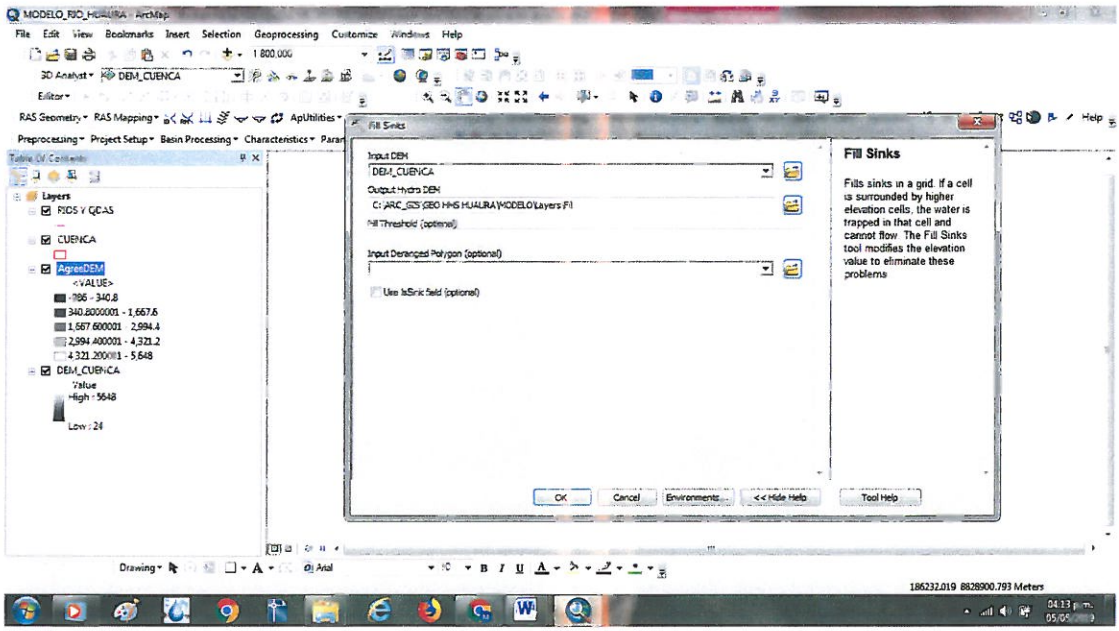
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

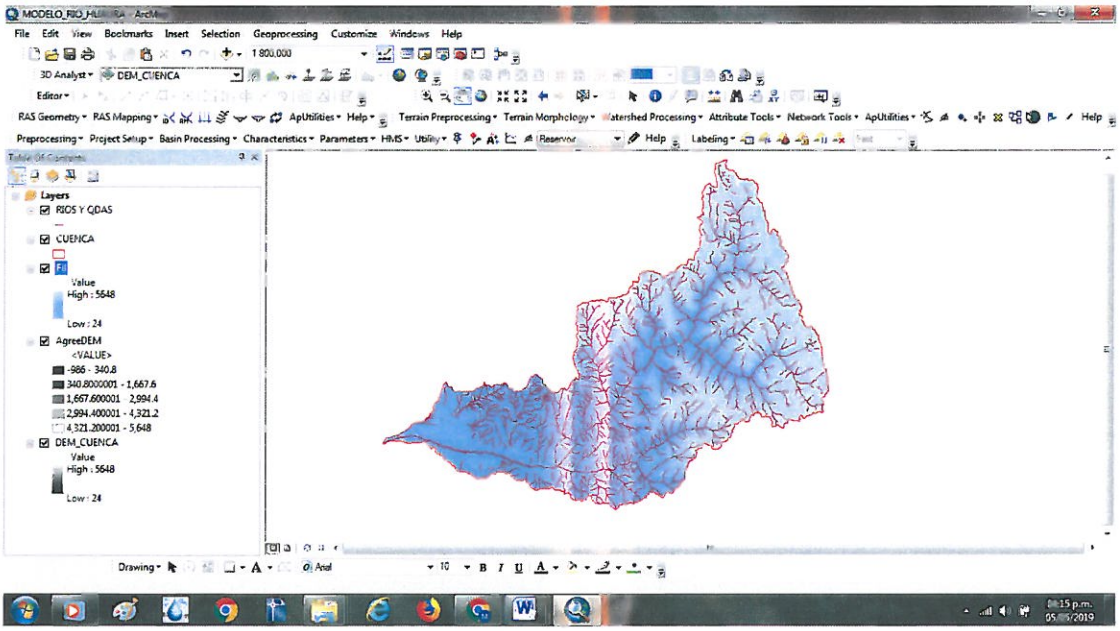
Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

225
CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 82: Fill Sinks de la cuenca del río Huaura





9.3.1.4 Dirección del flujo

Esta función calcula la dirección del flujo de un GRID. Los valores de las celdas de la cuadrícula de la dirección del flujo indican la dirección de la máxima pendiente de esa celda.

Abrir HEC-GeoHMS, seleccione Preprocessing /Flow Direction. En "Input Hydro DEM", seleccione "Fil", y la salida por defecto es nombrada como Fdr. Clic, en "Aceptar".

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

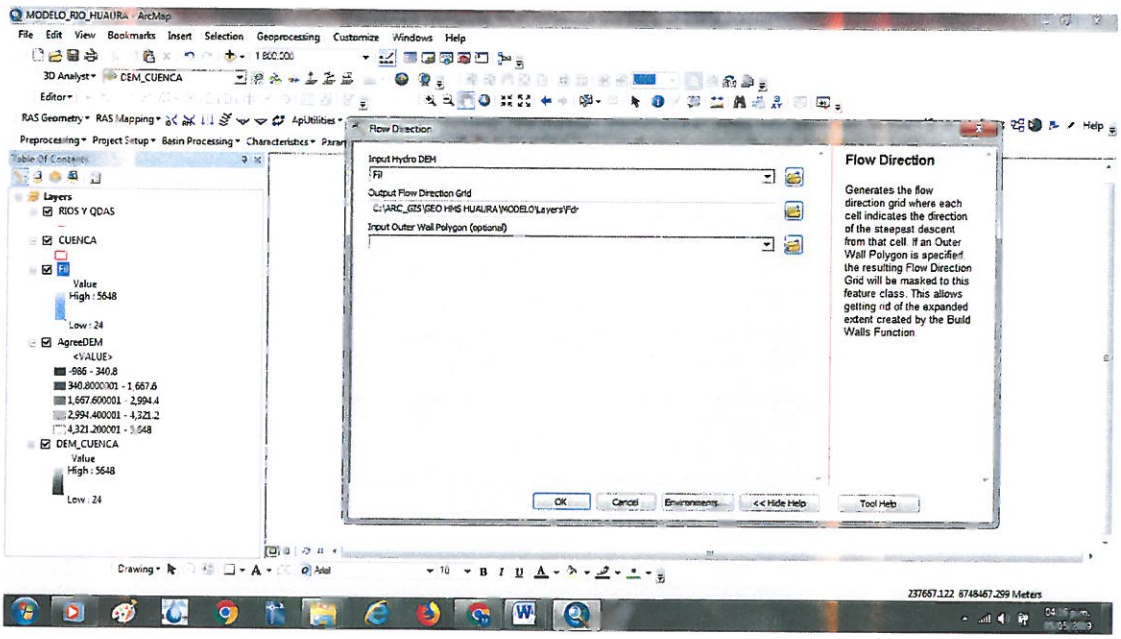
Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

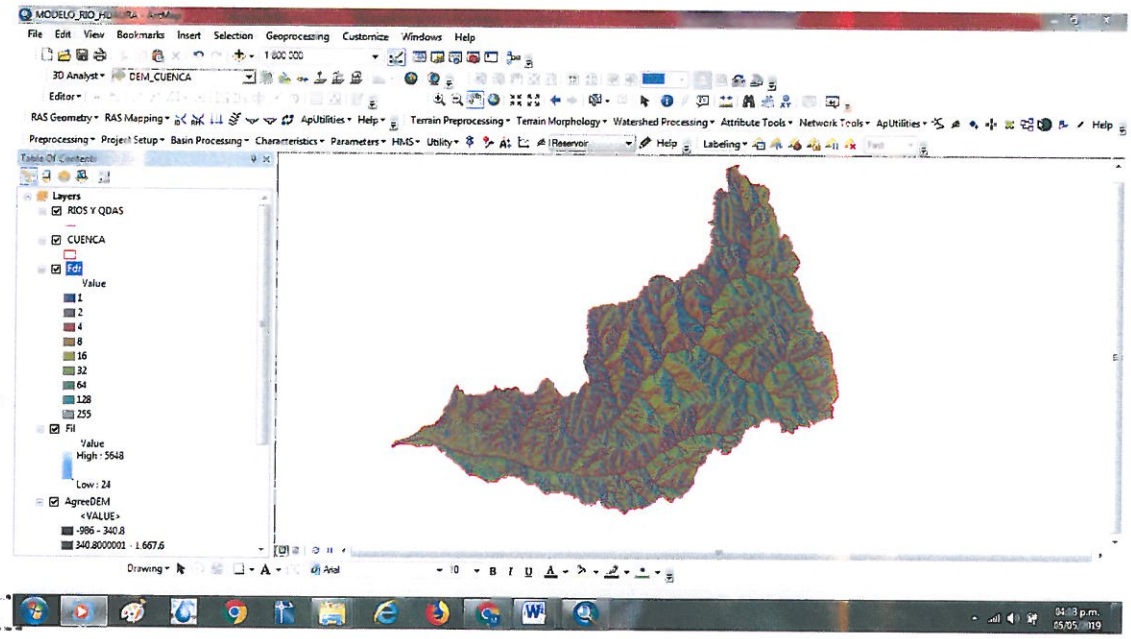
Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

El grid Fdr debe lucir como en la figura abajo con cada color en la celda que tiene uno de los ocho números mostrados en la leyenda que representa la dirección del flujo de acuerdo con el modelo de dirección del flujo de 8-puntos.

Figura 83: Flow Direction de la cuenca del río Huaura





9.3.1.5 Acumulación del flujo

Esta función en HEC-GeoHMS permite calcular la acumulación del flujo del grid que contiene los números acumulados de las celdas aguas arriba de una celda, para cada celda del grid de ingreso.

Manuel S. Ríos Vásquez
Ingeniero Civil
Responsable Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

ING. CARLOS HUMBERTO VÁSQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

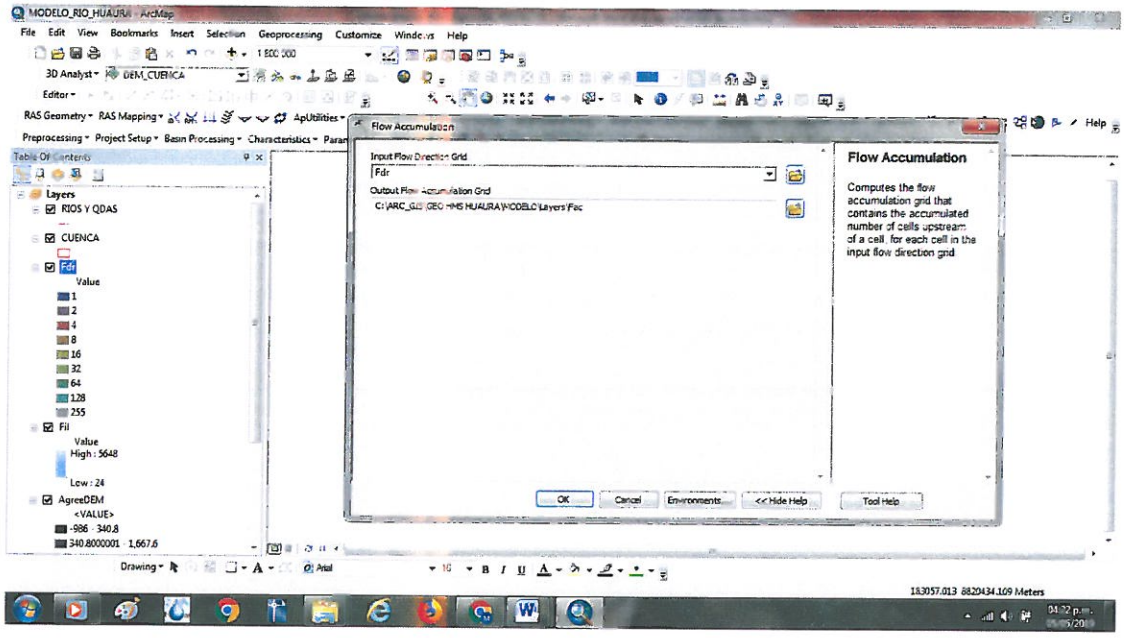
Ing. Marcial Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

En la barra de herramientas de HEC-GeoHMS, seleccione Preprocessing/Flow Accumulation. Para el Input Flow Direction Grid seleccione Fdr y deje el defecto como Fac para el grid del flujo acumulado de salida, como aparece abajo.

Clic "Aceptar". El grid de acumulación de flujo es adicionado a su mapa de documento de trabajo. Para un DEM grande este proceso podría tomar varios minutos. Tiene la posibilidad de realizar ajustes a una escala apropiada la simbología de la capa Fac, que muestre el incremento de la acumulación del flujo.

Figura 84: Flow Accumulation de la cuenca del río Huaura



9.3.1.6 Definición de corrientes

En la barra de herramientas de HEC-GeoHMS, se selecciona Preprocessing /Stream Definition. Configure como entrada para el Flow Accumulation Grid, Fac. La salida es el Stream Grid denominado Str, como aparece abajo.

Un valor predeterminado es mostrado para definir el umbral del río o corriente. Este valor representa el 1% de la acumulación de flujo máximo.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

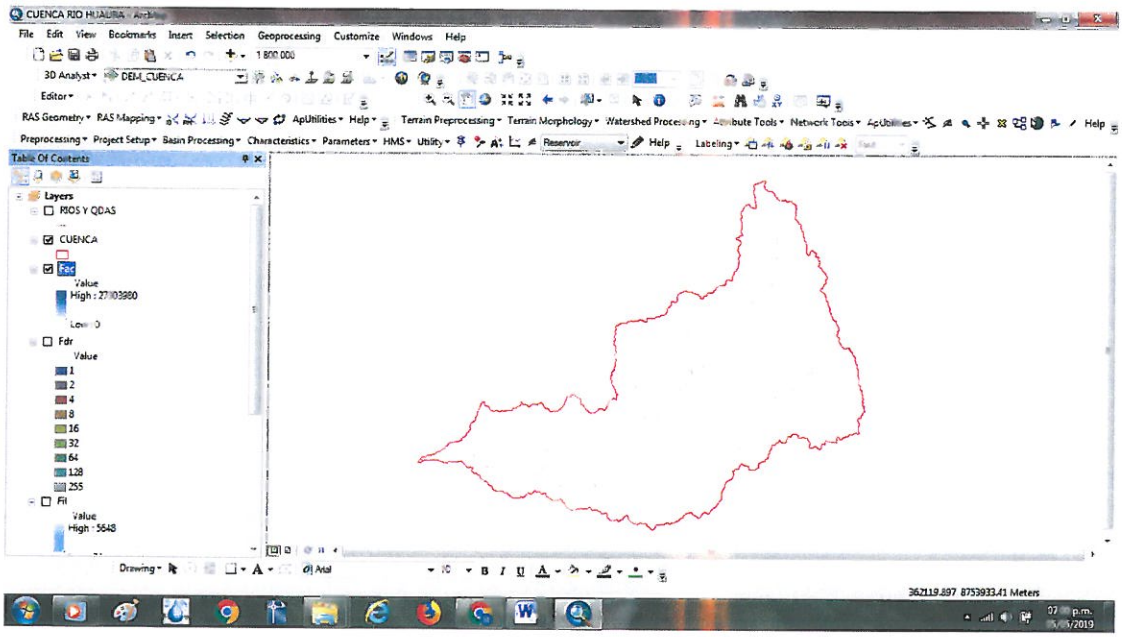
ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58990

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 85: Definición de corrientes de la cuenca del río Huaura



9.3.1.7 Segmentación de corrientes

Esta función crea un grid de segmentos de ríos que tienen una identificación única. Un segmento puede ser principal, o definido entre dos uniones de segmento. Las celdas de un segmento tienen el mismo código de grid.

En la barra de herramientas de HEC-GeoHMS, se selecciona Preprocessing /Stream Segmentation, y como entradas se selecciona Str y Fdr para los Grids de corrientes y dirección del flujo, respectivamente; tal como se muestra abajo.

Por otro lado, si está incluyendo depresiones o huecos (sinks) en la delineación de la red de corrientes, existe dos entradas adicionales, pero son opcionales (input sink watershed, input sink grid). Seleccione como salida en el "Input Stream Link Grid" el nombre que aparece por defecto StrLnk en la carpeta de trabajo "Capas". Presione "Aceptar" y el grid StrLnk es adicionado al mapa de trabajo.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

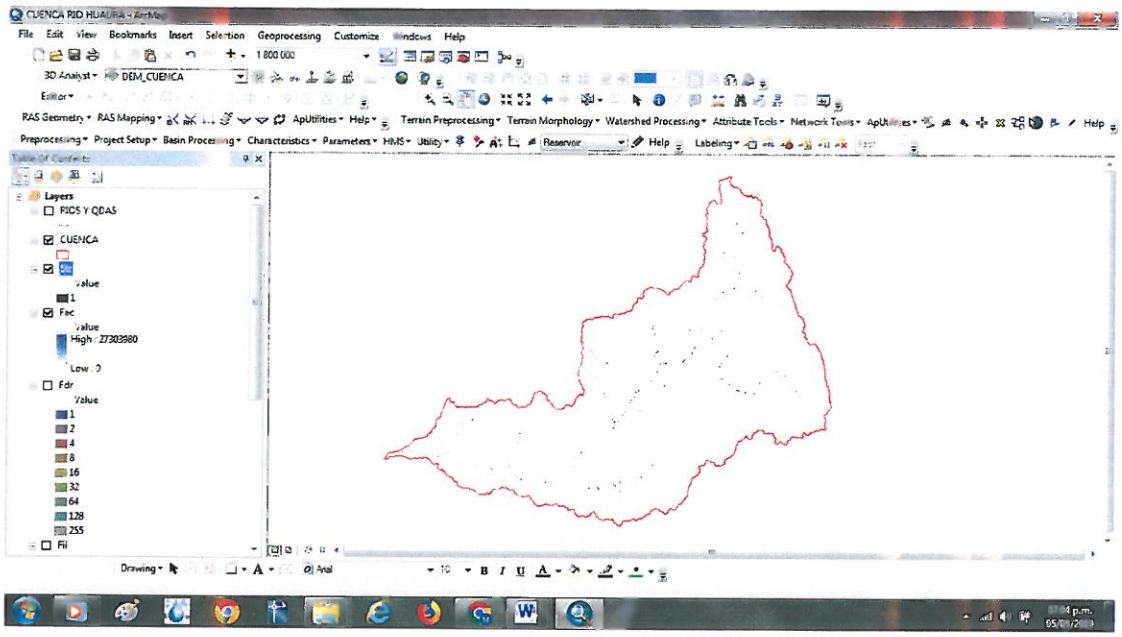
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 86: Segmentación de corrientes de la cuenca del río Huaura



9.3.1.8 Delineación del grid de sub cuencas

Esta función crea un grid en la que cada celda tiene un valor (código) indicando a cuál sub cuenca pertenece. El valor corresponde aquel llevado por el segmento de corriente que drena esa área, y que son definidos en el enlace de la red de corriente.

En la barra de herramientas de HEC-GeoHMS, seleccione Preprocessing / Catchment Grid

Delineation.

Confirmar como entradas para el Grid Direction Flow y el Grid Link, Fdr y StrLnk, respectivamente. La salida del Grid Catchment es "Cat", este es un nombre por defecto que puede ser cambiado por el usuario. Luego, presione "Aceptar"

Una vez completado el proceso, el catchment grid "Cat" es adicionado a su mapa. Usted puede cambiar los colores del grid usando valores únicos en SIG, properties /symbology. Tal como se muestra en la figura siguiente:

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

9.3.1.9 Procesamiento polígono de las sub cuencas

Las tres funciones Catchment Polygon Processing, Drainage Line Processing y Adjoint Catchment Processing convierten la data raster desarollada a formato Vector. Los rasters creados hasta ahora han sido almacenados en un folder llamado "Capas". Por otro lado, los datos vectoriales se almacenan en una "feature dataset" llamada "layers" dentro de la geodatbase asociada con el mapa de documentos.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 59999

En HEC-GeoHMS, seleccione Preprocessing/Catchment Polygon Processing.

Esta función convierte un catchment grid dentro de una entidad de polígono de sub cuenca. Configurar como entrada para el Catchment grid, "Cat". La salida es la clase entidad de polígono para las sub cuencas, el nombre por defecto es "Catchment", como aparece abajo.

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

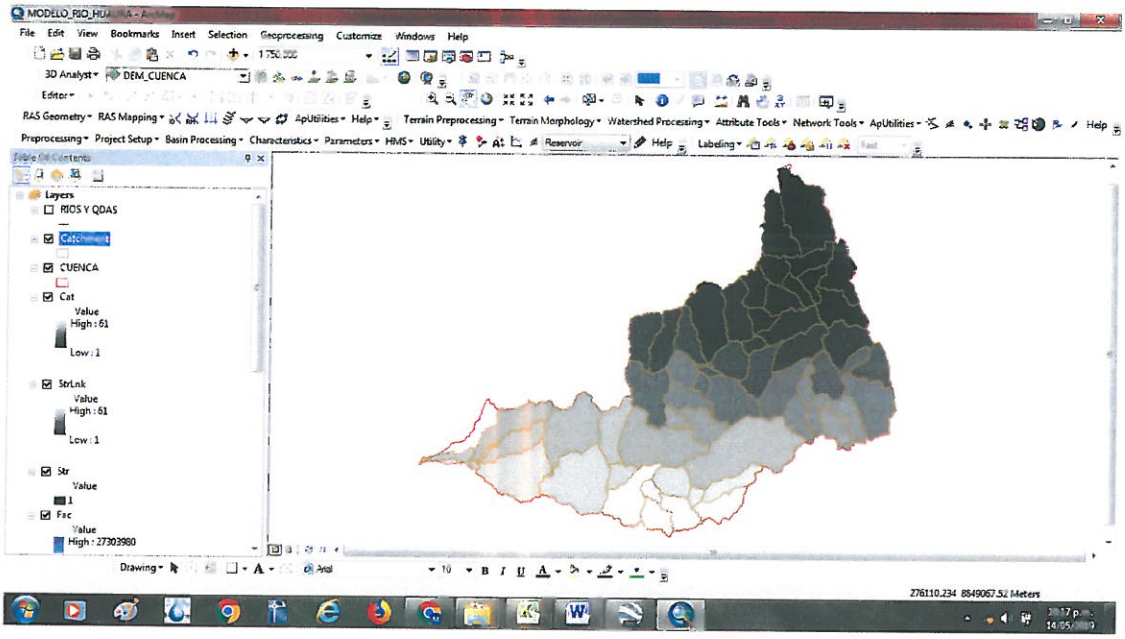
Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Presione "Aceptar". Después de completado el proceso, la clase entidad polígono "Catchment" es adicionado al mapa. Usted puede abrir la tabla de atributos de la entidad adicionada, puede observar que cada sub cuenca tiene un HydroID asignado como único identificador. Cada sub cuenca tiene atributos de longitud y área, como mostrado en el cuadro abajo. Estos valores son calculados automáticamente cuando la clase entidad se convierte en parte de una base de datos geoespacial.

Figura 87: Procesamiento de los polígonos de las microcuencas de la cuenca del río Huaura



9.3.1.10 Procesamiento de líneas de drenaje

Esta función convierte el Grid de entrada Stream Link dentro de una clase entidad "Drainage Line". Seleccione Preprocessing/Drainage Line Processing

Configure como entradas para los grids Stream Link y Flow Direction StrLnk y Fdr, respectivamente.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

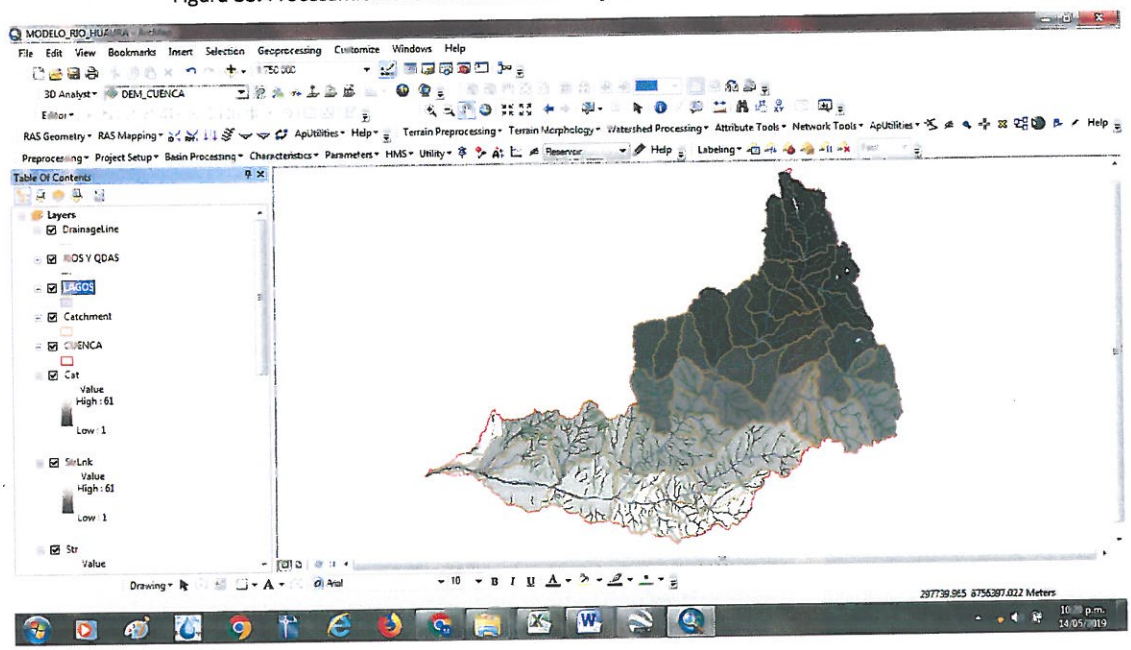
ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 88: Procesamiento de las líneas de drenaje de la cuenca del río Huaura



9.3.1.11 Procesamiento de sub cuencas adjuntas

Esta función genera sub cuencas agregadas aguas arriba de la clase entidad de sub cuencas (catchment) generada anteriormente. Seleccione Preprocessing / Adjoint Catchment Processing. Confirme como entradas DrainageLine y Catchment para el Drainage Line y Catchment, respectivamente. La salida es confirmada por defecto como "AdjointCatchment". Tenga en cuenta que puede usar cualquier nombre.

Un polígono que representa toda el área aguas arriba drenando hacia su punto de salida es contruida y almacenada en una clase entidad (vector) que tiene como nombre Adjoint Catchment. Este polígono es generado para cada sub cuenca que no esté localizada en la cabecera.

Esta entidad se utiliza para acelerar el proceso de delimitación de puntos de drenaje asociados a las sub cuencas (Drainage Point Processing).

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

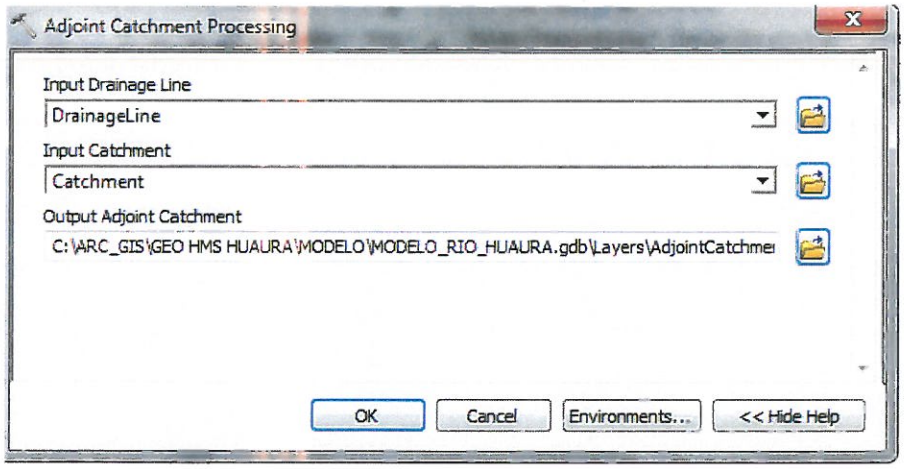
ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

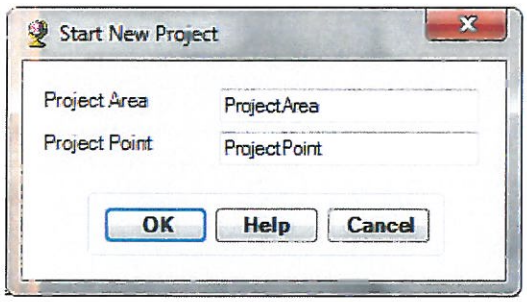
Figura 89: Procesamiento de las subcuencas



9.3.2 CONFIGURACIÓN DEL PROYECTO

9.3.2.1 Creando un nuevo proyecto Hms

En "Project Setup", clic en Project Setup/Start New Project, Configure el Project Area y el Project Point como aparece abajo.



Se define el sitio del proyecto, en este caso usaremos la definición de corriente original. También se puede escoger la salida de la base de datos geoespacial. Clic en Ok, y un mensaje debe aparecer como en la figura abajo. Clic en aceptar.

Clic en Ok. Una ventana de dialogo es mostrada, con la siguiente ventana de diálogo: Do you want to créate a project for the área shown?, como aparece en la figura abajo, se acepta y automáticamente se limita el proyecto en la zona requerida.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

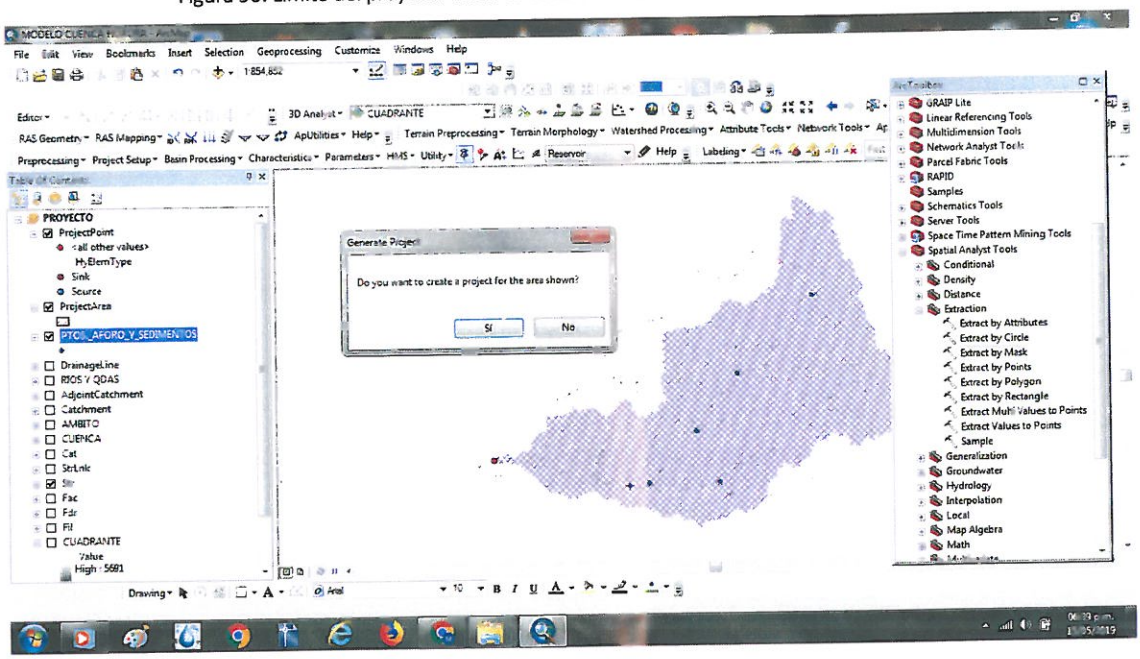
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Mario Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

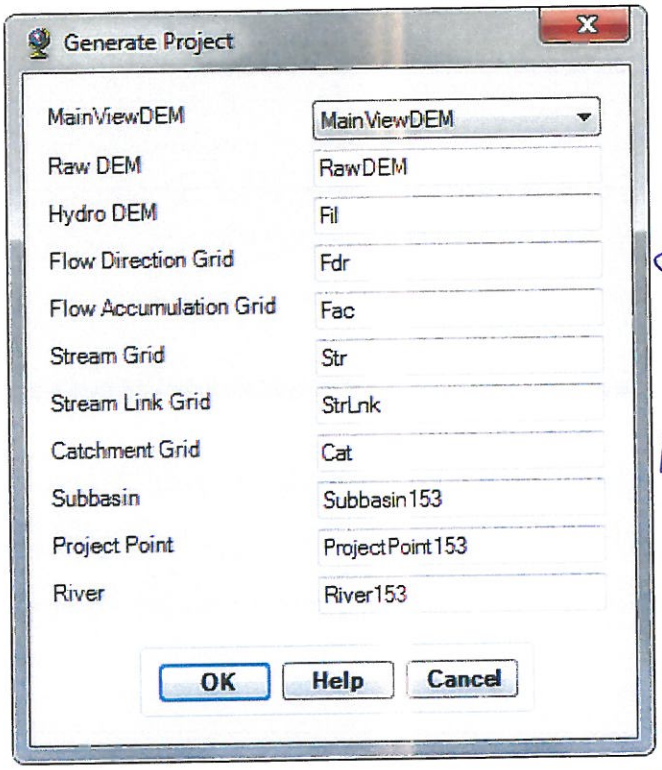
CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 90: Limite del proyecto hasta el cruce con la carretera Panamericana



9.3.2.2 Generar proyecto

Se confirma el nombre de las capas para el nuevo proyecto, como en la ventana de diálogo mostrada a continuación. El nombre de la clase entidad "ProjectPoint" y "River" son asignadas por defecto, si usted desea puede cambiarlos.



Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP Nº 53999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

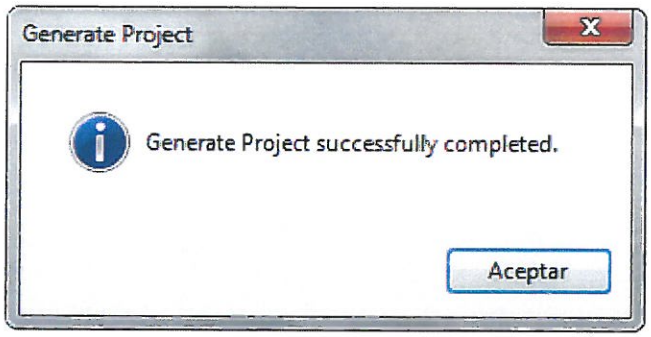
Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

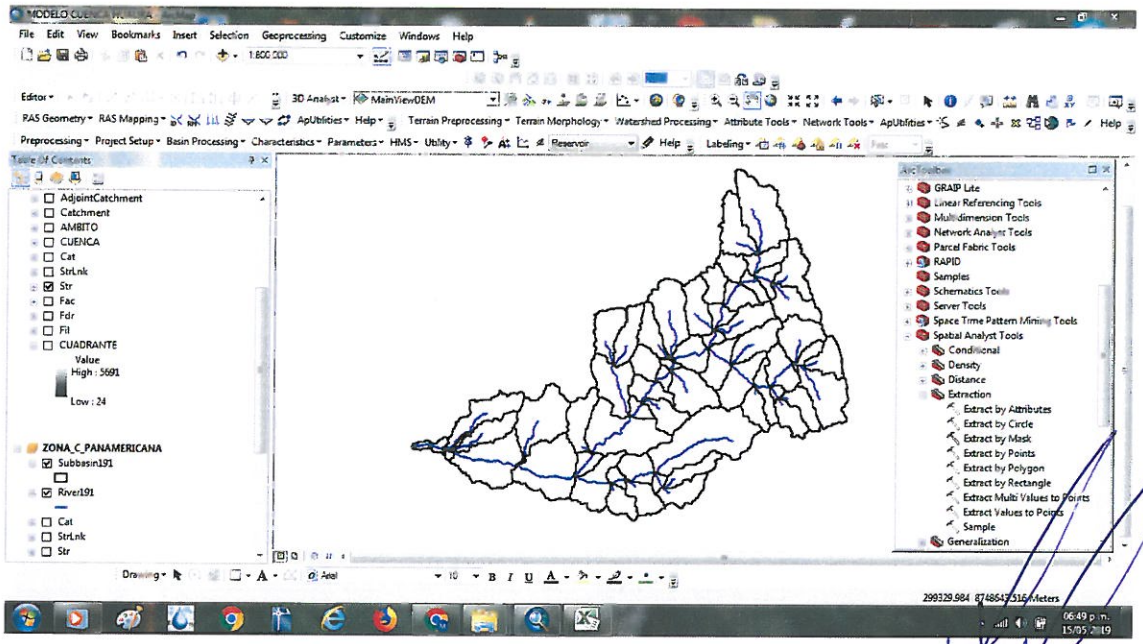
Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Clic en Ok. El proceso puede tardar unos minutos, luego aparecerá el siguiente mensaje indicando que su proyecto para HMS fue creado exitosamente.

Figura 91: Proyecto generado hasta el cruce con la carretera Panamericana





Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

9.3.3 PROCESAMIENTO DE LA CUENCA

El menú de procesamiento de cuenca tiene características tales como la revisión de la delimitación sub cuencas, divisoria de cuencas y la unión de corrientes.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

9.3.3.1 Gestión de data

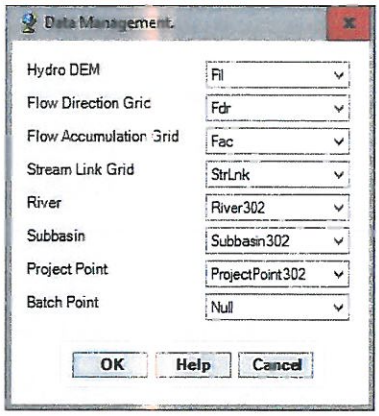
Esta herramienta permite configurar la data necesaria para el procesamiento de la cuenca. Los datos se muestran en la figura siguiente:

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

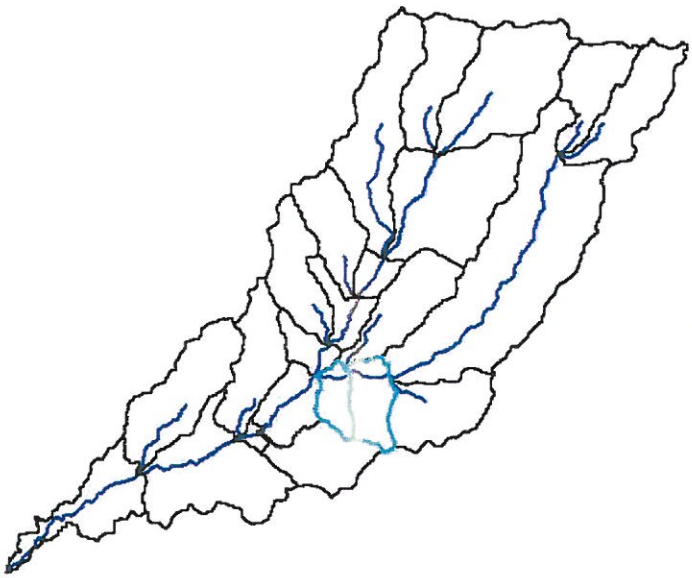
Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

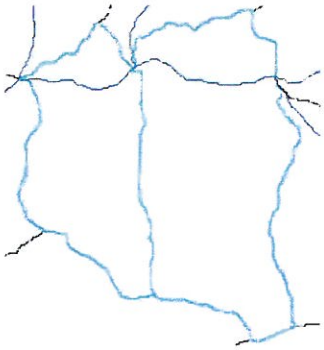
CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL



9.3.3.2 Combinar cuencas

Con este proceso puede unirse dos o más sub cuencas adyacentes en sólo una. Seleccione las dos adyacentes cuencas, como mostrado abajo, usando la herramienta de selección del menú principal de ArcMap. Un amplio conocimiento de la zona en estudio ayudará en gran medida a decidir sobre que cuencas adyacentes pueden ser unidas.





Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

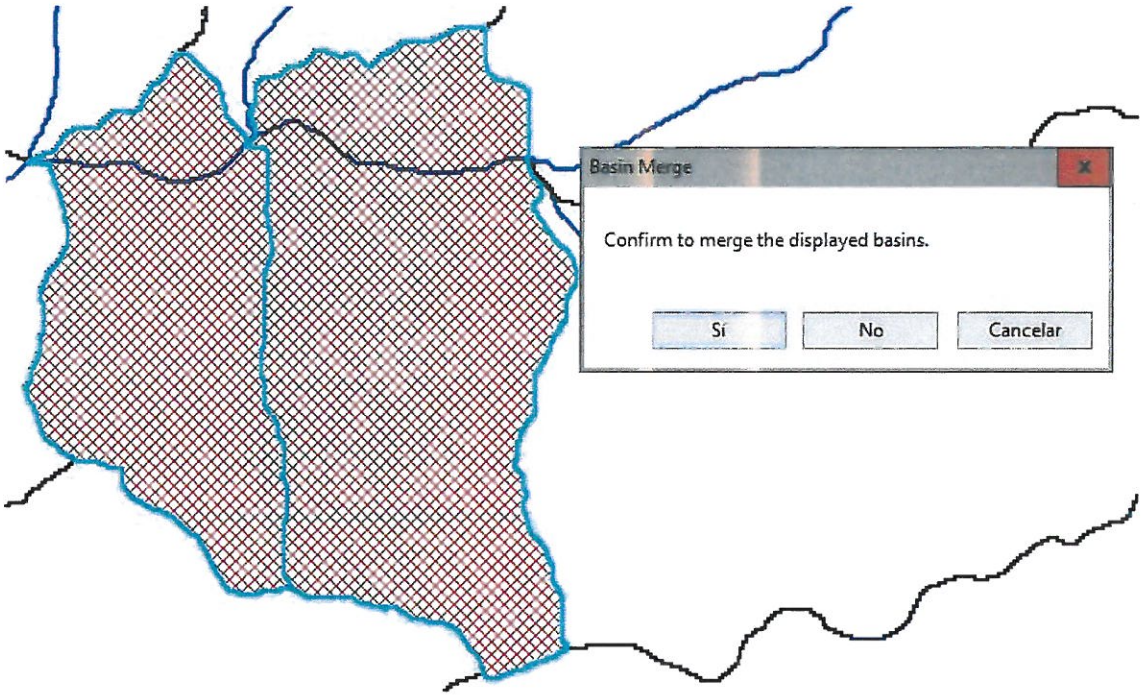
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mécánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcal Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64061

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Clic sobre Basin Processing /Basin Merge. Usted obtendrá un mensaje preguntándole que confirme la unión de las sub cuencas seleccionadas, usted verá el área con tramado de fondo como aparece abajo, clic en "si". En forma similar para las otras sub cuencas que usted desea unir.



9.3.3.3 Perfil del río

La herramienta de Perfil del río permite mostrar el perfil de un tramo de río seleccionado en la cuenca de estudio. Se selecciona la herramienta "River Profile", clic en cualquier tramo de río que se requiera evaluar. Confirmar las capas en la ventana desplegada, clic en Ok. Este proceso invocará una ventana acoplable en ArcMap en la parte inferior mostrando el perfil del tramo seleccionado. Usted puede dar clic en un punto a lo largo del perfil, su localización en el tramo de río será adicionado. Un ejemplo es mostrado en la figura abajo.

Si desea dividir el segmento de río en el punto seleccionado, puede hacer clic derecho en el punto dentro de la ventana acoplable. Si desea dividir la subcuenca en el punto que se muestra en el mapa, puede utilizar la herramienta de división de subcuenca y haga clic en el punto seleccionado.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Manuel J. Zegos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

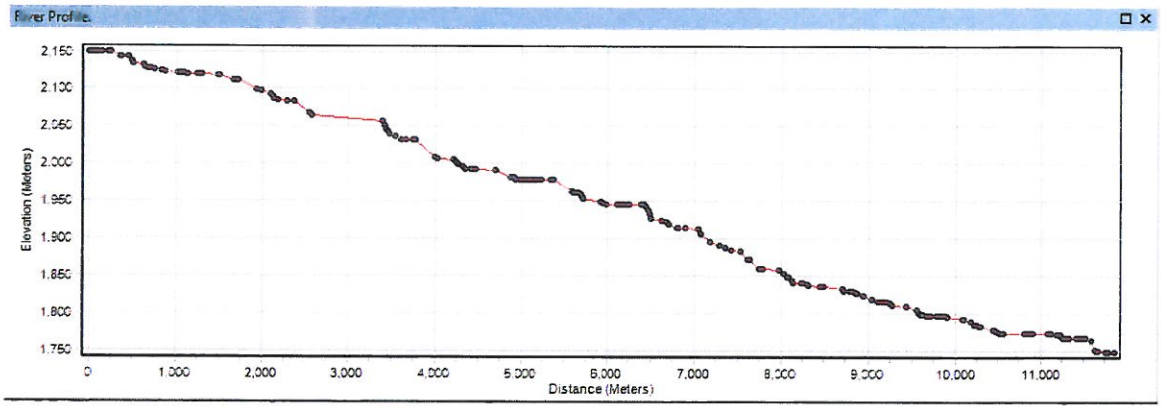
Ing Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64051

237

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 92: Perfil del río (Tramo Inicial)



9.3.4 EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA

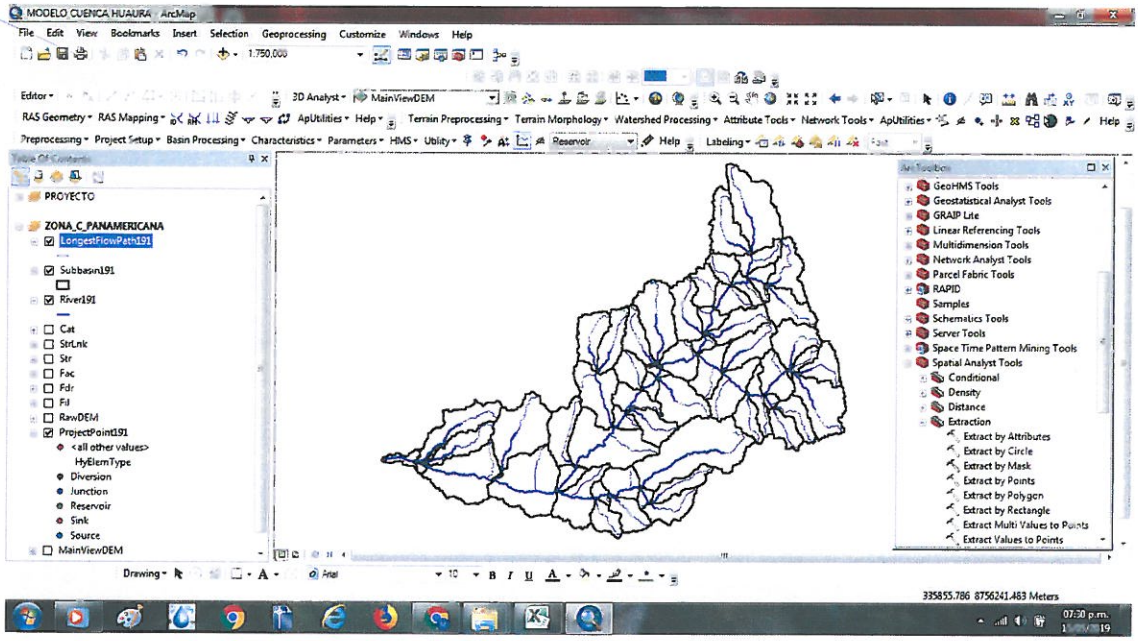
La lista de "Characteristics" en HEC-GeoHMS proporciona herramientas para la extracción de características físicas de los tributarios y sub cuencas dentro de tablas de atributos.

9.3.4.1 Longitud del río

Esta herramienta calcula la longitud de los segmentos del río y los almacena en RiverLen field. Seleccione Characteristics/ River Length, confirme el "Input River" por defecto, y clic en "Aceptar".

Usted puede chequear la tabla de atributos de River191 y observar que el campo RiverLenght ha sido poblado. Guardar el documento.

Figura 93: Longitud del río



Manuel J. Rios Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISION HUAURA

ING. CARLOS ROBERTO VASQUEZ CORTERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISOR HUAURA
CIP N° 53999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg. Colegio de Ingenieros N°30021

9.3.4.2 Pendiente del río

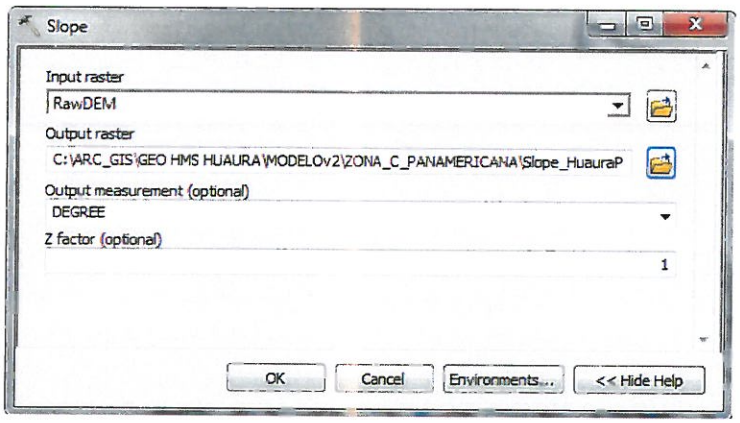
Esta herramienta calcula la pendiente de los segmentos del río y los almacena en el campo Slp. Seleccione Basin Characteristics /River Slope. Confirmar como "RawDEM y River191" como entradas, respectivamente. Clic en "Aceptar".

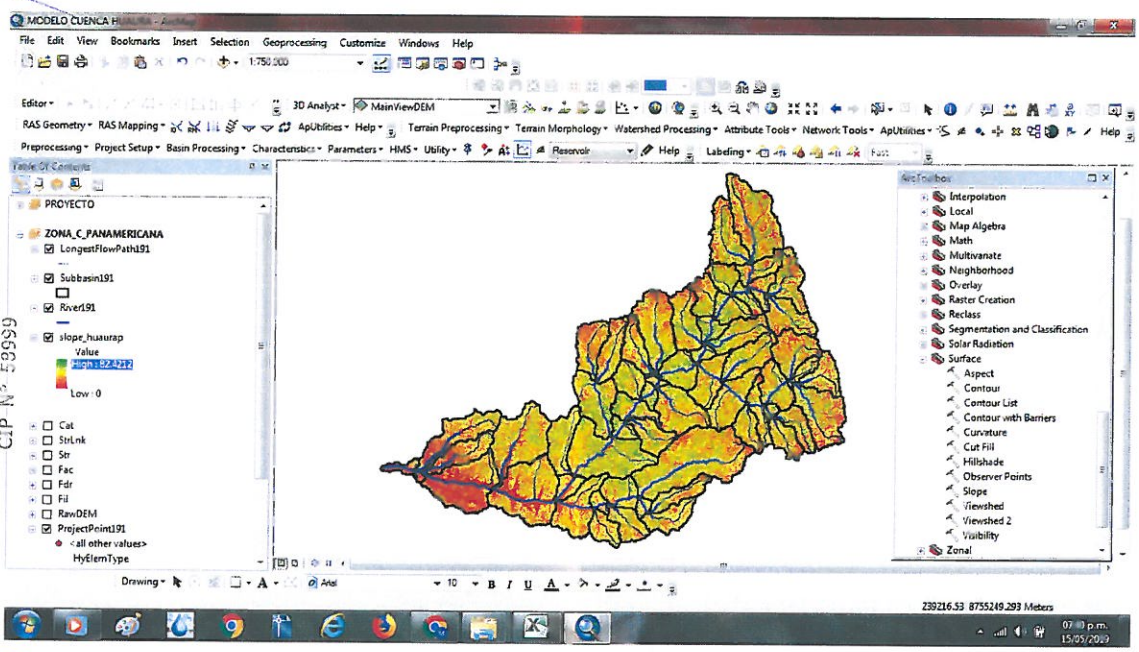
En forma similar, usted puede chequear que el campo Slp en la tabla de atributos de la entidad River191 ha sido establecida, asimismo los campos ElevUP and ElevDS. La pendiente es calculada de la siguiente manera: Slp = (ElevUP – ElevDS)/RiverLen.

9.3.4.3 Pendiente de la cuenca

Esta herramienta calcula la pendiente promedio para las sub cuencas usando el grid de pendientes y los polígonos de sub cuencas. Agregar al mapa de documento el grid wshslopepct. Seleccione Characteristics / Basin Slope. Confirmar WshSlope y Subbasin191 como las entradas respectivamente. Clic en "Aceptar".

Figura 94: Pendiente de la cuenca





Manuel J. Cots Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISIÓN HUAURA
CIP N° 53939

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

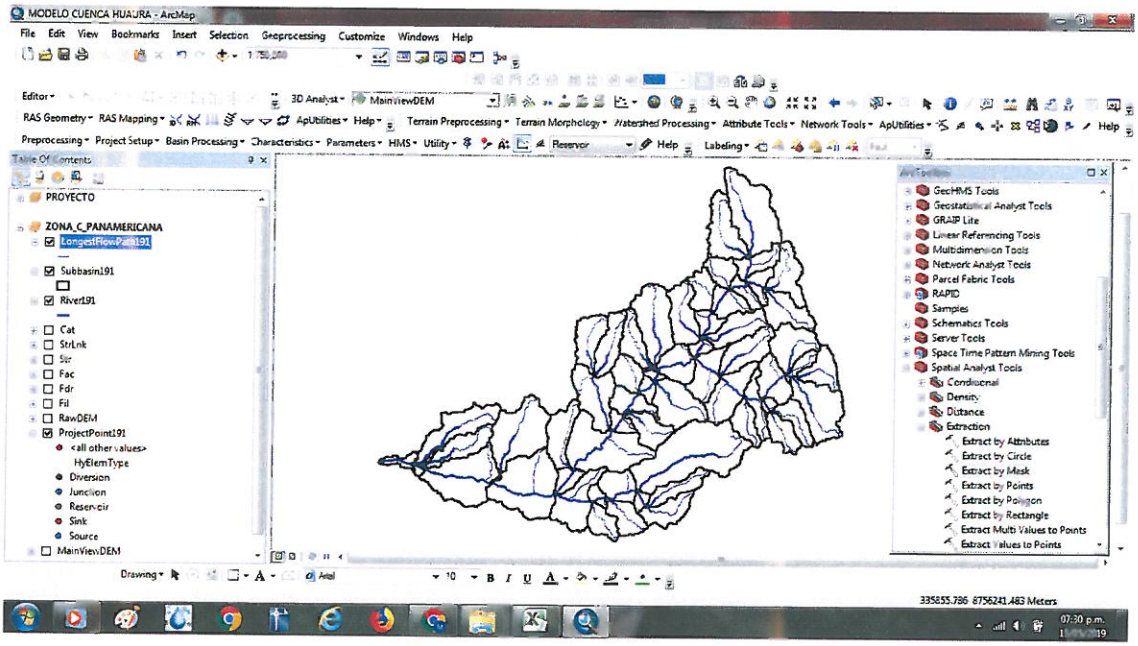
CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

9.3.4.4 Ruta más larga de flujo

Esta herramienta crea una entidad de polígono que almacenará la ruta más larga del flujo para cada sub cuenca. Seleccione Characteristics / Longest Flow Path. Confirme como entradas RawDEM, Fdr y Subbasin191, deje por defecto el nombre de LongestFlowPath191. Clic en "Aceptar".

Una nueva clase de entidad es creada, la misma que almacena la más larga trayectoria de flujo para cada subcuenca tal como se muestra en la siguiente figura:

Figura 95: Ruta más larga del flujo



9.3.4.5 Centroide de la cuenca

Esta herramienta crea una clase entidad punto de centroide para almacenar el centroide de cada sub cuenca. Seleccione Characteristics / Basin Centroid. Para este ejercicio, seleccione como método de centroide "Center of gravity" y como entrada de sub Cuenca "Subbasin191".

Si el centroide se encuentra dentro de cada subcuenca, el método de "Center of Gravity" calcula el centroide como el centro de gravedad de la subcuenca. Si el centro de gravedad esta fuera, será ajustado al límite más cercano.

El método Longest Flow Path calcula el centroide como el centro de la trayectoria del flujo más largo dentro de la sub cuenca. Usted puede usar cualquier de los métodos, los resultados dependerán de la forma de la cuenca y deben ser evaluados antes de que los centroides sean generados. La figura abajo muestra los centroides calculados con el método del centro de gravedad.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

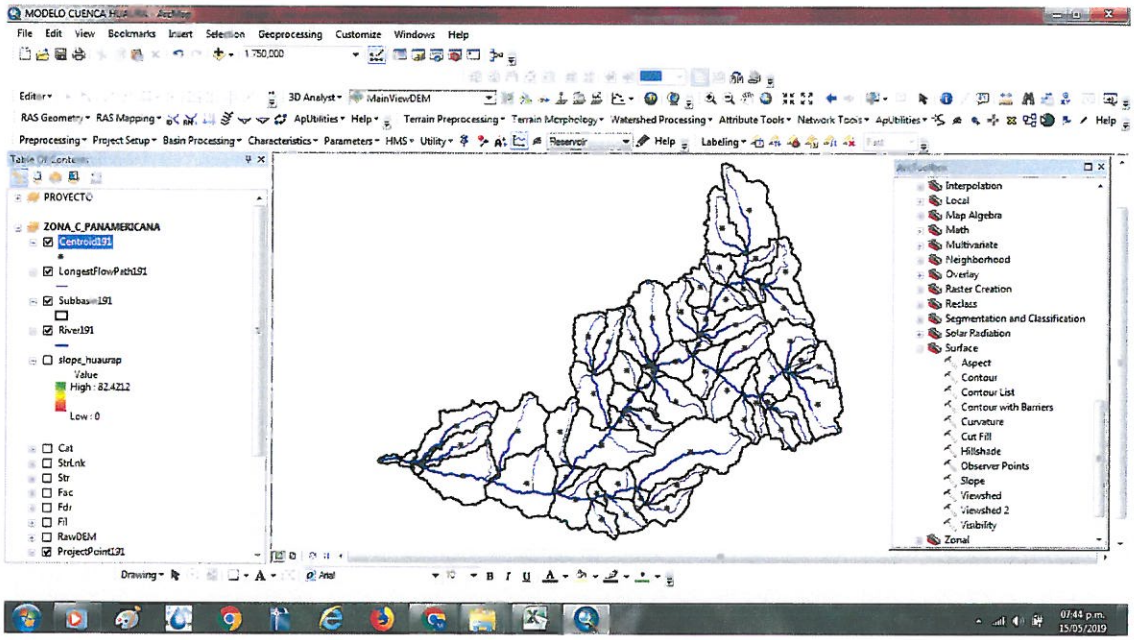
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

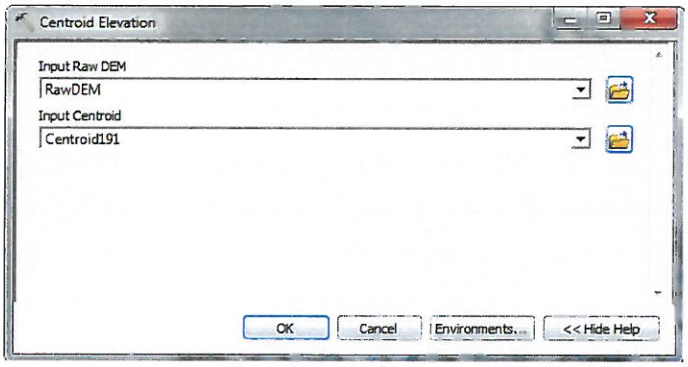
CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 96: Centroide de la cuenca



9.3.4.6 Elevación del centroide de la cuenca

En esta parte se calcula la elevación para cada punto de centroide usando el Modelo de Elevación Digital. Seleccione Characteristics/ Centroid Elevation. Configure como entradas RawDEM y Centroid191, como se muestra a continuación. Clic en "Aceptar".



9.3.4.7 Trayectoria centroidal del flujo más largo

Esta herramienta crea una nueva clase entidad de polilíneas que muestra el recorrido del flujo para cada punto de centroide sobre la trayectoria de flujo más largo. Seleccione Characteristics /Centroidal Longest Flow Path. Confirme las entradas como aparece abajo y el nombre por defecto para la salida "Output Centroidal Longest Flow Path191". Clic en "Aceptar".

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

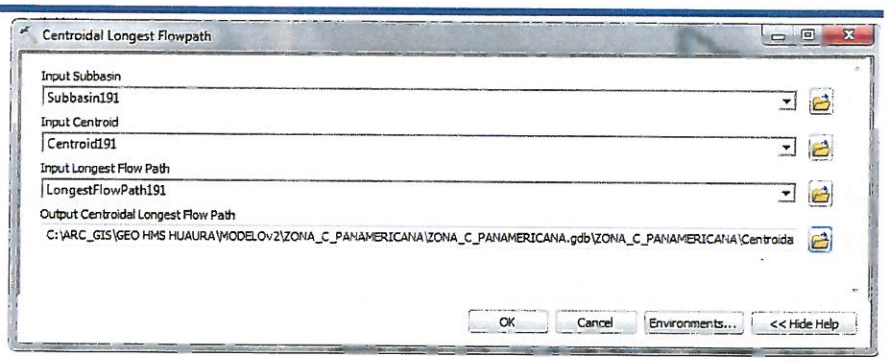
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVICION HUAURA
CIP N° 58999

Ing Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL



9.3.5 PARÁMETROS HMS

El menú de parámetros hidrológicos en HEC – GeoHMS proporciona herramientas para calcular y asignar parámetros a las corrientes y cuencas de una zona de estudio que serán usados en el modelo HMS. Estos parámetros incluyen el número de curva coeficientes de tránsito del canal, tiempo de concentración, etc.

9.3.5.1 Selección de procesos para HMS

Esta herramienta permite especificar métodos que HMS debe utilizar para transformar la lluvia en escorrentía y el transito del río. Estos son propuestos, usted puede modificarlos o asignarlos dentro del modelo HMS.

En la barra de herramientas de GeoHMS, seleccione Hydrologic Parameters /Select HMS Processes. Confirme las clases entidad de entrada Subcuenca y río, "Subbasin191" y River191", respectivamente. Seleccione, como método para obtener el exceso de lluvia de la lluvia total, ("Loss Method"), SCS; asimismo para convertir el exceso de lluvia a escorrentía directa, escoger SCS. En esta parte no seleccionamos ningún método para calcular el flujo base (baseflow). Para el transito del flujo en el río, seleccione el método de Kinematic Wave, Clic en Ok.

9.3.5.2 Nombre automático del río

Esta función permite asignar nombres a los segmentos de los ríos. Seleccione Parameters/River Auto Name. Confirmar "River191" para la clase entidad de entrada. En tabla de atributos de la clase entidad correspondiente usted puede ver que el campo "Name" ha sido poblado con nombres que tienen formato R###, donde "R" significa río o tramo y "###" es un número entero.

9.3.5.3 Nombre automático de las sub cuencas

Esta función permite asignar nombre a la sub cuencas en forma automática. Para tal efecto, en la barra de herramientas de Geo HMS, seleccione Parameters/ Basin Auto Name, luego confirme la clase entidad de entrada "Subbasin191" Clic en "Aceptar".

Manuel J. Ibos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

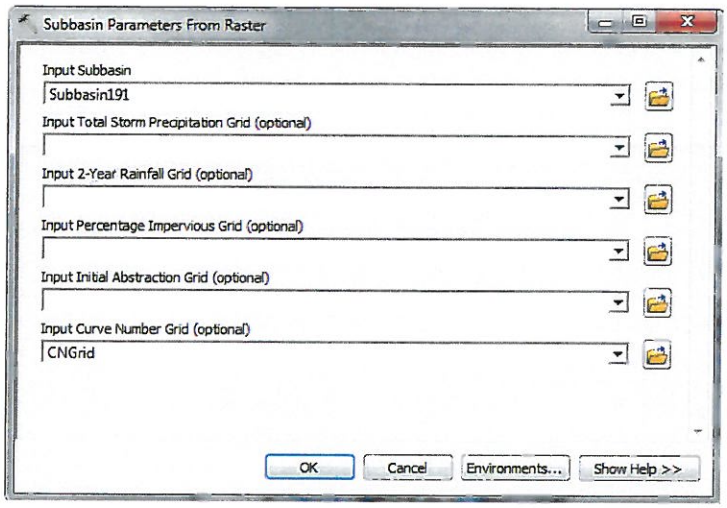
Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

9.3.5.4 Parámetros de las sub cuencas

En esta parte, usted puede calcular, usando rasters o una clase entidad, parámetros como la curva número, parámetros asociados con el cálculo de las precipitaciones, constante de pérdidas iniciales, etc., para cada sub cuenca dependiendo del tipo de método que usará en el modelo HMS. Para tal efecto use la herramienta Subbasin Parameters from Raster o Subbasin Parameters from Features. Estas funciones superponen las sub cuencas sobre los grids y calculan el valor promedio para cada sub cuenca. Para este ejercicio, no vamos a calcular estos parámetros desde que serán configurados en el modelo HMS, sólo vamos a explorar algunos de ellos, en GeoHMS seleccione Hydrologic Parameters/ Subbasin Parameters From Raster, como aparece en la figura abajo. Clic en "Cancelar".

Como se indicó líneas arriba, los parámetros también pueden extraerse mediante el uso de una clase de entidad y su intersección con la subcuenca mediante el uso de la herramienta Subbasin Parameters from Features.



9.3.6 DESARROLLO DE ENTRADAS PARA HMS

Geo HMS en ArcGIS proporciona también herramientas que permiten preparar entradas para el modelo HMS.

9.3.6.1 Mapa para las unidades de HMS

Esta herramienta es usada para convertir unidades para el modelo HMS. Clic sobre HMS, seleccione HMS/Map to HMS Units. Configure las entradas como aparece en la figura abajo, clic en ok.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

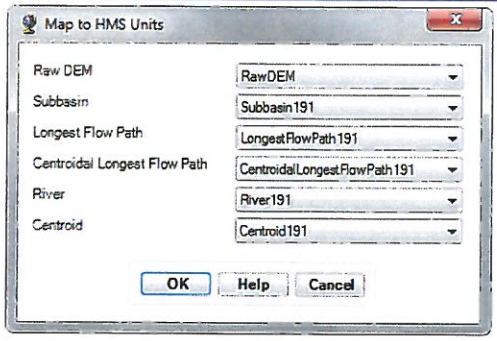
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

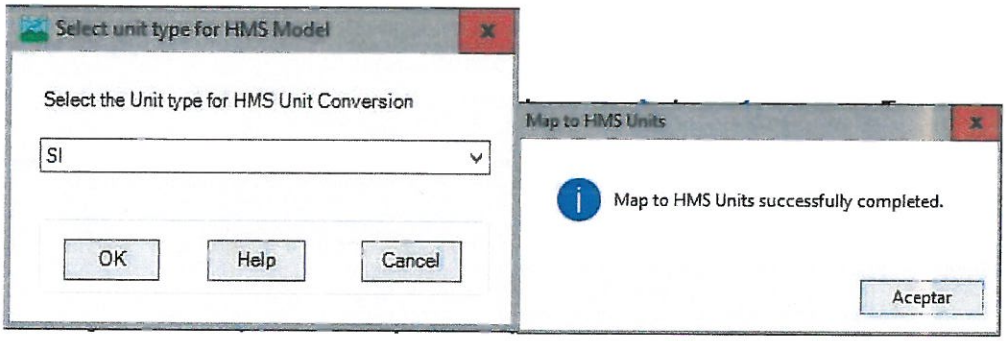
Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL



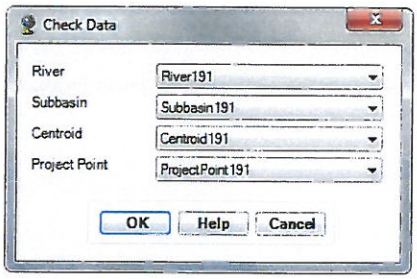
Una ventana será mostrada, la misma que permite seleccionar el sistema de unidades correspondientes. Escoja SI (Sistema Internacional), clic en Ok.



Clic en "Aceptar" arriba. Luego de este proceso, los resultados de las unidades de conversión son adicionados a la tabla de atributos para la "Subbasin191" y "River191". En las figuras siguientes se muestran las columnas anexadas.

9.3.6.2 Chequear la data generada

Se procede a verificar la información generada, mediante la función check data.



Finalmente obtenemos los resultados siguientes.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

SkelConstCheck: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

```
HMS Consistency Checking Log
----------------------------

Project: ZONA_C_PANAMERICANA
File Creation Date: 16/05/2019
File Creation Time: 11:06:15

Checking uniqueness of names ...
  Checking River HydroID uniqueness:
  End of checking River HydroID uniqueness - all IDs are unique.
  Checking River Name uniqueness:
  End of checking River Name uniqueness - all Names are unique.
  Checking Drainage Area HydroID uniqueness:
  End of checking Drainage Area HydroID uniqueness - all IDs are unique.
  Checking Drainage Area Name uniqueness:
  End of checking Drainage Area Name uniqueness - all Names are unique.
  Checking VIP Name uniqueness:
  End of checking VIP Name uniqueness - all Names are unique.
End of checking uniqueness of names.

Checking river containment...
End of checking river containment.

Checking centroid...
End of checking centroid.

Checking river's connectivity...
End of checking river's connectivity.

Checking project points [VIP points]...
  Checking VIP Point: Outlet1 x=217573.6077, y=8774905.4772
  End of checking point: name=Outlet1 oid=1 - NO PROBLEM found.
End of checking project points [VIP points].


Checking Finished: 11:06:19


CHECKING SUMMARY
****************

Unique names          - no problems.
River containment     - no problems.
Center containment    - no problems.
River connectivity    - no problems.
VIP relevance         - no problems.
```

Manuel J. Egos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 97: Resumen de la data generada de las microcuencas

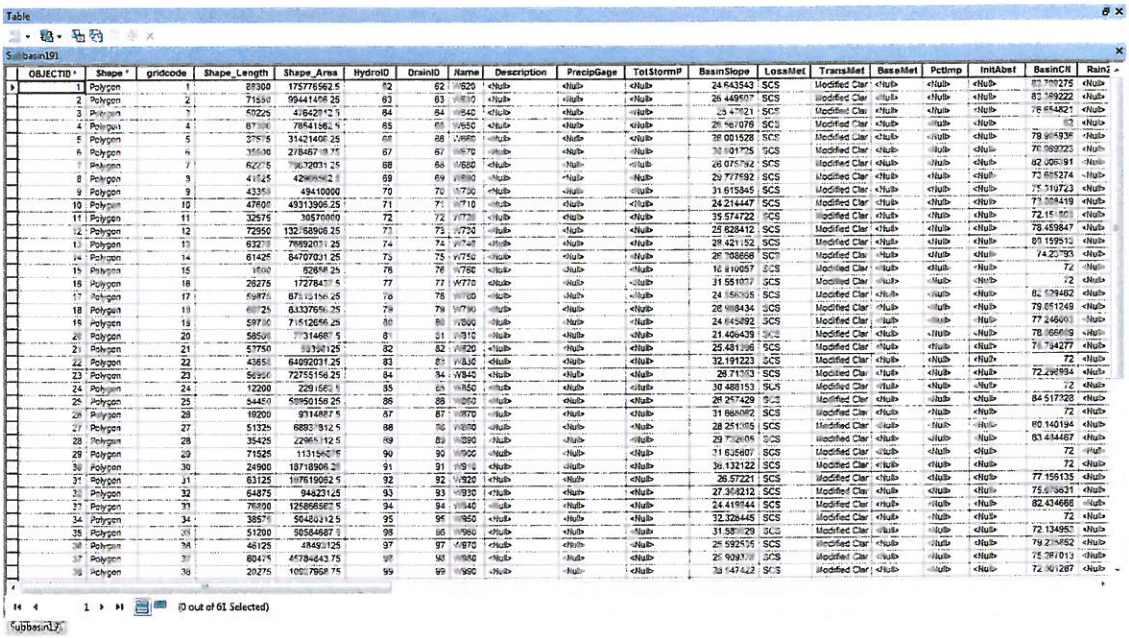
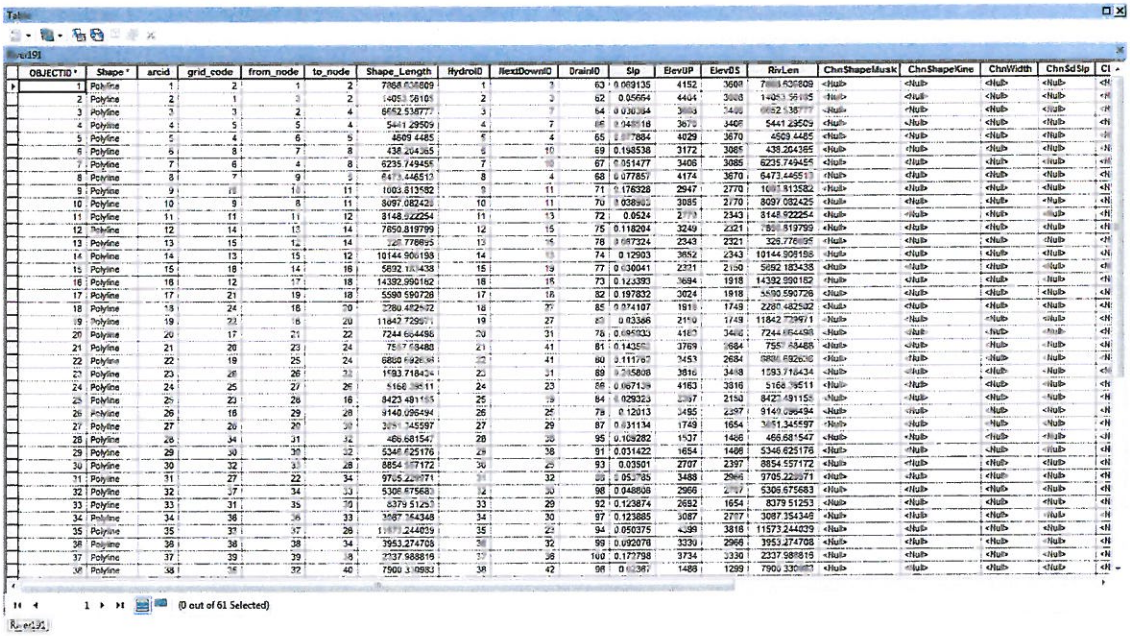


Figura 98: Resumen de la data generada de los cursos principales



9.3.6.3 Esquemático HMS

Esta herramienta crea una representación SIG del sistema hidrológico utilizando una red esquemática con los elementos de la cuenca, tales como nodos, enlaces, uniones o bordes, y su conectividad. Seleccionar HMS/HMS Schematic. Confirmar las entradas como aparece en la siguiente figura, y haga clic en OK.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

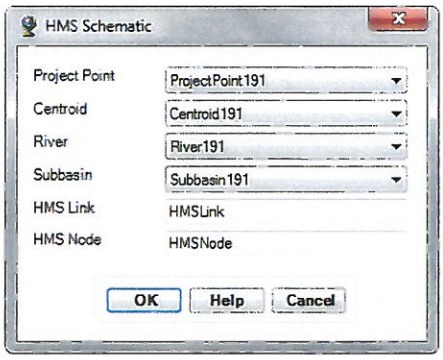
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Manuel J. Flores Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

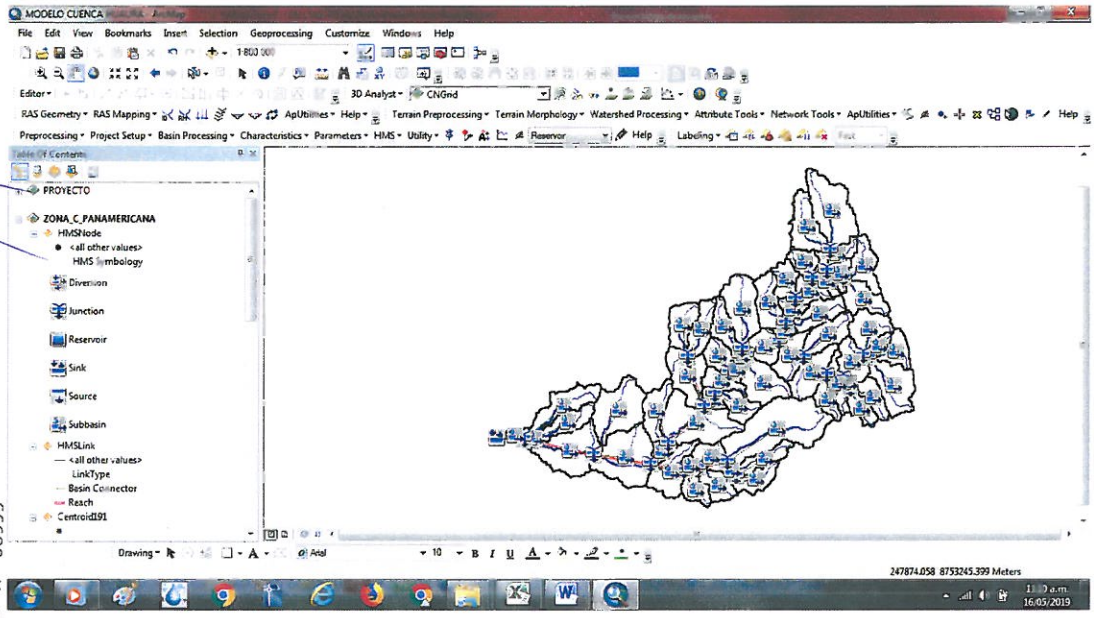


En su tabla de contenidos en ArcGIS, usted puede ver dos nuevas clases de entidad HMSNode y HMSLink son agregadas a su mapa de documento, como aparece en la figura abajo.

9.3.6.4 Leyenda HMS

Esta herramienta permite como este modelo puede verse en HEC-HMS, para tal efecto seleccione HMS/Toggle HMS Legend/HMS Legend. Su modelo debe lucir como la figura abajo.

Figura 99: Mapa generado topológico para el HEC-HMS



9.3.6.5 Adicionar coordenadas

Esta parte permite agregar las coordenadas geográficas a las entidades HMSNode y HMSLink. Las coordenadas son almacenadas en tabla de atributos y son útiles para exportar el esquemático a otros modelos conservando la información geoespacial. Seleccione HMS/Add Coordinates, confirme los archivos de entrada como aparece en la figura siguiente y clic en ok.

Manuel J. Reos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

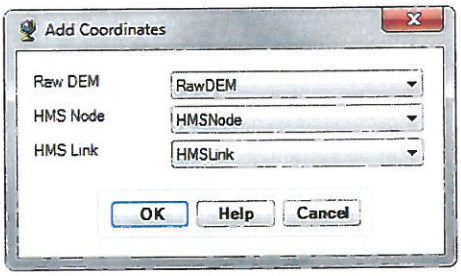
INGENIERO HIDRÁULICO
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISIÓN HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

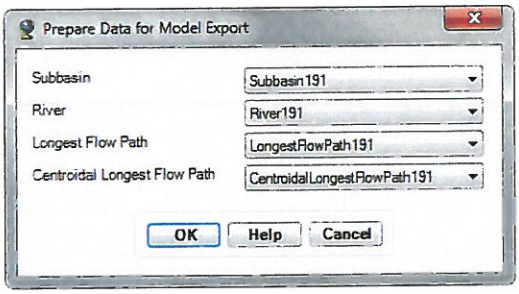
Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL



9.3.6.6 Preparar los datos para exportar

Esta herramienta organiza los datos para la exportación del modelo. Selecciones HMS/ Prepare Data for Model Export. Confirme las entradas para la subcuenca, río, trayectoria del flujo más largo y centroide. Clic en Ok.



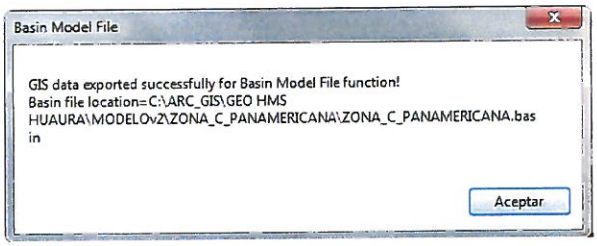
Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

9.3.6.7 Exportando archivos shape de fondo

Esta función captura la información geográfica (x, y) de los límites de las subcuencas y de la red de corrientes en un archivo de texto que puede ser leído y mostrado dentro del modelo HMS. Seleccione HMS/Background Shape File. Confirme las entradas para la subcuenca y río como aparece en la figura abajo. Clic en Ok.

9.3.6.8 Modelo de cuenca

Esta función permite exportar la información geográfica relacionada a nodos, links y su conectividad a un archivo de texto con la extensión basin. El archivo de salida (Zona_C_Panamericana.basin) es localizado en la carpeta del proyecto. Clic en Ok.



ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

9.3.6.9 Modelo meteorológico

El modelo meteorológico será realizado en el programa HEC-HMS v4.3, una vez exportada la información del GEO-HMS.

9.3.6.10 Proyecto HMS

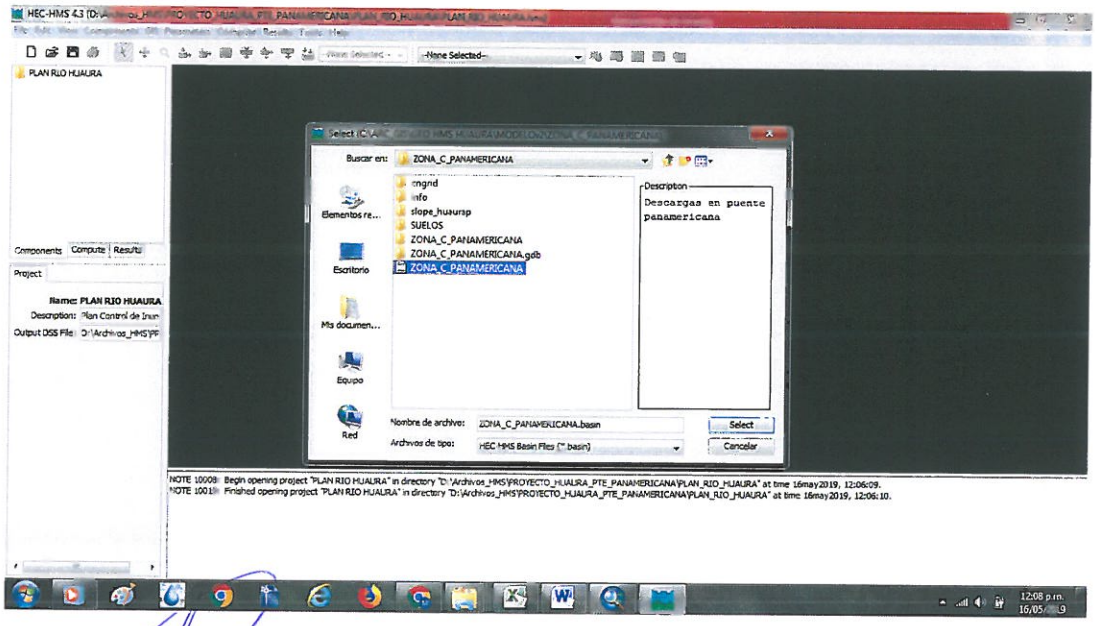
Esta función copia todos los archivos específicos del proyecto que se ha creado hacia un directorio especificado y crea un archivo.hms que contiene información sobre otros archivos para HMS. Se selecciona HMS/Create HMS Project.

Proporcione la localización de todos los archivos. Asigne un nombre para correr el modelo y configure el tiempo e intervalo de acuerdo al evento que usted quiere simular. Esta configuración puede ser cambiada dentro de HEC-HMS. Clic en Ok.

La otra opción para crear un proyecto es abrir HEC-HMS, en la barra de herramientas seleccione File/New/Create New Project, como aparece abajo. Proporcione un nombre al modelo y localice el nuevo proyecto en una carpeta de trabajo de su preferencia. Utilice el sistema internacional de unidades. Clic en "Create".

Luego importe el modelo de cuenca que se creó con GEO-HMS, seleccionar File/Import/Basin Model, escogemos el archivo ZONA_C_PANAMERICANA.

Figura 100: Importe modelo de la cuenca que se creó con GEO-HMS



Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marco Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

249

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

10 EXPORTACIÓN Y MODELACIÓN EN HEC-HMS VERSIÓN 4.3

El esquema del presente modelo tuvo soporte en el ArcGIS con la extensión HEC- GeoHMS, con lo cual se dividió la cuenca del río Huaura en 61 microcuencas. Esto debido a que cada subcuenca tiene características diferentes (pendiente, tiempo de concentración, etc.). Con esto se logró una simulación hidrológica más detallada puesto que se consideró el tránsito entre microcuencas. La Figura 101 muestra la topología del área de drenaje en estudio y microcuencas hasta el cruce con la carretera Panamericana.

10.1 INFORMACIÓN NECESARIA PARA EL MODELO HEC-HMS

10.1.1 Secuencia sobre el empleo de HEC- HMS

El Hydrologic Modeling System (HEC-HMS), utiliza tres tipos de archivos: Modelo de Cuenca, Modelo Meteorológico y Control de Especificaciones, cada uno de estos archivos requieren parámetros de cuenca y del modelo propiamente dicho, donde existen parámetros variables y constantes dependiendo del tipo de estudio.

10.1.1.1 Modelo de cuenca

Una subcuenca es un elemento que normalmente no tiene flujo de entrada y sólo presenta un punto de salida. El flujo de salida se calcula a partir de datos meteorológicos mediante substracción de pérdidas, transformación de la excedencia de precipitaciones, y adición del flujo en entrada. El área total de la cuenca es subdividida en subcuencas desde la parte superior hasta la parte inferior de la cuenca. El área de proyecto completo y la red de ríos asociados, fueron configuradas en 61 unidades principales microcuencas y 30 tramos de cauce. A cada tramo se le proporcionó su código respectivo. Los nombres de las sub cuencas se muestra en el Cuadro 7.1 y los parámetros físicos fueron determinados con la extensión GEO-HMS exportados al HMS.

10.1.1.2 Modelo de pérdidas

Las abstracciones se refieren a la cantidad de lluvia infiltrada en la tierra. HEC-HMS emplea los métodos más comunes para calcular las pérdidas o abstracciones (como el initial/constant, CN de SCS, CN gridded SCS y el Green y Ampt) y provee una opción de abatimiento de la humedad para simular en los períodos de tiempo extendidos. El método que mejor se ajusta para el presente trabajo es el SCS CN (Soil Conservation Service), en base a la curva numero característico, calculado a partir la cobertura de la cuenca.

El valor del número de curva se estimó para cada microcuenca del río Huaura; el análisis y determinación de los valores se detalla en el numeral 10.4; cabe mencionar que al calibrar el modelo hubo un cambio ligero en sus valores.

Un parámetro que varía ligeramente en función al periodo de retorno analizado es el porcentaje de impermeabilización, que está en un rango del 0 al 11%.

10.1.1.3 Modelo precipitación - escorrentía

En las microcuencas estudiadas se ha empleado el método SCS Curve Number para transformar la lluvia a escorrentía, que depende de las siguientes propiedades generadoras de escorrentía de la cuenca: 1) tipo hidrológico de suelo; 2) uso de la

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VÁSQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58959

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

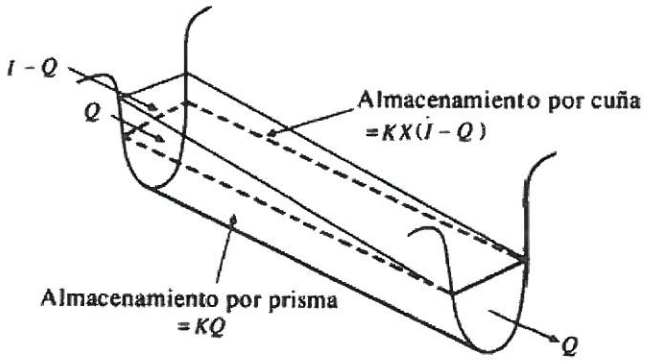
tierra y tratamiento; y 3) condición previa de humedad. El método fue desarrollado a partir de registros de lluvia y escorrentía en 24 horas. El detalle de la información obtenida se muestra en el Anexo 3.

10.1.1.4 Modelo de tránsito

El tránsito en cauces permite conocer el movimiento del flujo en el tramo del cauce de la subcuenca hasta la salida de la cuenca. Las opciones para el tránsito son: Muskingum, el Pulso Modificado, la Onda Cinemática y el método de Muskingum-Cunge. La selección de la técnica a emplearse se basa en el tiempo de flujo del cauce y el delta de tiempo empleado para la simulación. Si el tiempo de traslado del flujo en el cauce es menor al delta de tiempo analizado (Δt) el tránsito en el canal se desarrolla con el método de desfase puro (pure lag), en caso contrario el tránsito se desarrolla con el método Muskingum.

El modelo de la onda cinemática, estudia la escorrentía que se produce sobre superficies planas que aportan el flujo a colectores. Por esta razón el método es aplicable para el estudio de la escorrentía en zonas urbanizadas, siendo válida su aplicación en la modelización de la escorrentía en zonas planas o intercuencas.

Por lo mencionado, se ha optado por utilizar el método de Muskingum, que es una de las opciones del HEC-HMS para determinar la propagación del hidrograma en los diversos tramos evaluados del río Huaura. Este método modela el almacenamiento en un cauce de un río mediante la combinación de dos tipos de almacenamientos, tal como se muestra en la Figura siguiente.



Un almacenamiento prismático, formado por un volumen de sección transversal constante a lo largo del cauce prismático.

Un almacenamiento en cuña, formado por la diferencia entre los caudales de entrada y salida, o bien, por la pendiente de la lámina de agua en el tramo considerado.

Durante el avance de la avenida, el caudal de entrada es mayor que el de salida y se forma lo que se denomina cuña positiva, mientras que durante la recesión el caudal de entrada es menor al caudal de salida, formándose una cuña negativa.

El valor de K se considera igual al tiempo de tránsito de la onda de avenida a través del tramo. El volumen de almacenamiento por cuña es proporcional a la diferencia entre las entradas y las salidas: Donde X es un factor de ponderación, con valores comprendidos entre 0 y 0.5, en función de la forma de almacenamiento en cuña. Cuando X = 0, no existe cuña, no hay curva de remanso y el almacenamiento en el cauce será tipo embalse: S = KQ. En este caso se produciría la máxima atenuación

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

posible. Cuando X = 0.5, se dice que la cuña está completamente desarrollada y no existiría atenuación alguna del pico. En cauces naturales muy caudalosos y de baja pendiente, X suele ser próximo a 0 y será más cercano a 0,5 cuanta mayor sea la pendiente y menor sea el caudal del cauce. En ríos, en general poco caudalosos, se puede tomar como media un valor de 0.3 a 0.35. Los valores adoptados han sido de 0.30 para tramos con pendientes importantes y 0.20 para pendientes suaves a medias.

En los tramos del río, se ingresó el número de subtramos. Afecta la atenuación donde un subtramo proporciona más atenuación y un mayor número de subtramos disminuye la atenuación. Se puede obtener una estimación inicial de este parámetro dividiendo la longitud de alcance real por el producto de la celeridad de la onda y el paso del tiempo de simulación. Para cauces naturales que varían en dimensión de sección transversal, pendiente, longitud y almacenamiento, el número de subtramos se basó en estas características. El número de subtramos puede usarse para introducir atenuación numérica que puede usarse para representar mejor el movimiento de las ondas de inundación a través del sistema natural.

Para el modelo de tránsito se empleó Muskingum, los cuales requieren los parámetros K y X. El parámetro K es esencialmente el tiempo de viaje a través del alcance. Y el parámetro X es la ponderación entre la influencia de entrada y la influencia de salida, este valor va de 0 hasta 0.5. Este parámetro X, depende de la pendiente media del tramo, a mayor pendiente, mayor valor de X. Para este estudio se ha considerado 0.30 para la parte alta y media de la cuenca, dado que tiene pendientes mayores, y para la parte baja de la cuenca 0.20. La cantidad de subtramos afecta la atenuación, donde a más subtramos disminuye la atenuación y viceversa.

Cuadros 10-1: Parámetros de tránsito de Caudales

TRAMO	Parámetros de Muskingum		Número de Subtramos
	K	X	
R40	0.38	0.30	4
R110	0.52	0.30	6
R70	0.44	0.30	5
R30	0.61	0.30	7
Rsurasaca	0.80	0.30	3
Rpaton	0.50	0.30	2
R100	0.60	0.30	6
R130	0.30	0.20	3
R150	0.45	0.30	5
R300	0.68	0.30	7
R310	0.62	0.30	5
R230	0.35	0.20	3
TPicoy	0.50	0.30	2
R360	0.30	0.30	2
R320	0.35	0.30	4
R250	0.71	0.30	5
R190	0.90	0.30	10
R180	0.30	0.20	3
R270	0.30	0.30	3
R290	0.41	0.30	5
R380	0.72	0.30	8
R420	0.51	0.30	4

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

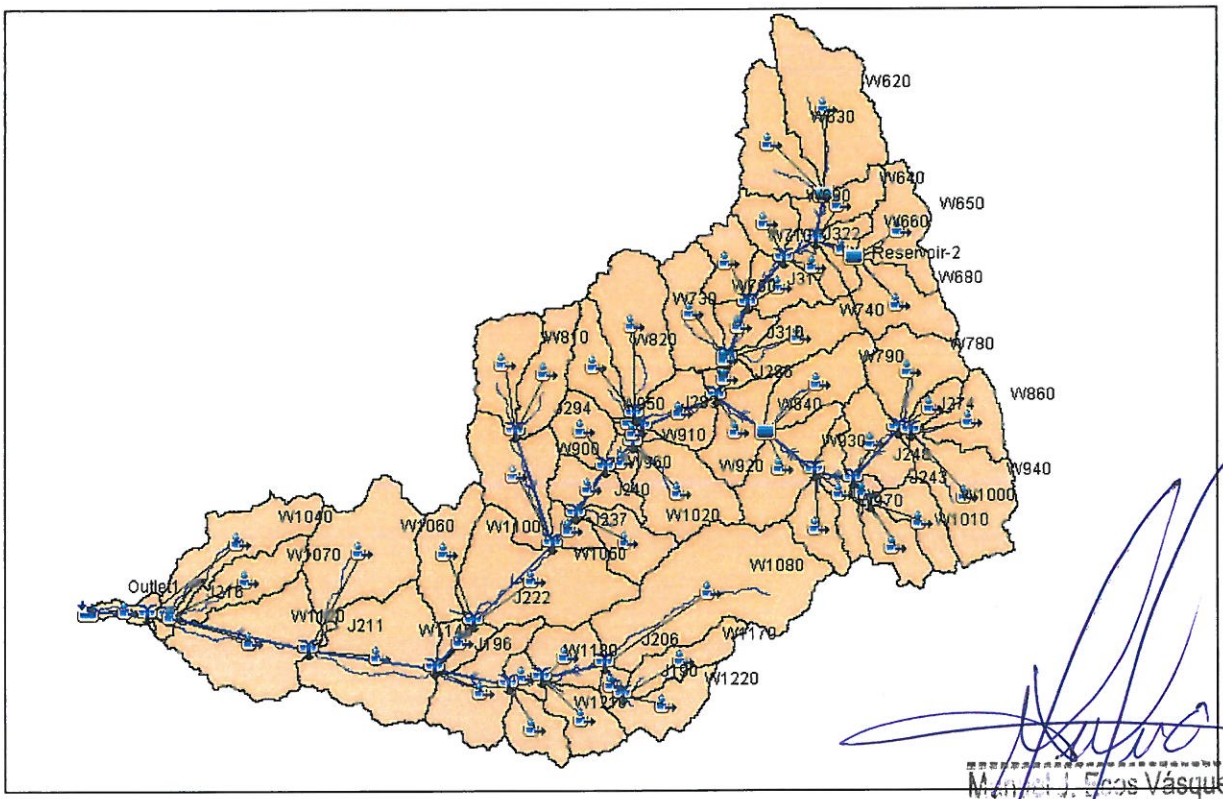
Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

TRAMO	Parámetros de Muskingum		Número de Subtramos
	K	X	
R410	0.90	0.20	8
R480	1.80	0.30	18
R520	0.88	0.30	9
R580	0.40	0.20	3
R540	0.61	0.20	5
R550	0.35	0.20	3
R560	0.89	0.20	6
R530	2.47	0.20	25
R500	2.81	0.20	29
R460	0.30	0.20	4
R430	1.20	0.20	12

Fuente: Elaboración Propia

Figura 101: Topología del área de drenaje en estudio



Fuente: Elaboración Propia

Manuel J. Ebos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

10.2 ELEMENTOS QUE COMPONEN EL MODELO HIDROLÓGICO

Al abrir el HMS se importa la información obtenida del GEO-HMS, obteniendo los elementos hidrológicos que ya están conectados en una red dendrítica para simular procesos de escurrimiento. Los elementos disponibles son: subbasin (61), Reach (30), Junction (27), sistemas de reservorios (03) y sumidero (01). Producto de computación elementos hacia aguas abajo en sentido descendente.

Los elementos se aprecian en los cuadros siguientes:

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISION
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 56959

RO VILLAFANI VIVAS
Mecánico de Fluidos
Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 102: Relación de elementos que componen el modelo hidrológico del río Huaura

Element Inventory [ZONA_C_PANAMERICANA]

Show Elements: All Elements

Element Name	Element Type	Description
J206	Junction	Generic junction
W1180	Subbasin	
W1220	Subbasin	
W1170	Subbasin	
W1210	Subbasin	
R560	Reach	
W1160	Subbasin	
J283	Junction	Generic junction
J286	Junction	Generic junction
J243	Junction	Generic junction
J240	Junction	Generic junction
W810	Subbasin	
J322	Junction	Generic junction
J248	Junction	Generic junction
W780	Subbasin	
W660	Subbasin	
R290	Reach	
W980	Subbasin	
W860	Subbasin	
W740	Subbasin	
W1020	Subbasin	
W620	Subbasin	
W940	Subbasin	
W1100	Subbasin	
W820	Subbasin	
R130	Reach	
R250	Reach	
R310	Reach	
J274	Junction	Generic junction
W920	Subbasin	
W800	Subbasin	
R70	Reach	
J310	Junction	Generic junction
J317	Junction	Generic junction
R30	Reach	
J237	Junction	Generic junction
W890	Subbasin	
W770	Subbasin	
W1050	Subbasin	
W650	Subbasin	
W970	Subbasin	
W850	Subbasin	
W1010	Subbasin	
W730	Subbasin	
W930	Subbasin	
R320	Reach	
R480	Reach	
R360	Reach	
W690	Subbasin	
J261	Junction	Generic junction
R420	Reach	
R300	Reach	
W910	Subbasin	
Reservoir-3	Reservoir	

Element Inventory [ZONA_C_PANAMERICANA]

Show Elements: All Elements

Element Name	Element Type	Description
R420	Reach	
R300	Reach	
W910	Subbasin	
Reservoir-3	Reservoir	
J222	Junction	Generic junction
Reservoir-2	Reservoir	
J267	Junction	Generic junction
Reservoir-1	Reservoir	
J305	Junction	Generic junction
R40	Reach	
R190	Reach	
W880	Subbasin	
W760	Subbasin	
W640	Subbasin	
W960	Subbasin	
W840	Subbasin	
W720	Subbasin	
W1000	Subbasin	
R110	Reach	
R230	Reach	
R150	Reach	
W680	Subbasin	
R270	Reach	
J294	Junction	Generic junction
J291	Junction	Generic junction
J330	Junction	Generic junction
J251	Junction	Generic junction
R410	Reach	
W700	Subbasin	
J258	Junction	Generic junction
W900	Subbasin	
W670	Subbasin	
W990	Subbasin	
R180	Reach	
W870	Subbasin	
W750	Subbasin	
W1030	Subbasin	
W630	Subbasin	
W950	Subbasin	
W830	Subbasin	
W710	Subbasin	
R100	Reach	
W790	Subbasin	
R380	Reach	
R520	Reach	
W1200	Subbasin	
J190	Junction	Generic junction
W1150	Subbasin	
R580	Reach	
J193	Junction	Generic junction
J199	Junction	Generic junction
J196	Junction	Generic junction
W1130	Subbasin	
W1080	Subbasin	
R550	Reach	
W1190	Subbasin	
R540	Reach	
R530	Reach	
W1060	Subbasin	
R500	Reach	
J211	Junction	Generic junction
J216	Junction	Generic junction
W1140	Subbasin	
W1120	Subbasin	
W1070	Subbasin	
R460	Reach	
W1040	Subbasin	
J219	Junction	Generic junction
W1110	Subbasin	
R430	Reach	
W1090	Subbasin	
Outlet1	Sink	Outlet1

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP Nº 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

10.3 PRESAS EXISTENTES EN EMBALSES Y/O LAGUNAS

Para los embalses de agua existentes, se tomó en cuenta la información desarrollada por la ANA en su portal GEOHIDRO, en lo concerniente al inventario de presas, específicamente en la cuenca del río Huaura. Se ingresó las características principales de la presa, los mismos que fueron agrupados en tres puntos; tomando sus características de almacenamiento, descarga de fondo, aliviadero y curva Elevación-Área.

En las subcuencas Quichas-Ushpa y Pampahuay; existen varias lagunas y embalses de regulación estacional ubicados en la parte alta de la cuenca y regulan un volumen de 30 MMC; construidos con fines de riego y/o generación eléctrica y/o poblacional y/o minero; entre los cuales podemos citar los siguientes:

Cuadro Nº 10-2: Lagunas reguladas en la subcuenca Quichas-Ushpa y Pampahuay

ESTE	NORTE	NOMBRE	AAA	ALA	RIOS	NOMBDEP	NOMBPROV	NOMBDIST	Microcuenca
311045	8832401	ANAMARAY/CHALUASARINAN	Cañete-Fortaleza	Huaura	Quichas / Quebrada Guengue	Lima	Oyón	Oyón	W620
309876	8836175	VETACOCHA	Cañete-Fortaleza	Huaura	Laguna Vetacocha	Lima	Oyón	Oyón	W620
304308	8836376	SURASACA	Cañete-Fortaleza	Huaura	Surasaca	Lima	Oyón	Oyón	W620
305366	8838974	LEÓN PUNUNAN	Cañete-Fortaleza	Huaura	Laguna Gayac	Lima	Oyón	Oyón / Pueblo Surasaca	W620
304484	8839174	YARUPAK	Cañete-Fortaleza	Huaura	Laguna Yarupak	Lima	Oyón	Oyón / Pueblo Surasaca	W620
302857	8842705	YURACOCHA (RAURA)	Cañete-Fortaleza	Huaura	Laguna Yuracocha	Lima	Oyón	Oyón	W620
311678	8825815	MANCACUTA	Cañete-Fortaleza	Huaura	Laguna Mancacuta	Lima	Oyón	Oyón	W640
312877	8820454	AGUA PATÓN	Cañete-Fortaleza	Huaura	Patón / Laguna Patón	Lima	Oyón	Oyón	W650
315288	8822309	AÑILCOCHA	Cañete-Fortaleza	Huaura	Patón / Laguna Añilcocha	Lima	Oyón	Oyón	W650
314907	8822780	UCHUCCHACUA (MESAPATA)	Cañete-Fortaleza	Huaura	No aplica	Lima	Oyón	Oyón	W650
315274	8822807	UCHUCCHACUA (RELAVERA N° 3)	Cañete-Fortaleza	Huaura	No Aplica	Lima	Oyón	Oyón	W650
315164	8828475	CABALLOCOCHA	Cañete-Fortaleza	Huaura	Laguna Caballococha	Lima	Daniel Alcides Carrión	Yanahuanca	W650
314718	8828727	CHACRA	Cañete-Fortaleza	Huaura	Laguna Chacra	Lima	Daniel Alcides Carrión	Yanahuanca	W650

Fuente: ANA

En la subcuenca Cochaquillo-Queruraccra, existe un embalse de regulación estacional, construido con fines de riego:

Cuadro Nº 10-3: Lagunas reguladas en la subcuenca Cochaquillo-Queruraccra

ESTE	NORTE	NOMBRE	AAA	ALA	RIOS	NOMBDEP	NOMBPROV	NOMBDIST	Microcuenca
317668	8805042	CORRALPATA/COCHAQUILLO	Cañete-Fortaleza	Huaura	Laguna Cochaquillo	Lima	Oyón	Oyón	W780

Fuente: ANA

En la subcuenca Checras existen un embalse de regulación estacional de uso hidroeléctrico, que regula un volumen de aproximadamente 2.47 MMC.

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg. Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrología
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CORTEGANA
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 56999

En la subcuenca Yarucaya existen dos pequeños embalses de regulación estacional, construidos con fines de riego.

Cuadro Nº 10-4: Lagunas reguladas en la subcuenca Yarucaya

ESTE	NORTE	NOMBRE	AAA	ALA	RIOS	NOMBDEP	NOMBPROV	NOMBDIST	Microcuenca
274046	8810444	CANCAYA	Cañete-Fortaleza	Huaura	Huaura	Lima	Oyón	Naván	W800
269971	8809670	SHIHUINCOCHA/SIGUINCOCHA	Cañete-Fortaleza	Huaura	Quebrada Shihuincocha	Lima	Oyón	Cochamarca	W810

Fuente: ANA

10.4 ESTIMACIÓN DEL NÚMERO DE CURVA, SEPARACIÓN DE LA LLUVIA NETA

10.4.1 METODOLOGÍA DE CÁLCULO

Se plantea una metodología para la determinación de la curva número usando datos de cobertura vegetal y suelo a diferentes escalas y un modelo digital de elevación (DEM) de resolución de 12 m x 12 m.

El número de curva ha sido obtenido para los diferentes usos de suelo a fin de estimar la relación precipitación – escorrentía a paso diario basado en mediciones de precipitación por satélite.

No obstante, la determinación practica del CN en Perú, se realiza en ocasiones de manera subjetiva, utilizando datos poco rigurosos, debido principalmente a la carencia de información real del área de estudio.

Por ello, en el presente trabajo se propone la aplicación de una metodología que apoyada en el uso de los Sistemas de Información Geográfica y técnicas de teledetección espacial permita el cálculo del CN en la cuenca del rio Huaura de manera automatizada y mediante el uso de datos actuales y de difusión libre a fin de replicarlo en otras cuencas del País.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

10.4.2 INFORMACIÓN UTILIZADA

- MAPAS TEMÁTICOS: Para el presente trabajo fueron utilizados los mapas de cobertura vegetal y suelos, los cuales se adquirieron en formato shapefile. Ver Cuadro Nº 10.5.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CORREAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58959

Cuadro Nº 10-5: Mapas temáticos utilizados para el cálculo del CN

Mapa temático	Fuente	Escala	Año
Cobertura Vegetal	Ministerio del Ambiente (MINAM)	1:100 000	2015
Suelos	Ministerio del Ambiente	1:2 000 000	2010

Fuente: MINAM y Ministerio del Ambiente

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

- INFORMACIÓN SATELITAL: Las imágenes satelitales que se utilizaron, corresponden a dos satélites, el Landsat 5 y el Alos Palsar.

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

La imagen Landsat 5 se utilizó para corregir y/o actualizar las coberturas de la cuenca Huaura y la imagen Alos Palsar, para obtener el Modelo de Elevación Digital.

Las imágenes Landsat 8, se descargó del Portal Globis del United State Geological Survey (USGS), siguiendo el siguiente enlace: https://glovis.usgs.gov/app.

Cuadro Nº 10-6: Características imagen satélite Landsat 8

ID	Satélite	Path	Row	Fecha	Resolución
1	Landsat 8	008	067	20 – 10 – 2010	30 m

Fuente: Portal Globis del United State Geological Survey

El criterio que fue utilizado para la selección y descarga fue el siguiente:

- ✓ Posee 8% de cobertura de nubes en la escena, lo que permite una mejor visibilidad del área de interés.
- ✓ Landsat 8, posee 11 bandas, lo que permite hacer una mejor discriminación de coberturas en la cuenca.

- SOFTWARE: Para el presente trabajo se integraron las herramientas del Arc GIS 10.3, en QGIS y el ENVI, permitiendo un análisis detallado del área de estudio.

Cuadro Nº 10-7: Relación de software utilizados para la determinación del número de curva

Software	Descripción
QGIS	Para visualización de imágenes satelitales de Google Satélite.
ArcGIS	Para realizar el algebra de mapas a fin de determinar la Curva Número mediante el uso del HEC Geo HMS.
ENVI	Para la calibración de las imágenes satelitales y la clasificación de las coberturas en la cuenca Huaura

Fuente: QGIS, ArcGIS y ENVI

Manuel J. Ecos Vasquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53959

10.4.3 PROCEDIMIENTO

- Modelo digital de elevación a partir de Imagen ALOS PALSAR en QGIS.
- Generación de coberturas a partir clasificación supervisada de la Imagen LANDSAT en ENVI.
- Automatización de cartográfica obtenida y generada para la cuenca Huaura en ArcGIS.
- Integración de Capas temáticas según el modelo de Curva Numero.
- Asignación de valores a las capas temáticas, según el modelo de Curva Numero para el tipo hidrológico de suelo, y de cobertura vegetal, ambas para Humedad Antecedente Promedio.

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

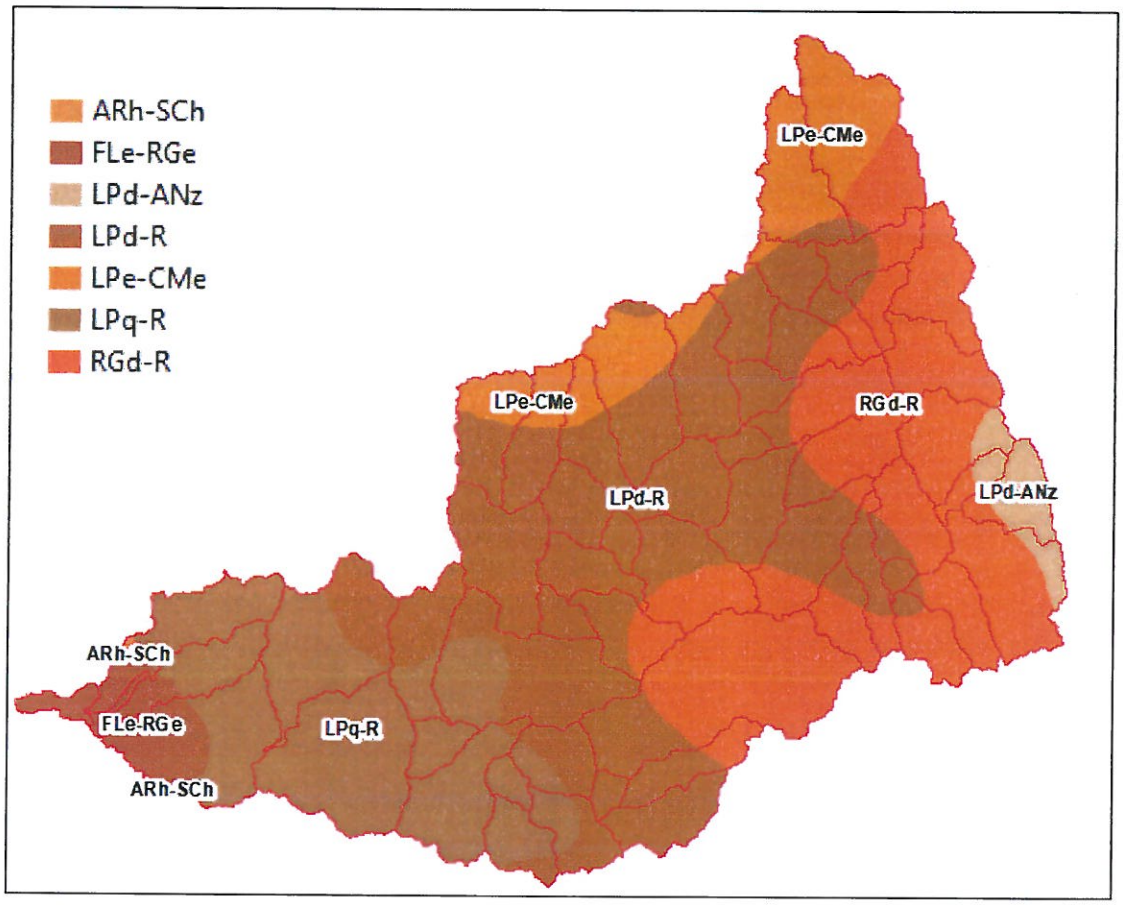
Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

10.4.4 GENERACIÓN DE CAPAS TEMÁTICAS

Los tipos de suelos para la cuenca Huaura, se obtuvieron de (MINAM, 2010) a fin de poder clasificarlos según el tipo hidrológico de suelo que requiere el modelo para determinar las Curvas Numero de la cuenca.

Figura 103: Delimitación del tipo de suelos en la cuenca del río Huaura



Fuente: Elaboración propia, tomando como base el tipo de suelos del MINAM

Finalmente se determinan las áreas y porcentajes clasificadas por tipo de suelos en el ámbito de la cuenca del río Huaura, los resultados se aprecian en el Cuadro 10.8.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcial Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

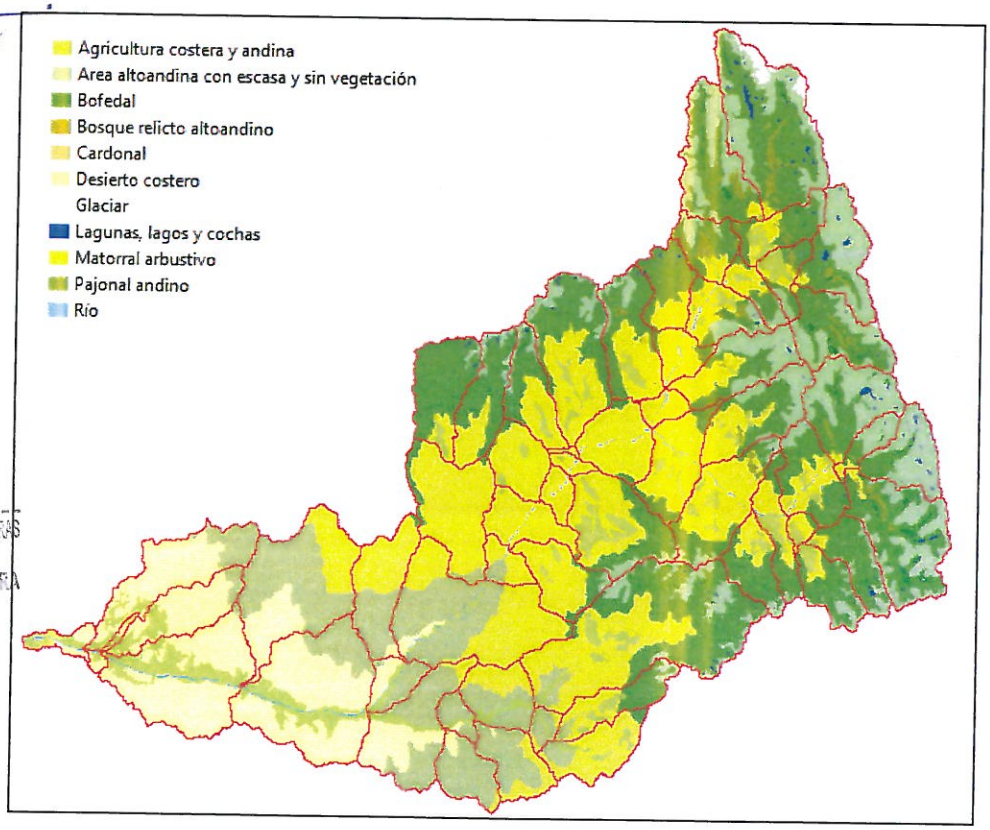
Cuadro Nº 10-8: Áreas según tipo de suelos en la cuenca del río Huaura

ID	Tipo de Suelo	Símbolo	Área (km^2)	(%)
1	Leptosol lítico - Afloramiento lítico	Pq-R	845.7	19.8%
2	Leptosol dístrico - Afloramiento lítico	Pd-R	1641.8	38.4%
3	Leptosol éutrico - Cambisol éutrico	LPe-CMe	373.7	8.7%
4	Regosol dístrico - Afloramiento lítico	RGd-R	1179.8	27.6%
5	Leptosol dístrico - Andosol vítrico	LPd-ANz	94.7	2.2%
6	Arenosol háplico - Solonchak háplico	ARh-SCh	5.3	0.1%
7	Fluvisol éutrico - Regosol éutrico	FLe-RGe	133.5	3.1%
8	Arenosol háplico - Solonchak háplico	ARh-SCh	3.5	0.1%
TOTAL			4277.9	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Se realizó la reclasificación de las coberturas, en base a la información obtenida del MINAM año 2015 y el procesamiento de las imágenes satelitales que permita definir las zonas urbanas, de cobertura vegetal, glaciares y lagunas con mayor aproximación para la cuenca Huaura.

Figura 104: Delimitación de la cobertura vegetal en la cuenca del río Huaura



Fuente: Elaboración propia, tomando como base la cobertura vegetal del MINAM año 2015

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP Nº 53999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

10.4.5 CLASIFICAR LOS TIPOS DE SUELO DE LA CUENCA HUAURA SEGÚN EL TIPO HIDROLÓGICO REQUERIDO POR EL MODELO DE CURVA NÚMERO.

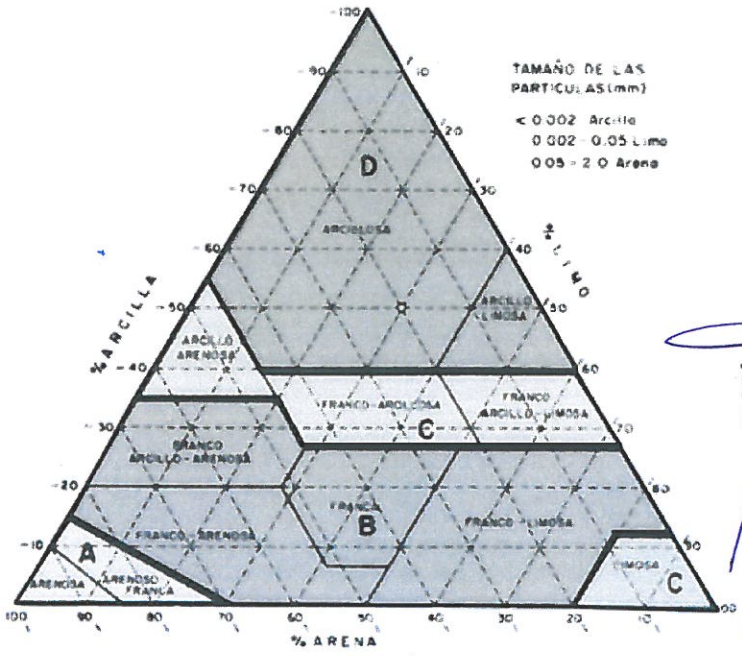
Con respecto al grupo de suelo, el método establece una clasificación del suelo en función de su mayor o menor capacidad de infiltración o permeabilidad, y por lo tanto de su potencial de generación de escorrentía. Se establece una clasificación de los suelos en 4 diferentes grupos:

Cuadro Nº 10-9: Clasificación según grupo hidrológico del suelo

Grupo hidrológico del suelo	Infiltración cuando están muy húmedos	Características	Textura
A	Rápida	Alta capacidad de Infiltración > 76 mm/h	Arenosa Arenosa-limosa
B	Moderada	Capacidad de infiltración 76-38 mm/h	Franca Franco-arcillosa-arenosa Franco-limosa
C	Lenta	Capacidad de infiltración 36-13 mm/h	Franco-arcillosa Franco-arcillo-limosa Arcillo-arenosa
D	Muy Lenta	Capacidad de infiltración<13 mm/h	Arcillosa

Fuente: (SCS, 1964 en Bradbury et al., 2000).

Luego de obtener los tipos de suelo para la cuenca, se optó por usar el triángulo textural a fin de determinar los grupos hidrológicos característicos de la cuenca Huaura.



Fuente: Villarroya P. J., Farias, D., Amarilla, M., 2013

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP Nº 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Se realizó la clasificación por tipo hidrológico de suelo, siguiendo el triángulo textural, según las características de los suelos de la cuenca Huaura.

Cuadro Nº 10-10: Clasificación del suelo según tipo hidrológico

ID	Símbolo	Grupo Hidrológico de Suelo
1	LPq-R	B
2	LPd-R	B
3	LPe-CMe	C
4	RGd-R	B
5	LPd-ANz	B
6	ARh-SCh	A
7	FLe-RGe	B
8	ARh-SCh	A

Fuente: Elaboración Propia

El método de CN, requiere de una tabla de valores a partir del cual fueron estimados los valores para las distintas áreas de la cuenca Huaura. Los valores utilizados se presentan en los cuadros siguientes.

10.4.6 CURVA NÚMERO PARA DISTINTAS CONDICIONES DE USO Y TIPO DE SUELO

Se ha tomado referencias bibliográficas para valores del número de curva según clasificación por coberturas y grupo hidrológico del suelo.

Cuadro Nº 10-11: Clasificación del Número de Curva, según Y. Hong

Clasificación de coberturas IGBP		CN para diferentes HSG (ABCD)				Condición Hidrológica (Baja/Intermedia /Alta)
ID	Contenido	A	B	C	D	
0	Water Bodies	NA	NA	NA	NA	NA
1	Evergreen needles	34	60	73	79	Fair
2	Evergreen broadleaf	30	58	71	77	Fair
3	Deciduous needle leaf	40	64	77	83	Fair
4	Deciduous broadleaf	42	66	79	85	Fair
5	Mixed Forest	38	62	75	81	Fair
6	Closed shrublands	45	65	75	80	Fair
7	Open shrublands	49	69	79	84	Fair
8	Woody savanas	61	71	81	89	Fair
9	Savannas	72	80	87	93	Fair
10	Grasslands	49	69	79	84	Fair
11	Permanent Wetlands	30	58	71	78	Fair
12	Croplands	67	78	85	89	Fair
13	Urban and built-up	80	85	90	95	Fair
14	Cropland/ natural vegetation mosaic	52	69	79	84	Fair
15	Permanent snow and ice	NA	NA	NA	NA	NA
16	Barren or sparsely vegetated	72	82	83	87	Fair
17	Missing data	NA	NA	NA	NA	NA

Modificado de Y.Hong (2008)

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64951

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro Nº 10-12: Clasificación del Número de Curva, según ANA

DESCRIPCION DEL USO DE LA TIERRA	GRUPO HIDROLOGICO			
	A	B	C	D
Cuerpos de agua	100	100	100	100
Nevados	98	98	98	98
Centros poblados	77	85	90	92
Cultivos/Áreas intervenidas	62	71	78	81
Matorral arbustivo abierto	45	66	77	83
Pradera en zona de clima frio	68	79	86	89
Sabana de árboles leñosos	45	66	77	83
Sabana hidromorfica	25	55	70	77
Selva lluviosa tropical	25	55	70	77
Selva lluviosa tropical con bambúes	25	55	70	77
Selva temporal de hojas anchas	25	55	70	77
Selva hidrofitica	39	61	74	80
Desierto en zona de clima árido	72	81	88	91

Fuente: ANA-Perú 2015.

10.4.7 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE CURVA EN LA CUENCA DEL RÍO HUAURA

A continuación, se muestran los resultados de los números de curva de cada subcuenca obtenidos en base al procedimiento descrito anteriormente.

Primero se asignó un valor del número de curva en base a las coberturas vegetales de la cuenca y el grupo hidrológico que le corresponde según clasificación de los suelos, el resumen se muestra en el Cuadro siguiente.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro Nº 10-13: Curva de Número para las coberturas de la cuenca Huaura

Descripción	A	B	C	D
Río	100	100	100	100
Lagunas, lagos y cochas	100	100	100	100
Glaciar	98	98	98	98
Matorral arbustivo	45	66	77	83
Desierto costero	72	81	88	91
Bosque relicto altoandino	45	66	77	83
Agricultura costera y andina	62	71	78	81
Cardonal	45	66	77	83
Pajonal andino	68	79	86	89
Bofedal	25	55	70	77
Área altoandina con escasa y sin vegetación	68	79	86	89

Fuente: Elaboración Propia

En el HEC-GeoHMS, extensión (US ARMY) de ArcGIS 10.3 se ingresan las capas trabajadas, se realiza el algebra de mapas, haciendo los cálculos respectivos, teniendo como resultado, el shapefile de curva número, los resultados se muestran en la Figura 105 y Cuadro 10.14.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

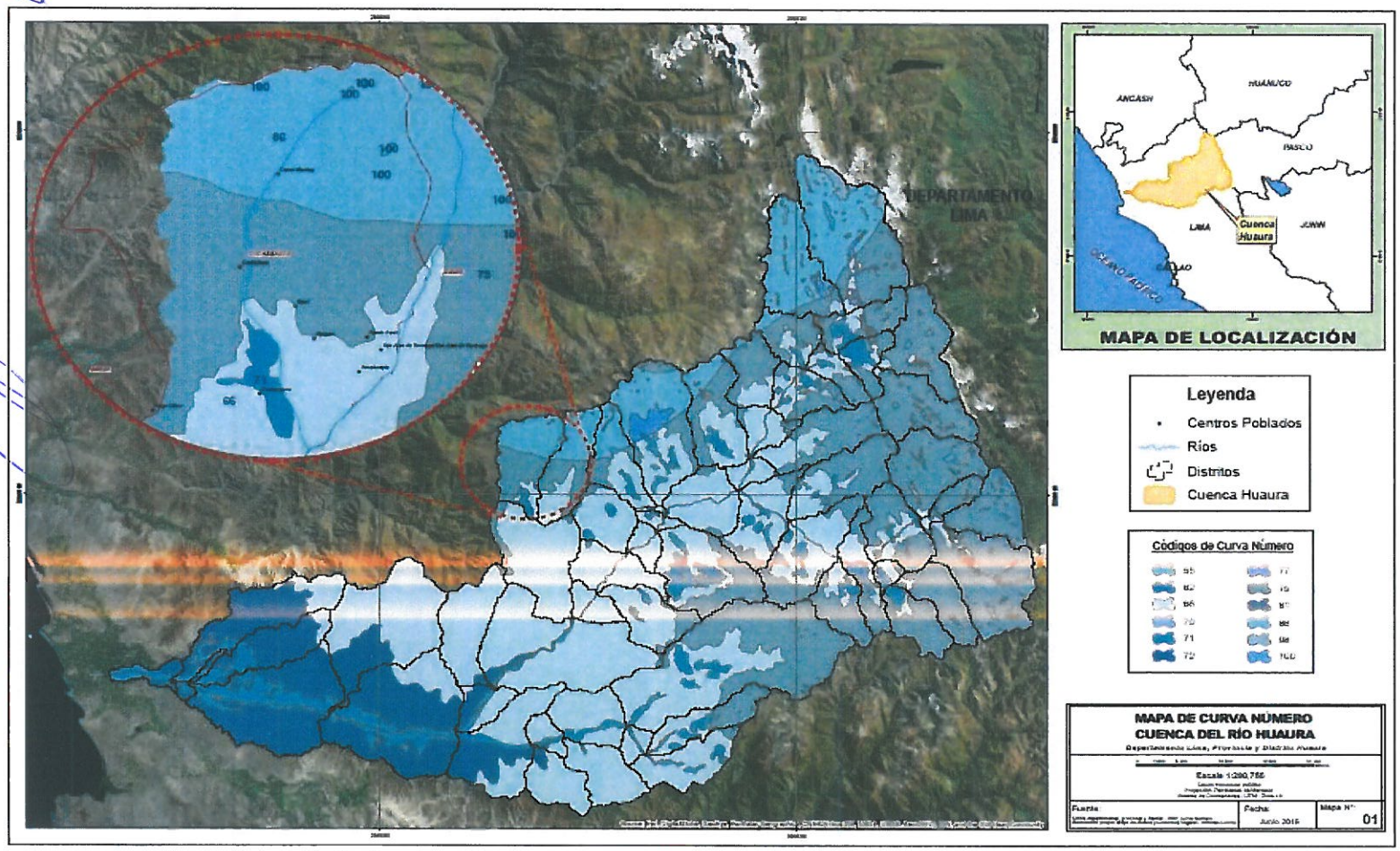
ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZ
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 105: Mapa de Curva de Número para la cuenca del río Huaura



Fuente: Elaboración Propia

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

ING. CARLOS RUBICENTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISION
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 56959

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro Nº 10-14: Resultados de los Números de Curva en la cuenca del río Huaura

ID	Microcuenca	Curva Número (CN) A	Área Parcial B	A x B	CN Ponderada
1.00	W620	66.00	7.60	499.10	83.80
		70.00	1.40	95.50	
		77.00	2.30	179.70	
		79.00	55.30	4,372.00	
		86.00	94.20	8,101.00	
		98.00	11.20	1,092.70	
		100.00	3.80	382.50	
2.00	W630	66.00	2.80	183.00	83.80
		70.00	3.90	275.10	
		71.00	0.30	19.70	
		77.00	3.50	269.10	
		79.00	10.30	812.30	
		86.00	78.10	6,712.60	
		98.00	0.60	54.50	
		100.00	0.10	7.70	
3.00	W640	55.00	0.60	31.60	74.80
		66.00	10.60	696.40	
		71.00	6.40	452.70	
		79.00	30.10	2,375.90	
		98.00	0.00	0.20	
		100.00	0.10	6.30	
4.00	W650	55.00	0.50	26.40	78.60
		66.00	3.90	254.50	
		71.00	0.00	0.60	
		79.00	72.60	5,731.70	
		98.00	0.20	17.70	
		100.00	1.50	146.30	
5.00	W660	66.00	5.90	391.30	74.20
		71.00	9.20	655.50	
		79.00	16.30	1,284.50	
6.00	W670	66.00	12.70	836.20	72.80
		71.00	1.40	100.00	
		79.00	13.60	1,075.70	
		100.00	0.20	15.20	
7.00	W680	55.00	2.10	115.70	77.90
		66.00	3.50	231.00	
		71.00	0.00	0.20	
		79.00	72.50	5,726.40	
		98.00	0.30	29.40	

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

ID	Microcuenca	Curva Número (CN) A	Área Parcial B	A x B	CN Ponderada
		100.00	0.20	23.90	
8.00	W690	66.00	11.10	732.00	76.20
		71.00	1.70	123.00	
		79.00	24.80	1,962.20	
		86.00	5.30	456.20	
		100.00	0.00	0.01	
9.00	W700	66.00	22.90	1,508.50	72.60
		71.00	4.90	350.80	
		79.00	20.70	1,634.30	
		100.00	0.90	92.70	
10.00	W710	66.00	13.60	899.20	76.10
		79.00	31.60	2,495.20	
		86.00	3.80	328.90	
		100.00	0.30	28.10	
11.00	W720	66.00	25.20	1,663.90	68.60
		71.00	0.10	5.90	
		79.00	4.70	373.10	
		100.00	0.60	55.40	
12.00	W730	66.00	38.60	2,545.00	77.30
		71.00	8.10	577.80	
		77.00	13.80	1,059.40	
		79.00	20.10	1,591.50	
		86.00	51.70	4,449.00	
		100.00	0.40	43.40	
13.00	W740	66.00	21.90	1,448.00	75.30
		71.00	0.60	42.50	
		79.00	54.00	4,264.20	
		100.00	0.40	37.70	
14.00	W750	66.00	32.10	2,117.60	74.70
		71.00	5.70	403.30	
		77.00	0.20	15.90	
		79.00	32.30	2,553.10	
		86.00	14.30	1,229.10	
		100.00	0.13	12.60	
15.00	W760	66.00	0.01	0.40	82.70
		71.00	0.03	2.10	
		100.00	0.03	2.60	
16.00	W770	66.00	16.20	1,066.10	67.00
		71.00	0.60	41.80	
		79.00	0.20	16.70	

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64051

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

ID	Microcuenca	Curva Número (CN) A	Área Parcial B	A x B	CN Ponderada
		100.00	0.30	32.50	
17.00	W780	55.00	1.90	103.70	78.50
		66.00	3.00	198.50	
		71.00	0.10	3.70	
		79.00	80.70	6,374.30	
		98.00	0.20	21.40	
		100.00	1.70	166.40	
18.00	W790	66.00	27.10	1,787.50	74.50
		71.00	3.20	227.30	
		79.00	52.90	4,183.00	
		100.00	0.10	10.20	
19.00	W800	66.00	19.10	1,257.60	78.40
		79.00	23.60	1,864.20	
		86.00	28.60	2,456.80	
		100.00	0.30	29.20	
20.00	W810	66.00	8.00	531.30	80.60
		71.00	3.30	236.00	
		79.00	29.90	2,359.10	
		86.00	35.80	3,076.80	
		100.00	0.30	30.20	
21.00	W820	66.00	1,777.50	117,316.80	73.00
		70.00	5.90	414.40	
		71.00	287.60	20,422.00	
		77.00	20.70	1,591.60	
		79.00	1,330.40	105,100.50	
		86.00	332.00	28,552.40	
		100.00	25.20	2,524.90	
22.00	W830	66.00	59.50	3,929.20	67.10
		71.00	0.10	9.40	
		79.00	3.80	301.50	
		100.00	0.60	61.00	
23.00	W840	66.00	51.40	3,393.00	69.20
		71.00	6.60	469.70	
		79.00	14.20	1,125.70	
		100.00	0.50	48.10	
24.00	W850	66.00	1.80	120.30	67.00
		71.00	0.50	33.30	
25.00	W860	55.00	0.30	17.10	79.40
		66.00	0.10	4.90	
		79.00	57.00	4,506.00	

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

ID	Microcuenca	Curva Número (CN) A	Área Parcial B	A x B	CN Ponderada
		98.00	0.10	9.80	
		100.00	1.40	142.50	
26.00	W870	66.00	8.20	539.30	67.10
		71.00	1.00	69.50	
		100.00	0.20	16.50	
27.00	W880	66.00	20.30	1,338.60	74.80
		71.00	4.70	330.30	
		79.00	43.30	3,424.50	
		100.00	0.70	65.60	
28.00	W890	55.00	0.30	17.90	77.20
		66.00	2.90	188.70	
		79.00	19.60	1,548.50	
		98.00	0.10	6.80	
		100.00	0.10	11.00	
29.00	W900	66.00	103.10	6,802.90	67.10
		71.00	0.10	9.10	
		79.00	10.00	786.40	
		100.00	0.00	0.10	
30.00	W910	66.00	18.40	1,217.60	66.50
		100.00	0.30	27.10	
31.00	W920	66.00	45.70	3,017.10	71.90
		71.00	21.70	1,543.40	
		79.00	40.20	3,173.20	
32.00	W930	66.00	55.90	3,689.60	70.80
		71.00	8.20	578.70	
		79.00	30.20	2,387.60	
		100.00	0.50	54.70	
33.00	W940	55.00	4.60	255.20	77.60
		66.00	7.20	477.20	
		79.00	112.80	8,910.00	
		98.00	0.20	20.40	
		100.00	1.00	100.30	
34.00	W950	66.00	44.00	2,901.50	67.20
		71.00	3.00	210.90	
		79.00	3.50	280.00	
		100.00	0.00	0.20	
35.00	W960	66.00	49.20	3,249.80	66.40
		71.00	0.60	40.90	
		79.00	0.40	29.50	
		100.00	0.40	39.50	

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58990

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°3002

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcial Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

ID	Microcuenca	Curva Número (CN) A	Área Parcial B	A x B	CN Ponderada
36.00	W970	66.00	12.40	818.70	75.10
		71.00	3.40	241.40	
		79.00	32.60	2,579.30	
		100.00	0.00	3.80	
37.00	W980	66.00	16.30	1,073.70	73.20
		71.00	7.40	525.40	
		79.00	21.80	1,720.00	
		100.00	0.30	34.50	
38.00	W990	66.00	5.80	382.90	69.70
		71.00	3.30	233.80	
		79.00	1.80	144.80	
		100.00	0.00	0.10	
39.00	W1000	55.00	0.30	16.90	78.40
		66.00	2.10	137.80	
		71.00	1.00	67.70	
		79.00	47.70	3,771.40	
		100.00	0.50	51.20	
40.00	W1010	66.00	3.80	248.40	77.10
		71.00	5.20	370.50	
		79.00	38.90	3,072.50	
41.00	W1020	66.00	46.20	3,051.10	68.60
		71.00	2.60	181.60	
		79.00	11.20	886.30	
42.00	W1030	66.00	23.70	1,565.30	66.50
		71.00	0.10	7.90	
		100.00	0.30	31.10	
43.00	W1040	62.00	0.70	41.10	76.00
		66.00	24.70	1,628.50	
		71.00	10.50	745.60	
		72.00	4.70	337.40	
		81.00	64.90	5,259.30	
		100.00	0.00	1.00	
44.00	W1050	66.00	181.30	11,965.40	66.80
		71.00	4.90	348.60	
		79.00	1.20	92.40	
		81.00	5.50	443.20	
		100.00	1.00	100.60	
45.00	W1060	66.00	128.20	8,458.20	69.40
		71.00	0.50	35.90	
		81.00	37.30	3,024.90	

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

ID	Microcuenca	Curva Número (CN) A	Área Parcial B	A x B	CN Ponderada
46.00	W1070	66.00	7.50	491.90	77.40
		71.00	14.30	1,016.00	
		81.00	49.20	3,981.50	
47.00	W1080	66.00	1,777.50	117,316.80	71.70
		71.00	287.60	20,422.00	
		79.00	1,330.40	105,100.50	
		100.00	25.20	2,524.90	
48.00	W1090	71.00	10.20	726.50	76.60
		81.00	7.80	634.10	
		100.00	0.90	94.50	
49.00	W1100	66.00	75.90	5,006.60	66.60
		71.00	0.20	13.50	
		79.00	1.00	77.50	
		81.00	2.20	174.50	
50.00	W1110	71.00	4.60	326.60	76.50
		81.00	4.00	324.50	
		100.00	0.30	32.10	
51.00	W1120	66.00	1.50	98.30	78.40
		71.00	41.20	2,923.60	
		72.00	3.50	253.30	
		81.00	117.40	9,506.60	
		100.00	2.00	200.10	
52.00	W1130	66.00	15.40	1,013.70	72.10
		71.00	4.90	345.10	
		81.00	9.50	771.50	
		100.00	0.50	47.70	
53.00	W1140	66.00	31.60	2,088.40	77.10
		71.00	32.20	2,286.50	
		81.00	129.70	10,505.20	
		100.00	1.50	151.90	
54.00	W1150	66.00	51.60	3,405.20	66.50
		71.00	5.80	414.80	
		81.00	0.00	0.20	
55.00	W1160	66.00	12.70	841.10	66.50
		71.00	1.30	94.00	
56.00	W1170	66.00	21.00	1,385.20	72.70
		71.00	7.80	554.90	
		79.00	23.40	1,851.50	
		100.00	0.10	13.40	
57.00	W1180	66.00	15.20	1,001.90	67.30

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISIÓN HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Benieza. Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

ID	Microcuenca	Curva Número (CN) A	Área Parcial B	A x B	CN Ponderada
		71.00	2.10	147.30	
		81.00	0.90	72.00	
		66.00	54.90	3,625.50	
58.00	W1190	71.00	0.00	0.30	66.10
		81.00	0.40	32.30	
		66.00	60.20	3,970.60	
59.00	W1200	71.00	7.10	507.60	71.40
		81.00	34.10	2,760.80	
		100.00	0.01	0.70	
		66.00	42.80	2,825.80	
60.00	W1210	71.00	0.30	24.10	67.10
		81.00	3.40	274.20	
		66.00	51.90	3,428.20	
61.00	W1220	71.00	5.80	413.90	67.20
		79.00	3.10	248.60	
		100.00	0.02	1.60	

Fuente: Elaboración Propia

10.5 ESTIMACIÓN DE ESCORRENTÍA DIRECTA

Por temas comparativos, la estimación de la escorrentía directa se realizó con el método del Hidrograma Unitario Sintético del SCS. Luego se determinó con que método obtener los caudales de diseño. A continuación, se presentan dichas metodologías en función a la información que requiere el HEC-HMS.

Hidrograma Unitario Sintético del SCS

Para aplicar dicha metodología en el HEC-HMS, fue necesario estimar el tiempo de retardo para cada microcuenca. Para ello, se sabe que dicho tiempo es un porcentaje del tiempo de concentración, el cual fue estimado con la ecuación de retardo del SCS. En el Cuadro 9.6 muestra el tiempo de retardo estimado para cada elemento hidrológico (subcuenca).

Se obtienen los tiempos de concentración, coeficiente de almacenamiento y lag time de cada microcuenca del modelo hidrológico.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISION HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

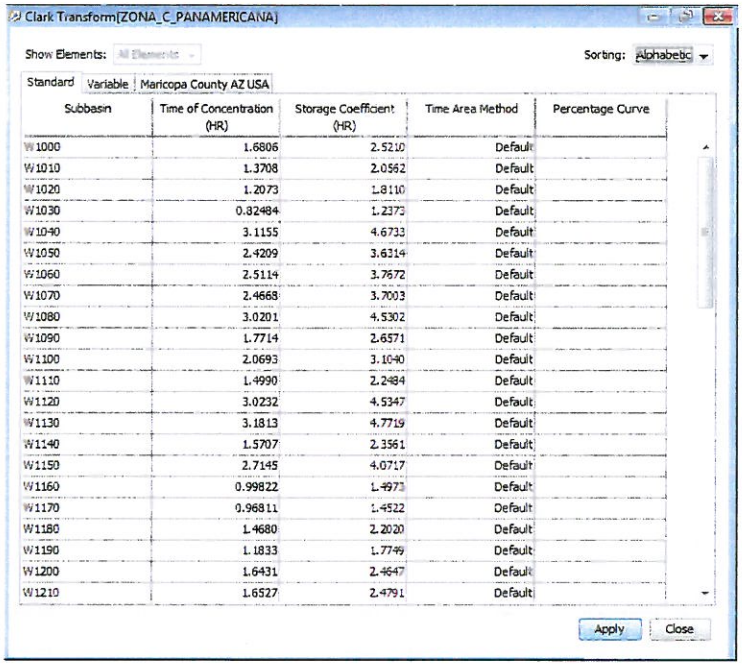
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 10-15: Tiempo de concentración y coeficiente de almacenamiento de microcuencas



Clark Transform[ZONA_C_PANAMERICANA]

Show Elements: All Elements Sorting: Alphabetic

Standard | Variable | Maricopa County AZ USA

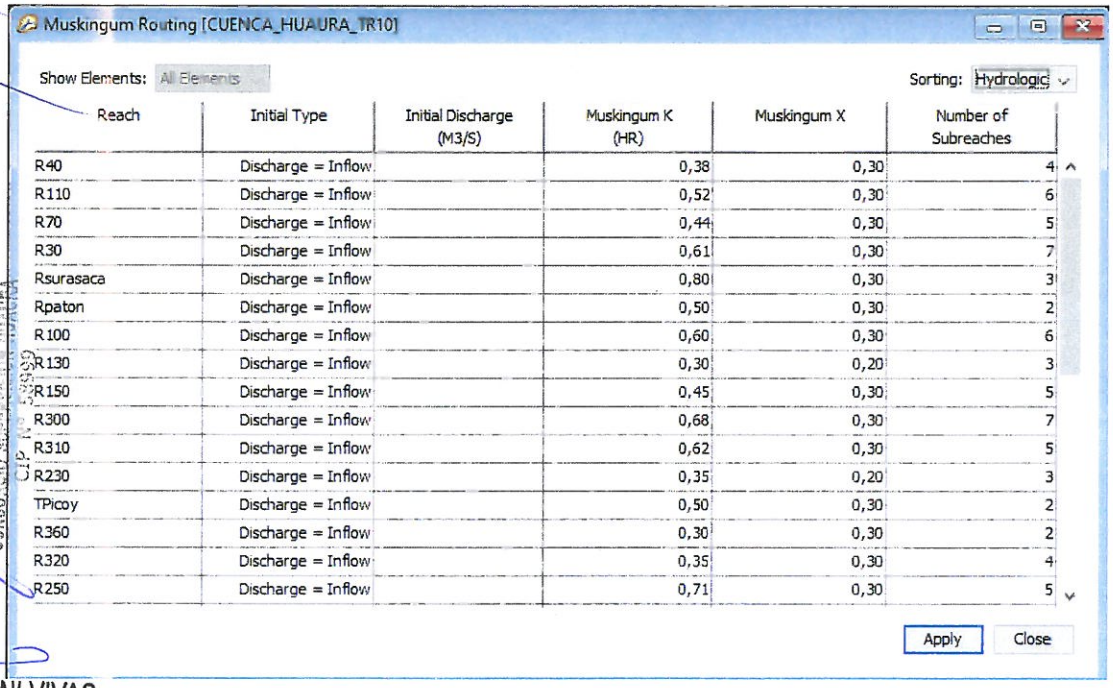
Subbasin	Time of Concentration (HR)	Storage Coefficient (HR)	Time Area Method	Percentage Curve
W1000	1.6806	2.5210	Default	
W1010	1.3708	2.0562	Default	
W1020	1.2073	1.8110	Default	
W1030	0.82484	1.2373	Default	
W1040	3.1155	4.6733	Default	
W1050	2.4209	3.6314	Default	
W1060	2.5114	3.7672	Default	
W1070	2.4668	3.7003	Default	
W1080	3.0201	4.5302	Default	
W1090	1.7714	2.6571	Default	
W1100	2.0693	3.1040	Default	
W1110	1.4990	2.2484	Default	
W1120	3.0232	4.5347	Default	
W1130	3.1813	4.7719	Default	
W1140	1.5707	2.3561	Default	
W1150	2.7145	4.0717	Default	
W1160	0.99822	1.4973	Default	
W1170	0.96811	1.4522	Default	
W1180	1.4680	2.2020	Default	
W1190	1.1833	1.7749	Default	
W1200	1.6431	2.4647	Default	
W1210	1.6527	2.4791	Default	

Apply Close

10.6 TRÁNSITO DE LA CORRIENTE

Para el tránsito de la corriente se ha utilizado el método de Muskingum. La selección de la técnica a emplearse se basa en el tiempo de flujo del cauce y el delta de tiempo empleado para la simulación.

Cuadro 10-16: Inputs del método de la onda cinemática



Muskingum Routing [CUENCA_HUAURA_TR10]

Show Elements: All Elements Sorting: Hydrologic

Reach	Initial Type	Initial Discharge (M3/S)	Muskingum K (HR)	Muskingum X	Number of Subreaches
R40	Discharge = Inflow		0,38	0,30	4
R110	Discharge = Inflow		0,52	0,30	6
R70	Discharge = Inflow		0,44	0,30	5
R30	Discharge = Inflow		0,61	0,30	7
Rsurasaca	Discharge = Inflow		0,80	0,30	3
Rpaton	Discharge = Inflow		0,50	0,30	2
R100	Discharge = Inflow		0,60	0,30	6
R130	Discharge = Inflow		0,30	0,20	3
R150	Discharge = Inflow		0,45	0,30	5
R300	Discharge = Inflow		0,68	0,30	7
R310	Discharge = Inflow		0,62	0,30	5
R230	Discharge = Inflow		0,35	0,20	3
TPicoy	Discharge = Inflow		0,50	0,30	2
R360	Discharge = Inflow		0,30	0,30	2
R320	Discharge = Inflow		0,35	0,30	4
R250	Discharge = Inflow		0,71	0,30	5

Apply Close

Fuente: Elaboración Propia

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VÁSQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISIÓN HUAURA
CIP N° 53990

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

10.7 DATOS DE PRECIPITACIÓN

Antes de crear el Modelo Meteorológico, se debe introducir los datos pluviométricos, para el presente estudio se ha introducido los datos pluviométricos diarios generados en cada microcuenca en base a sus pesos areales que son influenciadas por las estaciones mencionadas en el Cuadro N° 5.44.

Previamente se realizó el tratamiento, análisis y uniformización de la información concerniente a las precipitaciones históricas de las estaciones mencionadas en el Cuadro N° 5.44 y en función a sus pesos (método de Thiessen) se determinaron las precipitaciones areales para cada microcuenca (61). El método hietograma ha sido determinado para los casos siguientes:

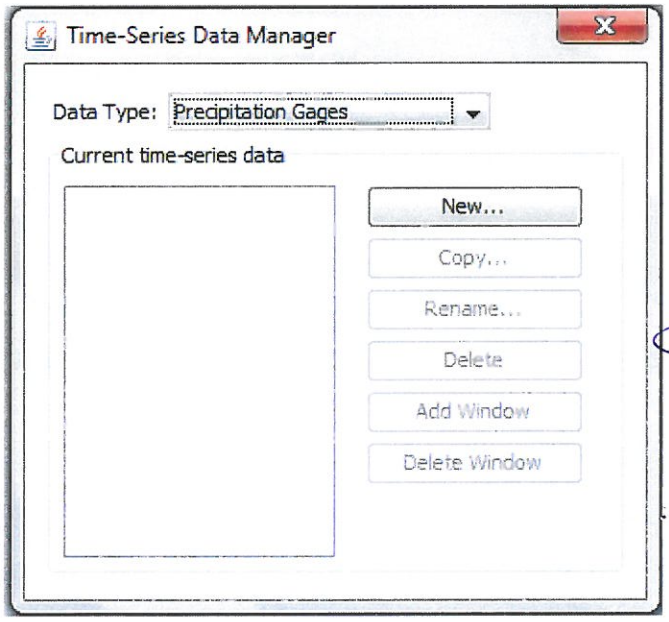
- Para el caso del tránsito de avenidas, se construyeron los respectiva hietogramas en función a las precipitaciones máximas diarias para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 y 1000 años; se representó la máxima avenida entre 01-01-19 al 02-01-19.

La codificación y los tiempos simulados para la opción Times-Series Data de la Precipitación del HMS, se muestra en el Cuadro siguiente.

En el Anexo 6.2, se muestra los resultados de los hietogramas con periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 y 1000 años en cada microcuenca analizada.

10.7.1 CREAR UN ELEMENTO DEL PLUVIÓGRAFO

Para ello ejecutar la orden: ***Components / Time Series Data Manager***, se abre la ventana que se muestra:



Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

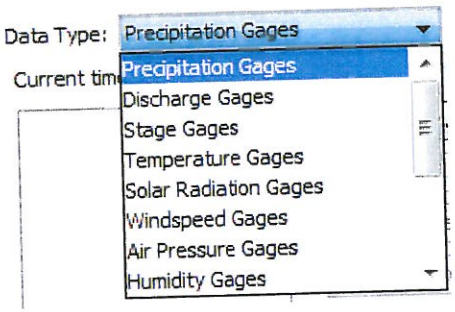
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

En esta ventana, en ***Data Type*** se puede elegir para ingresar datos de precipitación, caudales, almacenamientos, temperaturas, radiación solar y coeficiente de cultivos, como se muestra en la figura:

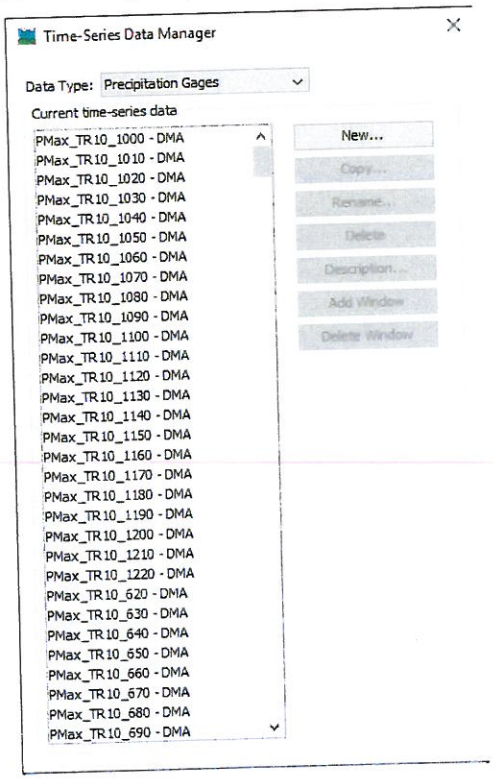


Para este caso, como se van a ingresar datos de precipitación se deja la opción por defecto, es decir, ***Precipitación Gages***.

Al hacer clic en el botón

de la ventana Time-Series Data Manager, se abre la ventana Create A New Precipitación Gages, en esta ventana, se ingresó las precipitaciones que han sido analizadas para los casos de interés, como: el promedio del registro histórico, y la construcción de hietogramas de las precipitaciones máximas para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 y 1000 años.

Se verá como se muestra en la figura, para el periodo de retorno de 10 años:



Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

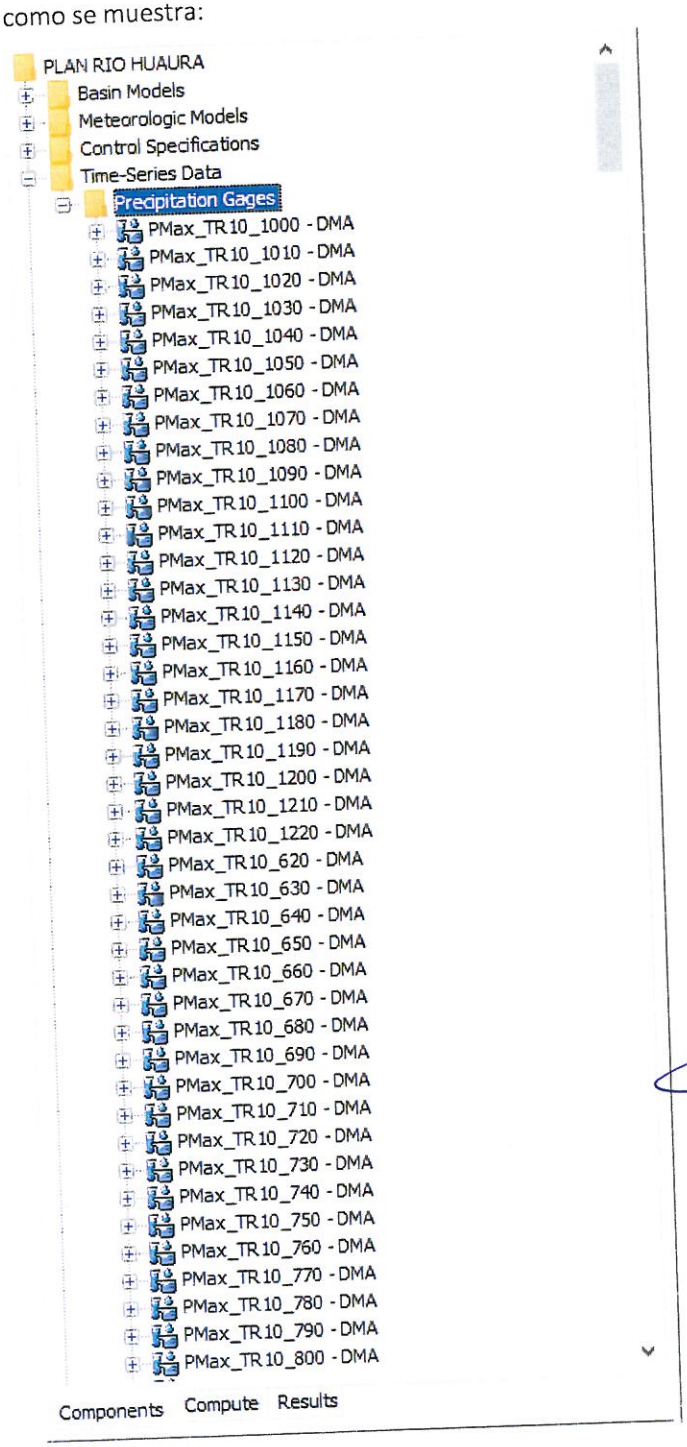
Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Clic en el botón Create, y se regresa a la ventana Time Series Data Manager; como ya no hay que ingresar más estaciones de datos, para salir de esta ventana, clic en X.

Después de este proceso, en el Explorador de la cuenca se tiene el pluviógrafo creado, se ve como se muestra:



Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

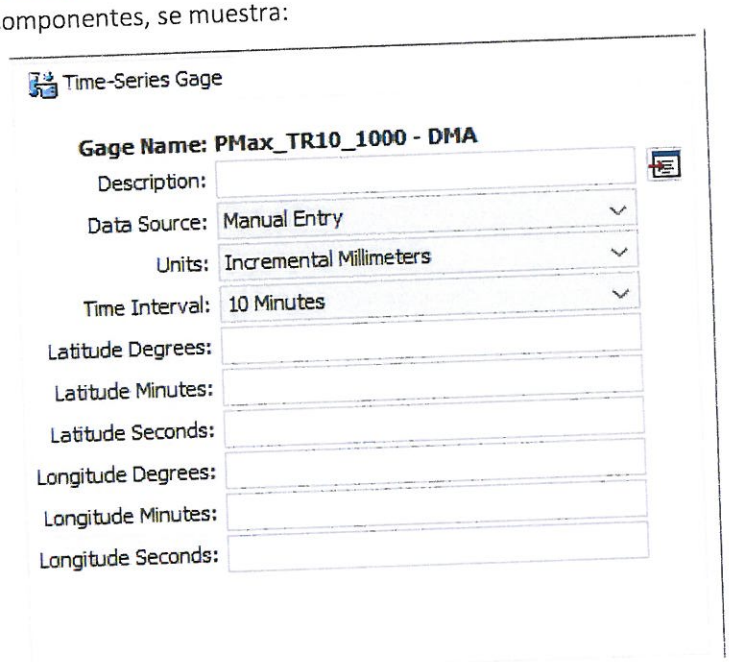
Ing. Luis Enrique Bendezu Velardr
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

10.7.2 INTRODUCIR DATOS PARA EL PLUVIÓGRAFO

Clic en Pluviógrafo 1 del panel del Explorador de la cuenca, con esto en el panel del Editor de componentes, se muestra:



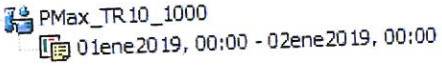
En los campos de este panel, se observa:

- *Description*, aquí aparece los que se escribió al crear el elemento Pluviógrafo 1
- *Data Source, Manual Entry, esto es si los datos se van a introducir manualmente, como será en este caso.*
- *Units, Incremental Milimeters, si la precipitación se ha registrado en mm y si es en forma incremental, lo contrario sería acumulativa (cumulative). Si se va a introducir en pulgadas, se puede elegir Incremental Inches ó Cumulative Inches. Para este caso dejamos Incremental Milimeters.*
- *Time Interval, aquí hay que introducir el intervalo del registro de la precipitación, en nuestro caso es 1día.*

Resulta importante calcular la precipitación máxima promedio, cuando en la cuenca se tienen varias estaciones. En este caso, la microcuenca tiene influencia de una o más estaciones seleccionadas para el estudio, cuyos pesos son mostrados en el Cuadro N° 5.37, estos pesos fueron calculados mediante el método de Polígono de Thiessen para las 61 microcuencas.

10.7.3 INTRODUCIR DATOS

En el explorador de la cuenca, hacer clic en el signo ⊞ de ⊞ PMax_TR10_1000, con esto se muestra:



Simulamos que para la microcuenca W1000 la precipitación máxima para un periodo de retorno de 10 años, ocurre entre el 01-01-2019 al 02-01-2019:

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marvel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Time-Series Gage | Time Window | Table | Graph

Gage Name: PMax_TR10_1000

*Start Date (ddMMMYYYY)	01ene2019
*Start Time (HH:mm)	00:00
*End Date (ddMMMYYYY)	02ene2019
*End Time (HH:mm)	00:00

En esta ventana, ingresar:

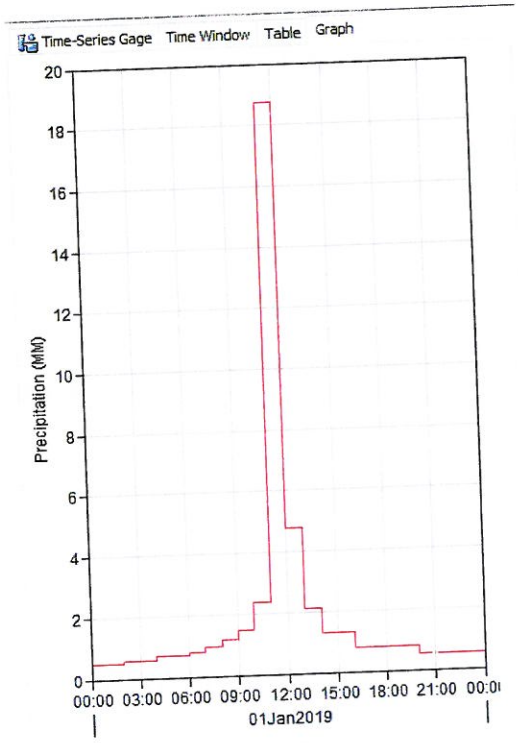
- *En Start Date: 01ene2019*
- *En Start Time: 00:00*
- *En End Date: 02ene2019*
- *En End Time: 00:00*

10.7.4 TORMENTAS DE DISEÑO PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO Y ANÁLISIS DEL TRÁNSITOS DE AVENIDAS

Los hietogramas de las tormentas de diseño para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 y 1000 años, son ingresados en el Componente Meteorológico del Modelo HEC-HMS para las 61 microcuencas analizadas, las cuales han sido determinado en base al procedimiento mencionado en el numeral 5.3 y los resultados se detallan en el Anexo 6.2. Por ejemplo, para la microcuenca W1000 el hietograma para un periodo de retorno de 100 años es el siguiente.

Time-Series Gage | Time Window | Table | Graph

Time (ddMMMYYYY, HH...	Precipitation (MM)
01ene2019, 00:00	
01ene2019, 01:00	0,48
01ene2019, 02:00	0,48
01ene2019, 03:00	0,57
01ene2019, 04:00	0,57
01ene2019, 05:00	0,70
01ene2019, 06:00	0,70
01ene2019, 07:00	0,79
01ene2019, 08:00	0,96
01ene2019, 09:00	1,18
01ene2019, 10:00	1,49
01ene2019, 11:00	2,36
01ene2019, 12:00	18,73
01ene2019, 13:00	4,77
01ene2019, 14:00	2,10
01ene2019, 15:00	1,31
01ene2019, 16:00	1,31
01ene2019, 17:00	0,79
01ene2019, 18:00	0,79
01ene2019, 19:00	0,79
01ene2019, 20:00	0,79
01ene2019, 21:00	0,53
01ene2019, 22:00	0,53
01ene2019, 23:00	0,53
02ene2019, 00:00	0,53



ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

10.8 MODELO METEOROLÓGICO

El modelo meteorológico sirve para aplicar los pluviógrafos correspondientes a cada subcuenca.

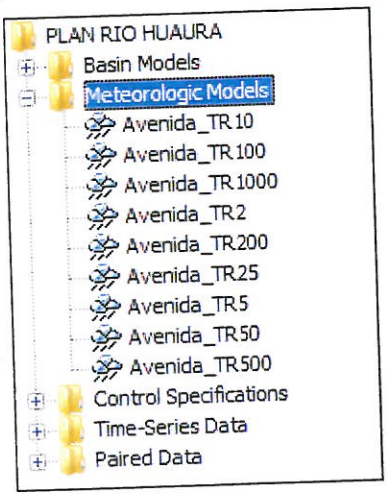
- Ejecutar la orden ***Components/Meteorologic Model Manager/New...***, para crear el modelo meteorológico; en la ventana que se activa, en ***Name*** escribir el nombre correspondiente o aceptar el sugerido, en este caso, aceptamos el ***Met 1*** y hacer clic en el botón Create.

- Cerrar la ventana ***Meteorologic Model Manager,*** haciendo clic en .

Con esto se creó el modelo meteorológico, en el panel de Explorador de la cuenca aparece:

Asignar los elementos necesarios

Si en el panel del Explorador de la cuenca, se hace clic en de Meteorologic Models, los modelos meteorológicos creados se muestran a continuación:



Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

En el campo de ***Precipitation*** aparece ***Specified Hyetograph***, ya fueron construidos los respectivos hietogramas, solamente lo enlazamos a cada microcuenca. No tenemos datos de evapotranspiración (***Evapotranspiration***) ni de nieve (***Snowmelt***), por lo que se acepta para ambos ***None***. El sistema de unidades que estamos trabajando es el métrico, por lo que aceptamos ***Metric***.

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcial Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

En este panel, hacer clic en la pestaña Basins, con lo que se abre la ventana, aceptamos eligiendo la opción ***Yes***.

En el panel del Explorador de la cuenca, al hacer clic sobre Specified Hyetograph, en el panel del Editor de componentes, en la columna ***Gage***, para la subcuenca se aplican los datos del pluviógrafo que ya se ha ingresado; por ejemplo, enlazamos los hietogramas siguientes:

- Hietograma PMax_TR10_1000-DMA años con la microcuenca W1000.
- Hietograma PMax_TR10_1010-DMA años con la microcuenca W1010.
- Hietograma PMax_TR10_1020-DMA años con la microcuenca W1020.
- Hietograma PMax_TR10_1030-DMA años con la microcuenca W1030.
- Hietograma PMax_TR10_1040-DMA años con la microcuenca W1040.
- Hietograma PMax_TR10_1050-DMA años con la microcuenca W1050.
- Hietograma PMax_TR10_1060-DMA años con la microcuenca W1060.
- Hietograma PMax_TR10_1070-DMA años con la microcuenca W1070.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

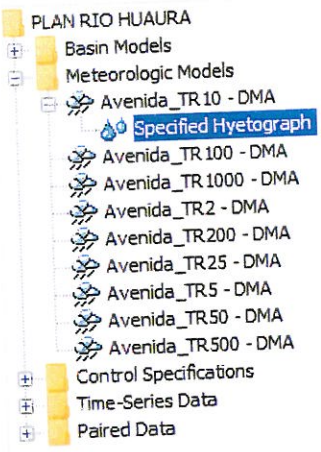
ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marco Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL



Components Compute Results

Specified Hyetograph

Met Name: Avenida_TR10 - DMA

Subbasin Name	Gage
W1000	PMax_TR10_1000 - DMA
W1010	PMax_TR10_1010 - DMA
W1020	PMax_TR10_1020 - DMA
W1030	PMax_TR10_1030 - DMA
W1040	PMax_TR10_1040 - DMA
W1050	PMax_TR10_1050 - DMA
W1060	PMax_TR10_1060 - DMA
W1070	PMax_TR10_1070 - DMA
W1080	PMax_TR10_1080 - DMA
W1090	PMax_TR10_1090 - DMA
W1100	PMax_TR10_1100 - DMA
W1110	PMax_TR10_1110 - DMA
W1120	PMax_TR10_1120 - DMA
W1130	PMax_TR10_1130 - DMA
W1140	PMax_TR10_1140 - DMA
W1150	PMax_TR10_1150 - DMA
W1160	PMax_TR10_1160 - DMA
W1170	PMax_TR10_1170 - DMA
W1180	PMax_TR10_1180 - DMA
W1190	PMax_TR10_1190 - DMA
W1200	PMax_TR10_1200 - DMA
W1210	PMax_TR10_1210 - DMA
W1220	PMax_TR10_1220 - DMA
W620	PMax_TR10_620 - DMA
W630	PMax_TR10_630 - DMA
W640	PMax_TR10_640 - DMA
W650	PMax_TR10_650 - DMA
W660	PMax_TR10_660 - DMA
W670	PMax_TR10_670 - DMA

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

El mismo procedimiento se repite con los demás hietogramas creados.

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Mario Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

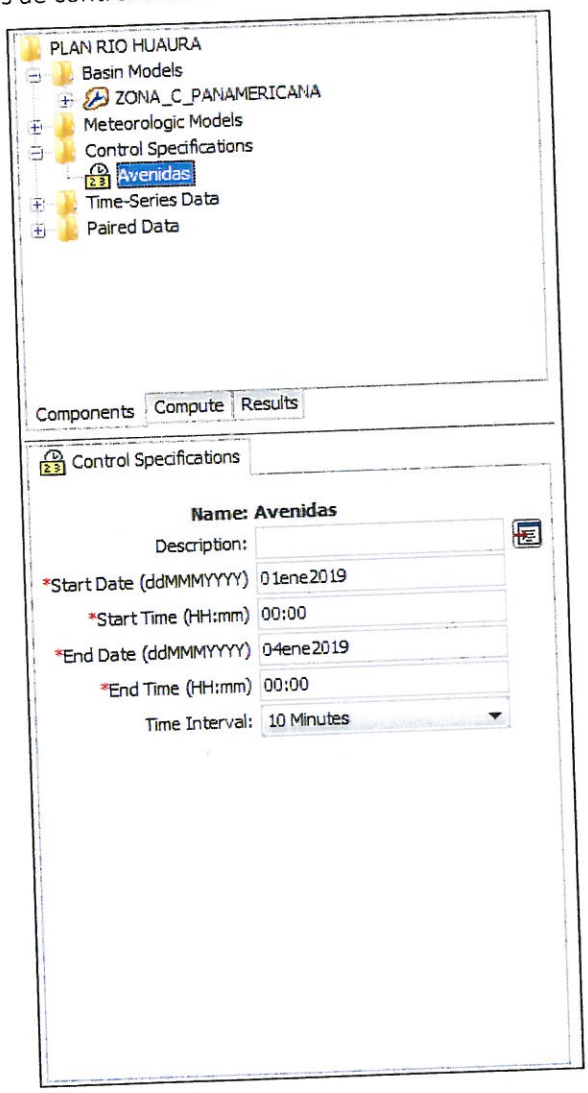
CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZ
REPRESENTANTE LEGAL

10.9 ESPECIFICACIONES DE CONTROL

Las especificaciones de control son usadas para indicarte al programa el periodo de tiempo que se usará en la simulación. La longitud del tiempo de simulación tiene que estar acorde con la duración de la tormenta. Generalmente se simula el flujo de corriente, desde el inicio de la tormenta hasta un tiempo después de que esta ha finalizado. Aquí también se especifica el intervalo de tiempo, el cual determina la resolución del hidrograma resultante, producto de los cálculos obtenidos durante la corrida del programa.

- Ejecutar la orden ***Components/Control Specifications Manager/New...***, para crear las especificaciones de control; en la ventana que se activa, en ***Name*** escribir el nombre correspondiente o aceptar el sugerido, en este caso, aceptamos el nombre ***Control 1*** y hacer clic en el botón ***Create***.
- Cerrar la ventana ***Control Specifications Manager***, haciendo clic en .

Las especificaciones de control creadas en el modelo hidrológico son las siguientes:



Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

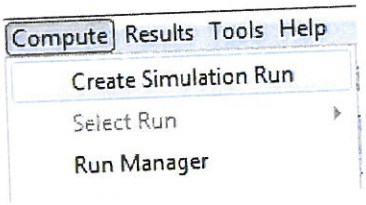
Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. [illegible] Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

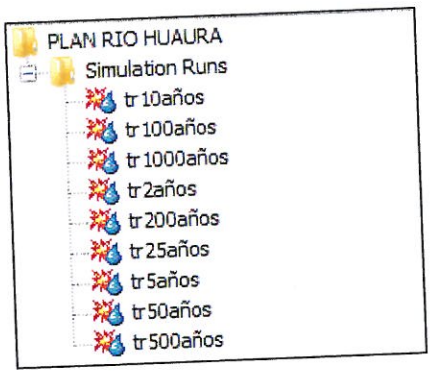
CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

10.10 CREAR SIMULACIÓN

Para crear el protocolo de simulación, se realiza la orden *Compute/Create Simulation Run* (ó la orden *Compute/Run Manager*)



Por ejemplo, si se ejecuta a orden *Compute/Create Simulation Run,* se despliega 4 ventanas, una tras otra, donde se selecciona la combinación de los componentes a simular, las mismas que se muestran en la **Imágenes siguientes**. Una vez seleccionada la opción de la variable para cada uno de los campos, se pasa a la siguiente ventana haciendo clic en el botón Next > , cuando ya se han seleccionado todos los componentes, en la última ventana, se hace clic en el botón Cancel .



Se ha incluido el intervalo de tiempo de la simulación para los casos analizados mediante especificaciones de control, siendo los siguientes

Para las avenidas

- Fecha de inicio: 1-1-19
- Tiempo de inicio: 00:00
- Fecha final: 2-1-19
- Tiempo final: 00:00
- Intervalo de tiempo: 10 minutos

Se creó el proceso de simulación mediante la combinación del modelo hidrológico de la cuenca, el modelo meteorológico y las especificaciones de control. Se realizó el cómputo para los casos analizados, guardando toda la información de estado de la cuenca en un punto en el tiempo, y la capacidad para iniciar un proceso de simulación de estado guardado previamente la información.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 59999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. M... Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrología
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

10.11 OBRAS INCLUIDAS EN EL MODELO HIDROLÓGICO

10.11.1 Sistema de Lagunas Surasaca, Yarupak, León Pununan, Vetacocha y Anamaray

En la microcuenca W620 se localiza la presa que embalsa las aguas de la Laguna Surasaca que se construyó con el fin de almacenar agua en periodos de abundancia y utilizarla cuando el suministro sea deficiente. Es una presa de tierra construida con material homogéneo de terraplén (Figura 106). La capacidad de almacenamiento máximo de la presa es de 23 millones de metros cúbicos, en caso de que se exceda esta capacidad se cuenta con un aliviadero de tipo Morning Glory como se muestra en la Figura 107, el cual entrega las aguas hacia un túnel de descarga por el margen izquierdo de la presa (Figura 108). Dimensiones de la Presa La presa posee una altura de 24 m, longitud de cresta de 158.20 m, y un ancho de cresta de 3 m. El aliviadero tipo Morning Glory tiene un diámetro de 6 m, su túnel de descarga es de 340 m de largo.

Estas lagunas atenúa naturalmente la presencia de avenidas en la microcuenca; el principal efecto de la presa es laminar las avenidas; el embalse se comporta como un inmenso pulmón; en la medida en que aguas arriba del embalse afluyen caudales crecientes de agua como consecuencia de la llegada de una onda de avenida, y considerando que el agua en el embalse está en su nivel más crítico, es decir, por encima del NAMO; el embalse podrá laminar las avenidas pues presentan un resguardo suficiente (volumen entre el NAME y NAMO) para reducir el pico atenuando la avenida, finalmente, el caudal que sale de la presa será menor que el que llega, disminuyendo en consecuencia el caudal pico pero alargando el tiempo del hidrograma en la salida.

Figura 106: Vista Frontal la Presa Surasaca

Fuente: Elaboración propia.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VÁSQUEZ CORTEGANA
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISIÓN HUAURA
CIP N° 53959

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marshall Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZ
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 107: Aliviadero Tipo Campana de la Presa Surasaca

Figura 108: Salida del Túnel de Descarga

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS RICARDO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISION
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53959

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

10.11.1.1 Características Principales de la Presa Surasaca

-	Longitud de Corona	:	158.20 m.
-	Altura a Nivel Basamento	:	27 m.
-	Altura sobre la superficie	:	24 m.
-	Ancho de Cresta	:	3 m.
-	Tipología	:	Tierra.
-	Volumen Cuerpo de la Presa	:	295 (1000 m3).
-	Elemento Impermeable	:	Núcleo de Tierra y Arcilla.
-	Fundación	:	Suelo.
-	Aliviadero, Tipología	:	En lámina libre (L) tipo Morning Glory.
-	Diámetro Aliviadero	:	6 m.
-	Instrumentación	:	No cuenta.
-	Elevación de Fondo	:	4363 msnm.
-	N.A.M.O.	:	4384 msnm.
-	N.A.M.E.	:	4387 msnm.
-	Operador	:	Junta de Usuarios Sector Hidráulico Huaura.
-	Fuente de la Información	:	Autoridad Nacional del Agua.

10.11.1.2 Geología

En Oyón se presentan dos zonas edáficas claramente diferenciadas. En la zona de altura media predominan los suelos residuales con fuerte influencia de rocas parentales y la topografía local. Con texturas medias a finas, aunque en algunos sectores con presencia rocosa. Se pueden encontrar texturas todavía más gruesas, de colores pardo oscuro a pardo rojizos o negruzcos, dependiendo de los contenidos variables de materia orgánica, la que está muy influenciada por la dinámica de uso de los suelos y el pastoreo que se desarrolla en ellos (Ponce y Samaniego, 2009). En general, se trata de suelos moderadamente buenos para el cultivo siempre que se apliquen prácticas para prevenir la erosión, ya que la mayoría de estos suelos tienen pendientes empinadas y el riesgo de erosión es muy alto. Las partes altas presentan suelos de clara influencia glaciar (suelos de naturaleza orgánica, de coloración negruzca, sometidos a acumulaciones temporales o permanentes de agua). Estos suelos configuran los bofedales con altos contenidos de materia orgánica en las hondonadas de las altiplanicies y en las zonas relativamente planas, acompañados de suelos poco desarrollados hacia las laderas en las colinas (Ponce y Samaniego, 2009). Con referencia a la geología de la cuenca, y el embalse, los estudios geológicos realizados por el Ingeniero Eduardo Armas en 1956 llegan a las siguientes conclusiones:

- Existe una zona de filtraciones en la sección septentrional de la cuenca, compuesta principalmente por calizas cavernosas, que debe descontarse del área total.
- El área de afloramientos para la caliza cavernosa es de 7.25 km2.
- Los flancos del embalse están formados por rocas sólidas y herméticas que no permitirán filtraciones del agua embalsada.
- El fondo del embalse está formado por una capa de espesor relativamente delgado y permeable, que reposa sobre un lecho rocoso de material igual al correspondiente a los flancos Y, por lo tanto, también impermeable. El nivel hidrostático en el área del vaso está muy cerca de la superficie, por lo que las condiciones del referido embalse son buenas. Vegetación En el territorio se

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CORTIJERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

encuentran diversas especies vegetales; sin embargo, la que se encuentra en abundancia dentro de la cuenca de la laguna Surasaca es el ichu.

10.11.1.3 Información introducida en el modelo HEC HMS

En el modelo hidrológico se ha considerado la relación de almacenamiento, seleccionando la opción Elevación-Área, como se muestra en la Figura 109. Para lo cual se tomó información batimétrica de la laguna Surasaca, siendo la siguiente:

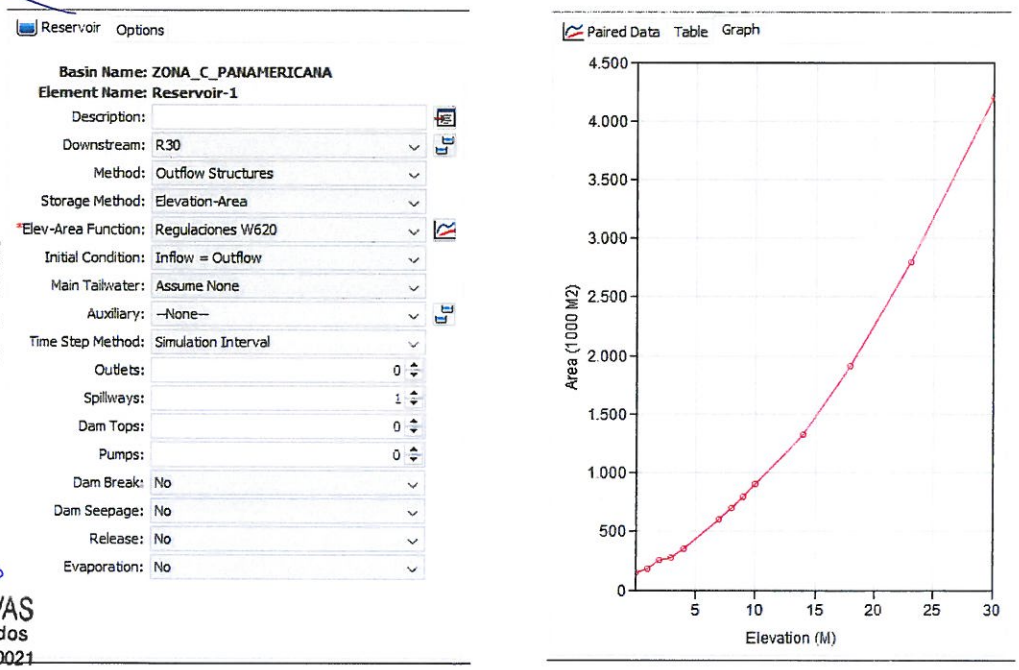
Cuadro Nº 10-17: Cota-Área de la Laguna Surasaca

Cota	Área (KM²)
4363	0.150
4364	0.180
4365	0.250
4366	0.280
4367	0.350
4370	0.600
4371	0.700
4372	0.800
4373	0.900
4377	1.330
4381	1.910
4386	2.800
4393	4.200

Fuente: ANA, Inventario de Presas

Con esta opción, el programa HEC-HMS, transforma automáticamente la curva de elevación-área en una curva de elevación de almacenamiento utilizando la fórmula cónica. Después de realizar la corrida con toda la información completa, el programa calcular la elevación, área superficial, y de almacenamiento para cada intervalo de tiempo. Los datos ingresados son:

Figura 109: Cota-Área de la laguna Surasaca en HEC HMS



Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS NUMERIO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 83939

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marco Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

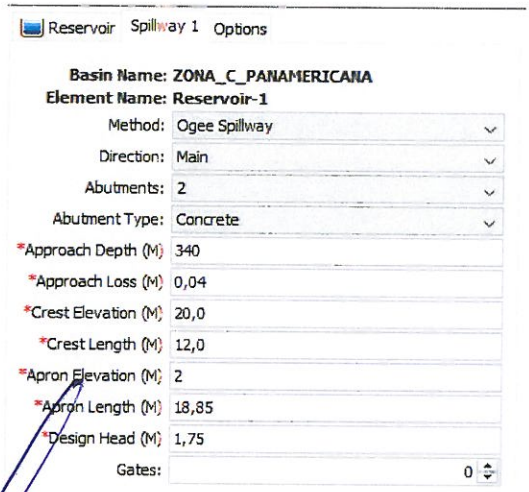
CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZ
REPRESENTANTE LEGAL

De la figura anterior se puede apreciar en la condición inicial se ha considerado que el hidrograma de ingreso al embalse es similar a la salida, en otras palabras, se tomó en cuenta el caso más crítico, es decir, el nivel del agua en el embalse está en la cota del NAME al momento de producirse la avenida.

El aliviadero de la presa (Morning Glory), se ha simulado considerado el método Ogee Spillways; que permite un flujo controlado sobre la parte superior del embalse de acuerdo con los supuestos de flujo de vertedero. Sin embargo, el coeficiente de descarga en la ecuación de flujo vertedero se ajusta automáticamente cuando el cabezal de energía aguas arriba está por encima o por debajo de la cabeza de diseño.

En la Figura 110, se muestra los datos ingresados, considerando su material (concreto); el material seleccionado se utiliza para ajustar la pérdida de energía como el agua pasa a través del aliviadero. El aliviadero puede tener uno, dos, o sin pilares dependiendo de cómo el aliviadero o aliviaderos en un depósito están representados conceptualmente. El aliviadero posee un canal de descarga que transporta el agua desde el aliviadero hasta su entrega final al curso principal, mediante el túnel de descarga. Sin embargo, el coeficiente de descarga en la ecuación de flujo vertedero se ajusta automáticamente.

Figura 110: Características del aliviadero de la laguna Surasaca



Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

10.11.2 Sistema de Lagunas Patón, Añilcocha, Uchucchacua y Caballococha

En la microcuenca W650 se localiza la presa que embalsa las aguas de la Laguna Patón cuyo uso es piscícola e hidroenergético.

La presencia de estas lagunas atenúa naturalmente la presencia de avenidas.

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

La Laguna Patón se encuentra al lado izquierdo de la vía existente, cuyas características de acuerdo al Inventario Nacional de Lagunas, pertenece a la Autoridad Administración de Agua Cañete-Fortaleza, Administración Local de Agua Huaura que pertenece a la cuenca del río Huaura.

La laguna Patón, está ubicada aguas abajo de la laguna Añilcocha, no hay comunicación entre las aguas de las dos lagunas, pero las aguas del rebose de la laguna Añilcocha, son llevadas directamente al río Patón. La laguna es alimentada principalmente por flujo superficial en la época de lluvias y por flujo subsuperficial durante los meses de estiaje. La laguna tiene forma ligeramente alargada, en la dirección de sureste a noreste, y en la parte más profunda una pequeña planicie. El volumen máximo almacenable es de 22.3 mm3. En la salida de la laguna existe una presa de concreto, el cual regula el abastecimiento de agua hacia central hidroeléctrica a través de una compuerta de control de descarga. Se dispone también de una estructura de control de avenidas, compuesta por un vertedero de demasías ubicada a 4 112 msnm, el cual evacúa las aguas de excedencia hacia la laguna Patón

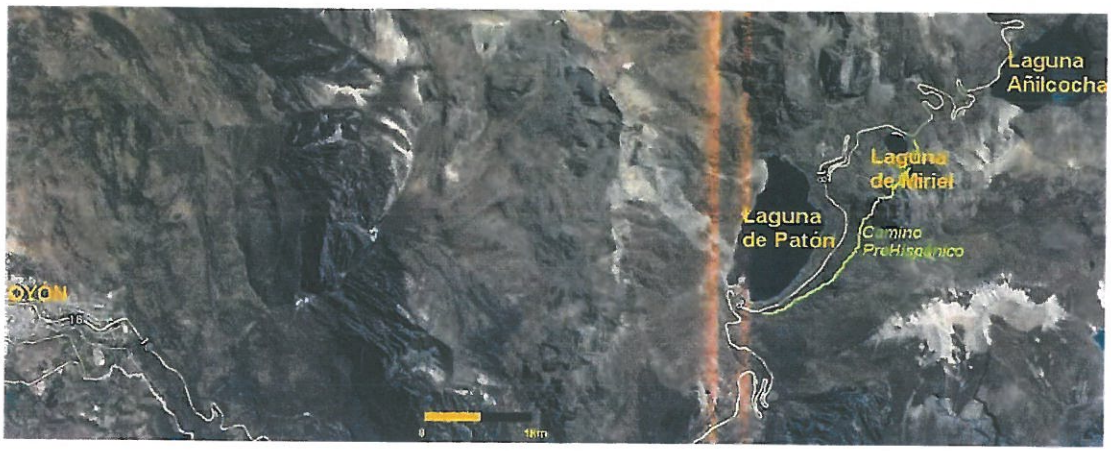
La laguna Añilcocha se encuentra al lado derecho de la vía existente, cuyas características de acuerdo al Inventario Nacional Lagunas, pertenece a la Autoridad Administración Agua Cañete – Fortaleza, Administración Local de Agua Huaura que pertenece a la cuenca del río Huaura, subcuenca Patón, cuya longitud es de 7641 m, ubicada a una altitud de 4380 msnm.

Está ubicada al noroeste del río Oyón. El sistema hídrico dentro de la microcuenca aportante, está constituido por la laguna y la quebrada de desfogue. Las aguas de rebose de la laguna Añilcocha, contribuyen hacia la microcuenca de la laguna Patón, siguiendo el cauce natural de la microcuenca. Parte de estas aguas son captadas y derivadas hacia la central hidroeléctrica Patón. La laguna tiene un vertedero de salida de un nivel máximo extraordinario de 4369 msnm, descargando hacia un canal de 1.0 m de ancho y 0.5 m de profundidad. El vertedero está compuesto por material rocoso y se presenta como un dique natural de la laguna. La laguna tiene una forma redondeada con una península al lado norte, lado donde se presentan cinco pequeñas islas.

La laguna Colquicocha, abastece de agua a la planta concentradora y laguna Añilcocha.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISION HUAURA

Figura 111: Vista satelital de las lagunas Patón y Añilcocha



Fuente: Google Earth

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ QUIÑONES
JEFE DE SUPERVISION
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 59959

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing [illegible] Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 112: Vista Laguna Patón

Fuente: Junta de Usuarios Huaura

10.11.2.1 Características Principales de la Presa Patón

Resumen Características Principales de la Presa Patón

- Longitud de Corona : 186 m.
- Altura a Nivel Basamento : 14 m.
- Altura sobre la superficie : 10.5 m.
- Ancho de Cresta : 3 m.
- Tipología : Tierra con pantalla de concreto.
- Volumen Cuerpo de la Presa : 121.53 (1000 m3).
- Elemento Impermeable : Paramento aguas arriba, pantalla losa de concreto.
- Fundación : Suelo.
- Aliviadero, Tipología : Desbordamiento o lamina libre.
- Longitud Aliviadero : 25 m.
- Instrumentación : No cuenta.
- Elevación de Fondo : 4080 msnm.
- N.A.M.O. : 4089.5 msnm.
- N.A.M.E. : 4090.5 msnm.
- Operador : Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.
- Fuente de la Información : Autoridad Nacional del Agua.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

10.11.2.2 Información introducida en el modelo HEC HMS

En el modelo hidrológico se ha considerado la relación de almacenamiento, seleccionando la opción Elevación-Área, como se muestra en la Figura 113. Para lo cual se tomó información batimétrica de la laguna Patón, siendo la siguiente:

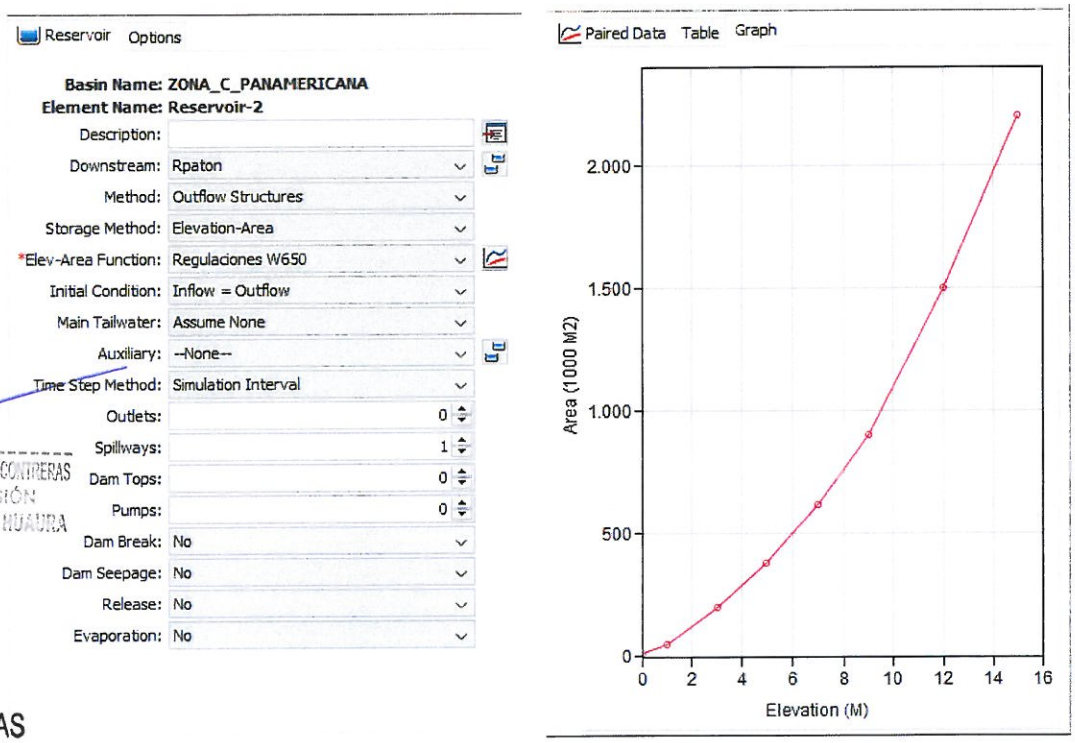
Cuadro Nº 10-18: Cota-Área de la laguna Patón

Altura	Área (KM^2)
4080	0.015
4081	0.050
4083	0.200
4085	0.380
4087	0.620
4089	0.900
4092	1.500
4095	2.200

Fuente: ANA, Inventario de Presas

Con esta opción, el programa HEC-HMS, transforma automáticamente la curva de elevación-área en una curva de elevación de almacenamiento utilizando la fórmula cónica. Después de realizar la corrida con toda la información completa, el programa calcular la elevación, área superficial, y de almacenamiento para cada intervalo de tiempo. Los datos ingresados son:

Figura 113: Cota-Área de la laguna Patón en HEC HMS



Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP Nº 65000

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velardr
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

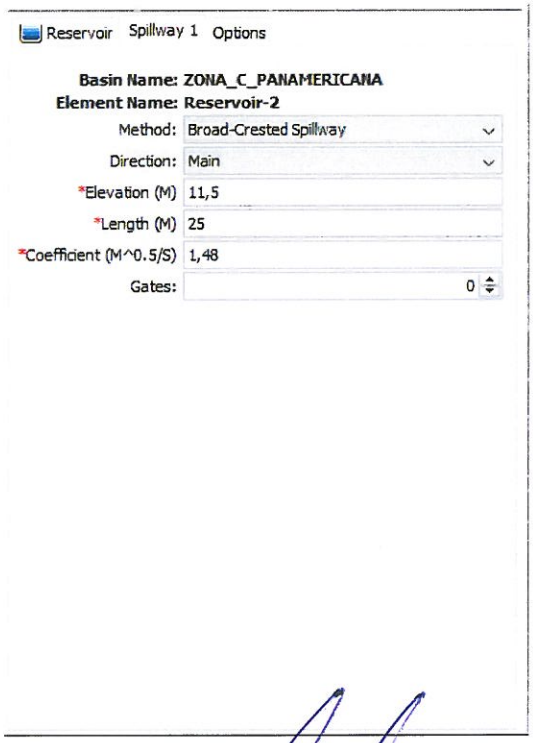
Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

El mismo caso anterior, para la condición inicial se ha considerado el más crítico, es decir, el hidrograma de ingreso al embalse es similar a la salida, en otras palabras, el nivel del agua en el embalse está en la cota del NAME al momento de producirse la avenida.

El aliviadero de la presa (Libre Descarga), se ha simulado considerado el método Broad-Crested-Spillway; los datos ingresados son los siguientes.

Figura 114: Características del aliviadero de la laguna Patón



Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

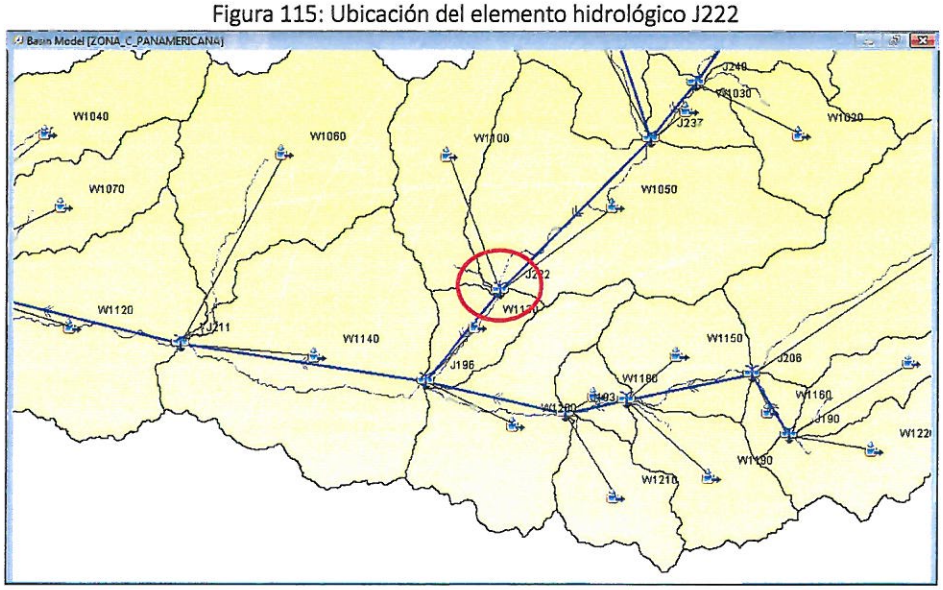
11 RESULTADOS DEL MODELO HIDROLÓGICO DE MÁXIMAS AVENIDAS

11.1 RÍO HUAURA EN SAYÁN

El análisis de máximas avenidas del proyecto fue realizado en el programa HEC-HMS versión 4.3; siendo el elemento "J222" el lugar donde se localiza la estación hidrométrica "Sayán". Los pasos seguidos se resumen en lo siguiente:

- Modelo de cuenca en el punto de interés: Para estimar las pérdidas se utilizó el método del Numero se Curva de la SCS, se determinó el tiempo de concentración de las subcuencas y microcuencas, adicionalmente, se generó todos sus parámetros fisiográficos en ARC-GIS versión 10.3 con ayuda de la extensión GEO-HMS. El flujo base se considera poco significante previo a la ocurrencia de máximas avenidas.
- Modelo Meteorológico: Se realizó el análisis estadístico de la información pluviométrica y su respectiva ley de frecuencias, dichos resultados fueron ingresados al modelo meteorológico mediante hietogramas de avenidas: 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 y 1000 años, con una duración de tormenta de 24 horas; las cuales han sido convenientemente distribuidas en el ámbito de la cuenca.
- Especificaciones de Control: Para realizar la simulación de la avenida se especifica una fecha de inicio y final, dentro de este rango se presentarán los resultados de la simulación y el hidrograma de avenida, para los casos analizados, la fecha de inicio es el 01 de enero del 2019 a las 00:00 horas y la fecha de fin es el 04 de enero del 2019 a las 00:00 pm; con intervalo de tiempo computacional de 10 minutos.
- Calibración del Modelo: Dado que no existen registros simultáneos de hietogramas de tormentas e hidrogramas de caudales que permitan calibrar los parámetros del modelo y efectuar predicciones, el modelo fue calibrado basado en la transformación de los caudales medios máximos diarios a máximos instantáneos, tal y como se explicó en el punto anterior; finalmente el tránsito de avenidas para diversos periodos de retorno se muestra a continuación.
- A continuación, se muestra la ubicación del elemento hidrológico "J222", correspondiente a la ubicación de la estación hidrométrica Sayán en el esquema topológico del modelo HEC-HMS.

Figura 115: Ubicación del elemento hidrológico J222



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Iver Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

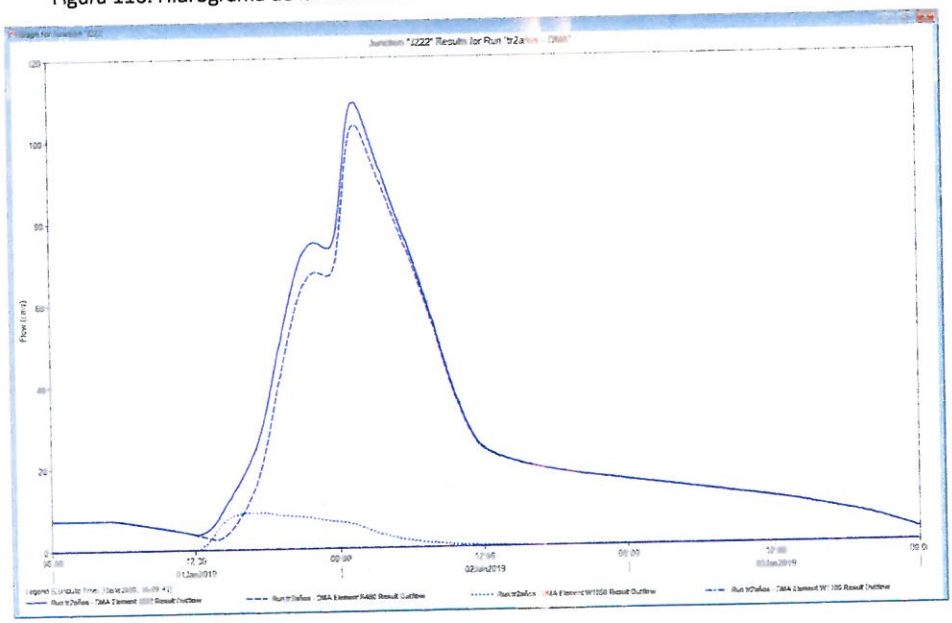
- En el Anexo 8.1 se muestra el resultado de los hidrogramas obtenidos en el elemento "J222", y en el Anexo 14 el modelo hidrológico de máximas avenidas desarrollado en el programa HEC-HMS versión 4.3.

- Avenida de 2 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J222" se muestra en la Figura 116, el caudal pico es de 109.0 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 6698.3 milesm3 para un periodo de retorno de 02 años. La descarga máxima se presenta a las 25.40 horas de iniciada la tormenta. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R480, microcuenca W1050 y microcuenca W1100; siendo los picos de 103.40 m3/s a las 25:40 horas, 9.00 m3/s a las 16:40 horas y 0.00 m3/s, respectivamente.

Los resultados obtenidos en esta sección del río Huaura fue comparada con los resultados probabilísticos de la descarga máxima instantánea de la estación Sayán para un periodo de retorno de 2 años. Mediante el método estadístico LEBEDIEV para una descarga máxima instantánea de diseño es de 139.27 m3/s y mediante el modelo HEC HMS es de 109.0 m3/s, lo que resulta en un valor cercano.

Figura 116: Hidrograma de la avenida de 2 años. Sección de la cuenca "Estación Sayán"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 5 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J222" se muestra en la Figura 117, el caudal pico es de 160.7 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 8402.1 milesm3 para un periodo de retorno de 05 años. La descarga máxima se presenta a las 24:00 horas de iniciada la tormenta. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R480, microcuenca W1050 y microcuenca W1100; siendo los picos de 152.40 m3/s a las 24:00 horas, 12.00 m3/s a las 16:40 horas y 0.20 m3/s a las 24:00 horas.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58099

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

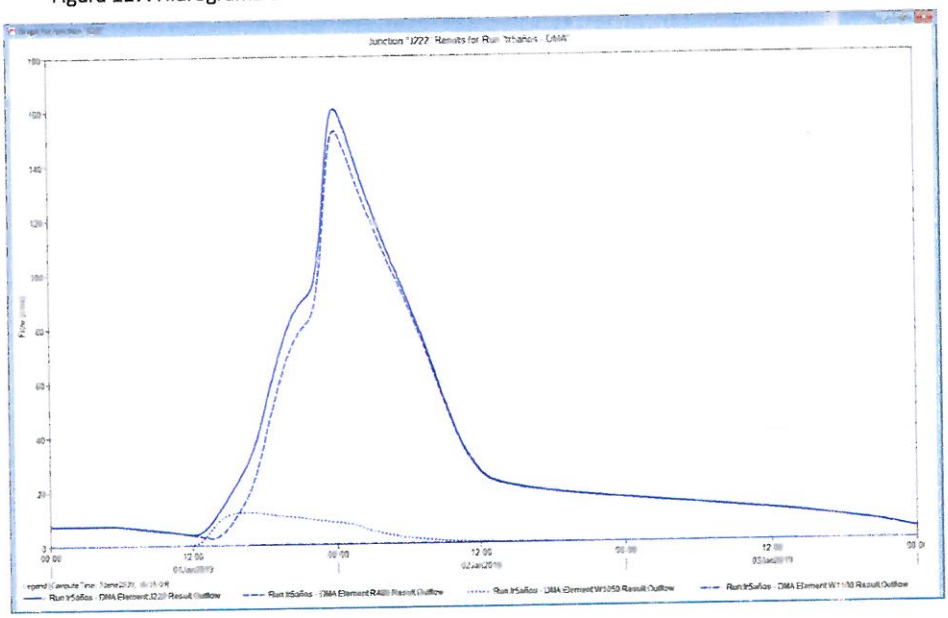
Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Los resultados obtenidos en esta sección del río Huaura fue comparada con los resultados probabilísticos de la descarga máxima instantánea de la estación Sayán para un periodo de retorno de 5 años. Mediante el método estadístico LEBEDIEV para una descarga máxima instantánea de diseño es de 178.1 m3/s y mediante el modelo HEC HMS es de 160.7 m3/s, lo que resulta en un valor cercano.

Figura 117: Hidrograma de la avenida de 5 años. Sección de la cuenca "Estación Sayán"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 10 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J222" se muestra en la Figura 118, el caudal pico es de 206.10 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 9922.8 milesm3 para un periodo de retorno de 10 años. La descarga máxima se presenta a las 23:20 horas de iniciada la tormenta. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R480, microcuenca W1050 y microcuenca W1100; siendo los picos de 196.00 m3/s a las 10:20 horas, 14.20 m3/s a las 16:20 horas y 0.40 m3/s a las 24:00 horas, respectivamente.

Los resultados obtenidos en esta sección del río Huaura fue comparada con los resultados probabilísticos de la descarga máxima instantánea de la estación Sayán para un periodo de retorno de 10 años. Mediante el método estadístico LEBEDIEV para una descarga máxima instantánea de diseño es de 210.67 m3/s y mediante el modelo HEC HMS es de 206.10 m3/s, resultando un valor muy cercano.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISIÓN HUAURA
CIP N° 58999

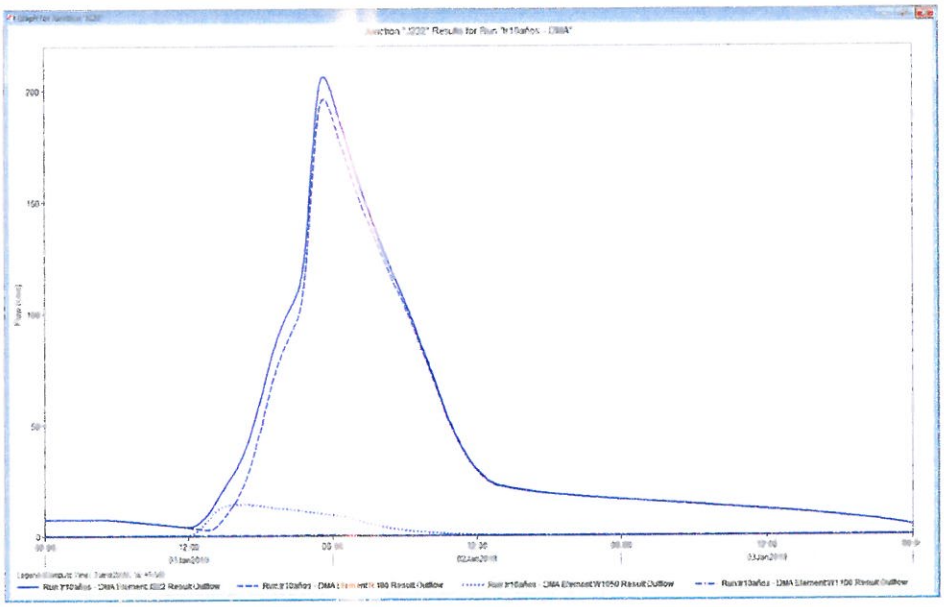
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrología
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 118: Hidrograma de la avenida de 10 años. Sección de la cuenca "Estación Sayán"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 25 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J222" se muestra en la Figura 119, el caudal pico es de 285.5 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 12724.1 milesm3 para un periodo de retorno de 25 años. La descarga máxima se presenta a las 22:40 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R480, microcuenca W1050 y microcuenca W1100; siendo los picos de 272.10 m3/s a las 22:40 horas, 18.60 m3/s a las 16:00 horas y 0.80 m3/s a las 22:00 horas, respectivamente.

Los resultados obtenidos en esta sección del río Huaura fue comparada con los resultados probabilísticos de la descarga máxima instantánea de la estación Sayán para un periodo de retorno de 25 años. Mediante el método estadístico NASH para una descarga máxima instantánea de diseño es de 264.43 m3/s y mediante el modelo HEC HMS es de 285.5 m3/s, lo que indica un valor cercano.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

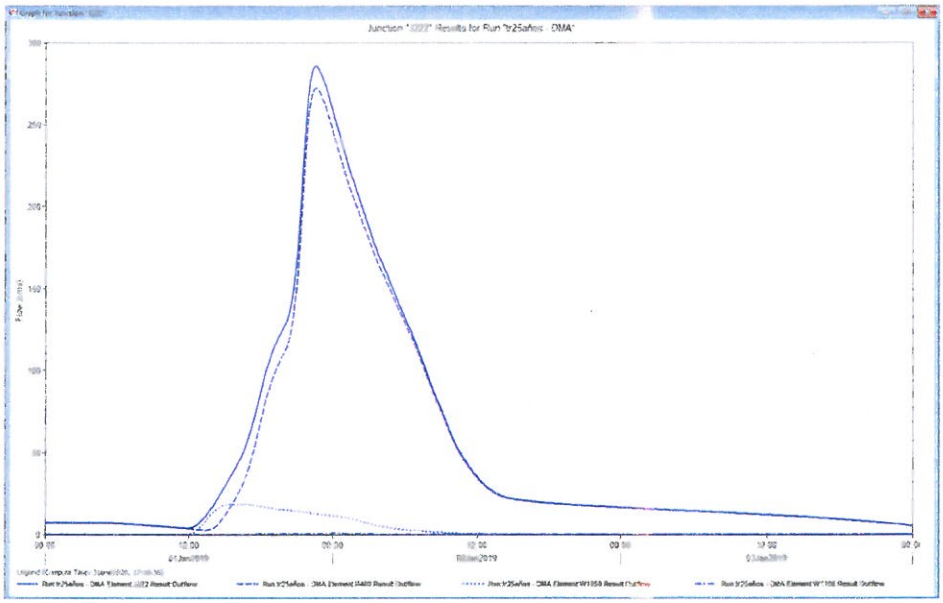
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. [illegible] Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 119: Hidrograma de la avenida de 25 años. Sección de la cuenca "Estación Sayán"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 50 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J222" se muestra en la Figura 120, el caudal pico es de 337.2 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 14769.0 milesm3 para un periodo de retorno de 50 años. La descarga máxima se presenta a las 22:20 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R480, microcuenca W1050 y microcuenca W1100; siendo los picos de 321.00 m3/s a las 22:20 horas, 22.10 m3/s a las 15:40 horas y 1.20 m3/s a las 21:30 horas, respectivamente.

Los resultados obtenidos en esta sección del río Huaura fue comparada con los resultados probabilísticos de la descarga máxima instantánea de la estación Sayán para un periodo de retorno de 50 años. Mediante el método estadístico GUMBEL para una descarga máxima instantánea de diseño es de 328.58 m3/s y mediante el modelo HEC HMS es de 337.2 m3/s, lo que indica un valor cercano.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

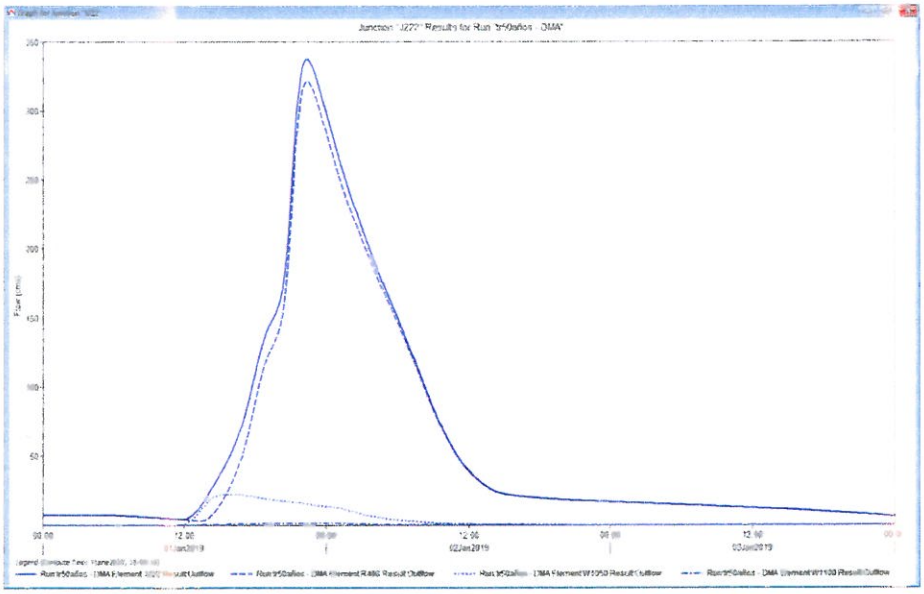
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marco Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 120: Hidrograma de la avenida de 50 años. Sección de la cuenca "Estación Sayán"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 100 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J222" se muestra en la Figura 121, el caudal pico es de 427.4 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 18213.1 milesm3 para un periodo de retorno de 100 años. La descarga máxima se presenta a las 22:00 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R480, microcuenca W1050 y microcuenca W1100; siendo los picos de 407.70 m3/s a las 22:00 horas, 26.50 m3/s a las 15:30 horas y 1.70 m3/s a las 20:40 horas.

Los resultados obtenidos en esta sección del río Huaura fue comparada con los resultados probabilísticos de la descarga máxima instantánea de la estación Sayán para un periodo de retorno de 100 años. Mediante el método estadístico GUMBEL para una descarga máxima instantánea de diseño es de 358.61 m3/s y mediante el modelo HEC HMS es de 427.4 m3/s, habiendo una diferencia algo significante; esta diferencia se debe a que la longitud de la serie disponible de la estación Sayán es de 30 años y los resultados obtenidos con las distribuciones tienden a subestimar los resultados para periodos de retorno superiores a 30 años.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

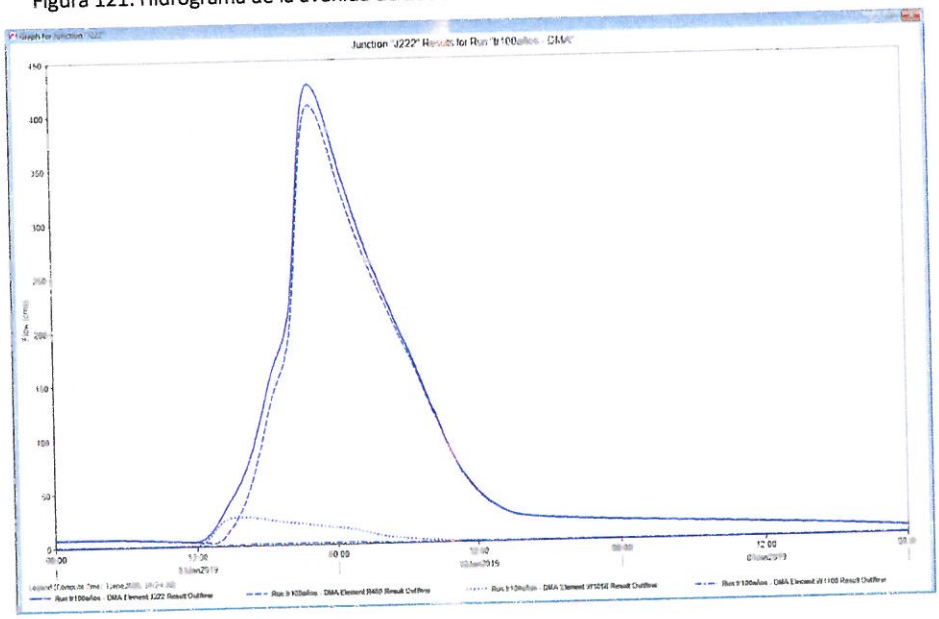
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 121: Hidrograma de la avenida de 100 años. Sección de la cuenca "Estación Sayán"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 200 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J222" se muestra en la Figura 122, el caudal pico es de 538.3 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 22428.6 milesm3 para un periodo de retorno de 200 años. La descarga máxima se presenta a las 21:50 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R480, microcuenca W1050 y microcuenca W1100; siendo los picos de 514.8 m3/s a las 21:50 horas, 31.50 m3/s a las 15:30 horas y 2.40 m3/s a las 20:40 horas, respectivamente.

Los resultados obtenidos en esta sección del río Huaura fue comparada con los resultados probabilísticos de la descarga máxima instantánea de la estación Sayán para un periodo de retorno de 200 años. Mediante el método estadístico GUMBEL para una descarga máxima instantánea de diseño es de 388.64 m3/s y mediante el modelo HEC HMS es de 538.3 m3/s, habiendo una diferencia significante; esta diferencia se debe a que la longitud de la serie disponible de la estación Sayán es de 30 años y los resultados obtenidos con las distribuciones tienden a subestimar los resultados para periodos de retorno superiores a 30 años.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

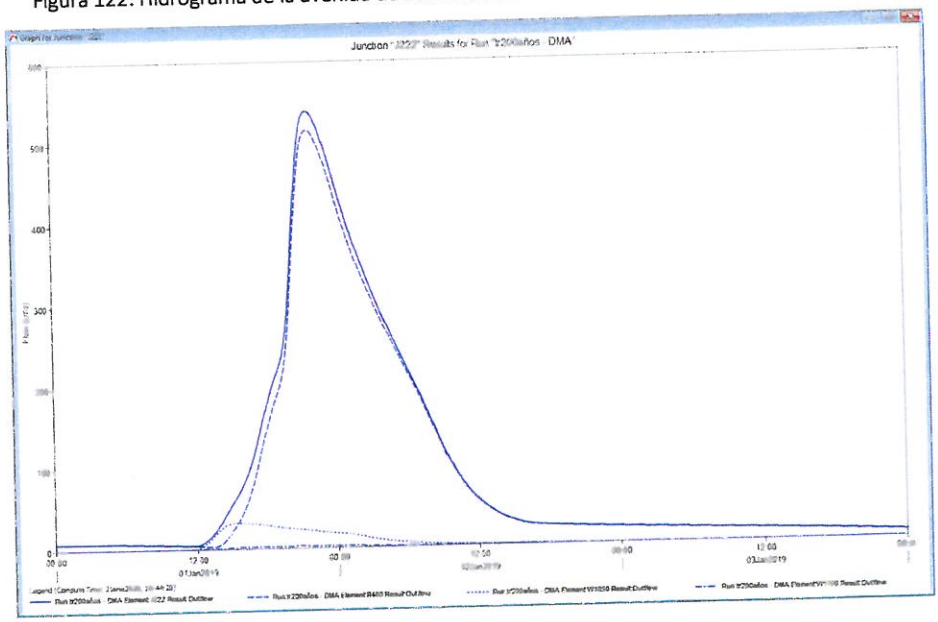
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 122: Hidrograma de la avenida de 200 años. Sección de la cuenca "Estación Sayán"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 500 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J222" se muestra en la Figura 123, el caudal pico es de 770.8 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 31233.9 milesm3 para un periodo de retorno de 500 años. La descarga máxima se presenta a las 21:30 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R480, microcuenca W1050 y microcuenca W1100; siendo los picos de 738.8 m3/s a las 21:30 horas, 43.70 m3/s a las 15:20 horas y 4.00 m3/s a las 19:00 horas, respectivamente.

Los resultados obtenidos en esta sección del río Huaura fue comparada con los resultados probabilísticos de la descarga máxima instantánea de la estación Sayán para un periodo de retorno de 500 años. Mediante el método estadístico GUMBEL para una descarga máxima instantánea de diseño es de 428.33 m3/s y mediante el modelo HEC HMS es de 770.8 m3/s, habiendo una diferencia significante; esta diferencia se debe a que la longitud de la serie disponible de la estación Sayán es de 30 años y los resultados obtenidos con las distribuciones tienden a subestimar los resultados para periodos de retorno superiores a 30 años.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

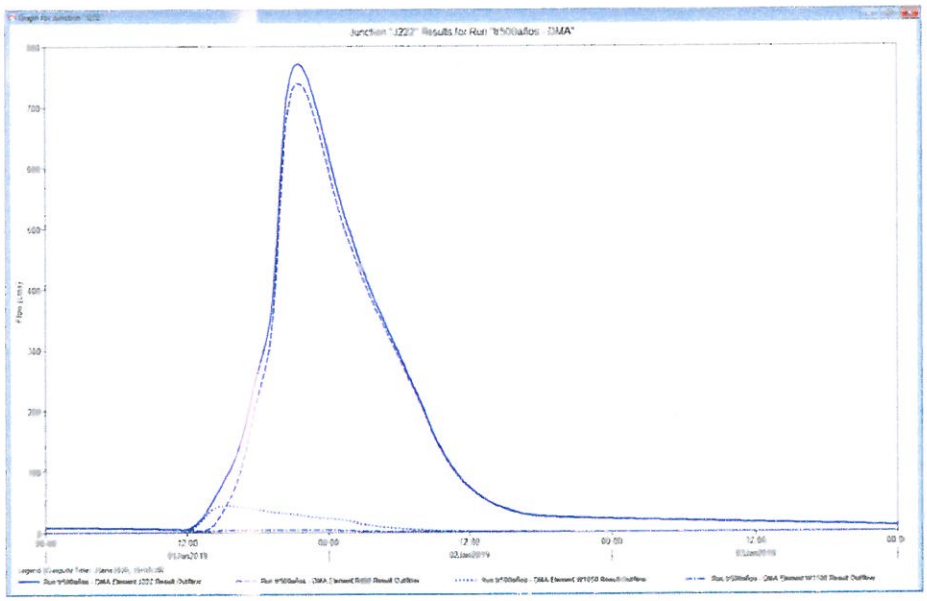
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Mardel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 123: Hidrograma de la avenida de 500 años. Sección de la cuenca "Estación Sayán"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 1000 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J222" se muestra en la Figura 124, el caudal pico es de 957.8 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 38561.0 milesm3 para un periodo de retorno de 1000 años. La descarga máxima se presenta a las 21:20 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R480, microcuenca W1050 y microcuenca W1100; siendo los picos de 919.1 m3/s a las 21:20 horas, 53.0 m3/s a las 15:10 horas y 6.00 m3/s a las 16:30 horas, respectivamente.

Los resultados obtenidos en esta sección del río Huaura fue comparada con los resultados probabilísticos de la descarga máxima instantánea de la estación Sayán para un periodo de retorno de 1000 años. Mediante el método estadístico GUMBEL para una descarga máxima instantánea de diseño es de 458.35 m3/s y mediante el modelo HEC HMS es de 957.8 m3/s, habiendo una diferencia significante; esta diferencia se debe a que la longitud de la serie disponible de la estación Sayán es de 30 años y los resultados obtenidos con las distribuciones tienden a subestimar los resultados para periodos de retorno superiores a 30 años.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

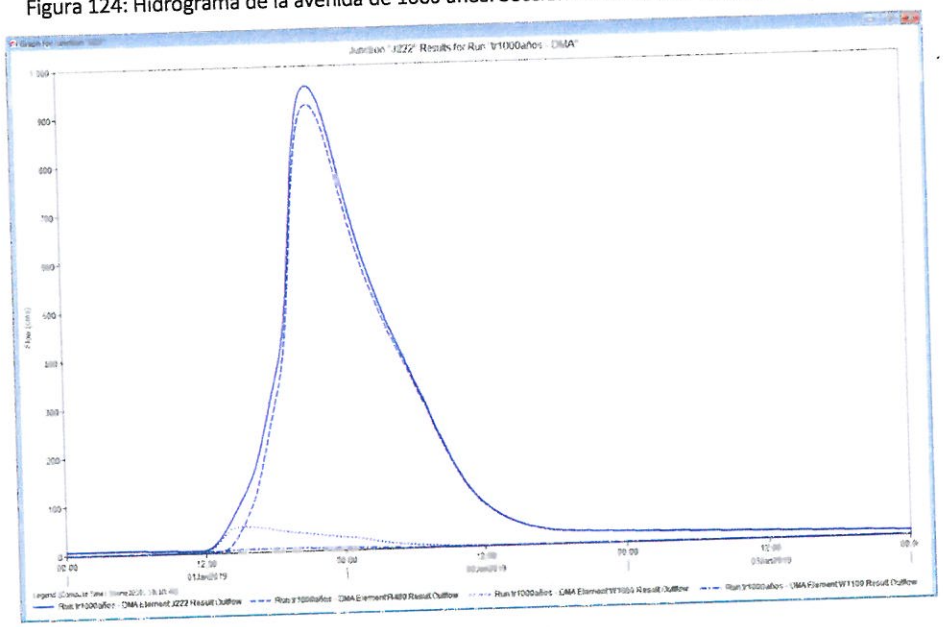
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 124: Hidrograma de la avenida de 1000 años. Sección de la cuenca "Estación Sayán"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

11.2 RÍO HUAURA EN UNIÓN QUICHAS-USHPA Y PAMPAHUAY-PATÓN

La unión de las subcuencas Quichas-Ushpa y Pampahuay-Patón es el elemento de convergencia "J330" del modelo hidrológico desarrollado en el programa HEC-HMS, para lo cual se toma en cuenta los pasos siguientes:

- Modelo de cuenca en el punto de interés: Para estimar las pérdidas se utilizó el método del Numero se Curva de la SCS, se determinó el tiempo de concentración de las microcuencas (W620, W630, W640, W650, W660 y W680) localizadas en dichas microcuencas, adicionalmente, se generó sus parámetros fisiográficos en ARC-GIS versión 10.3 con la extensión GEO-HMS. El flujo base se considera poco significante previo a la ocurrencia de máximas avenidas.
- Modelo Meteorológico: Se realizó el análisis estadístico de la información pluviométrica y su respectiva ley de frecuencias, dichos resultados fueron ingresados al modelo meteorológico mediante hietogramas de avenidas: 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 y 1000 años, con una duración de tormenta de 6 horas; las cuales han sido convenientemente distribuidas en el ámbito de las subcuencas.
- Especificaciones de Control: Para realizar la simulación de la avenida se especifica una fecha de inicio y final, dentro de este rango se presentarán los resultados de la simulación y el hidrograma de avenida, para los casos analizados, la fecha de inicio es el 01 de enero del 2019 a las 00:00 horas y la fecha de fin es el 04 de enero del 2019 a las 00:00 pm; con intervalo de tiempo computacional de 10 minutos.
- Calibración del Modelo: Se tomó como referencia los resultados de máximas avenidas de la estación hidrométrica Sayán; siendo este un elemento aportante al recurso hídrico de la cuenca.
- En estas subcuencas existen varios embalses de regulación estacional, construidos con fines de riego y/o generación eléctrica y/o poblacional y/o minero; entre los cuales podemos citar los siguientes:

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CUADRAS
JEFE DE SUPERVISION
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53939

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcial Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

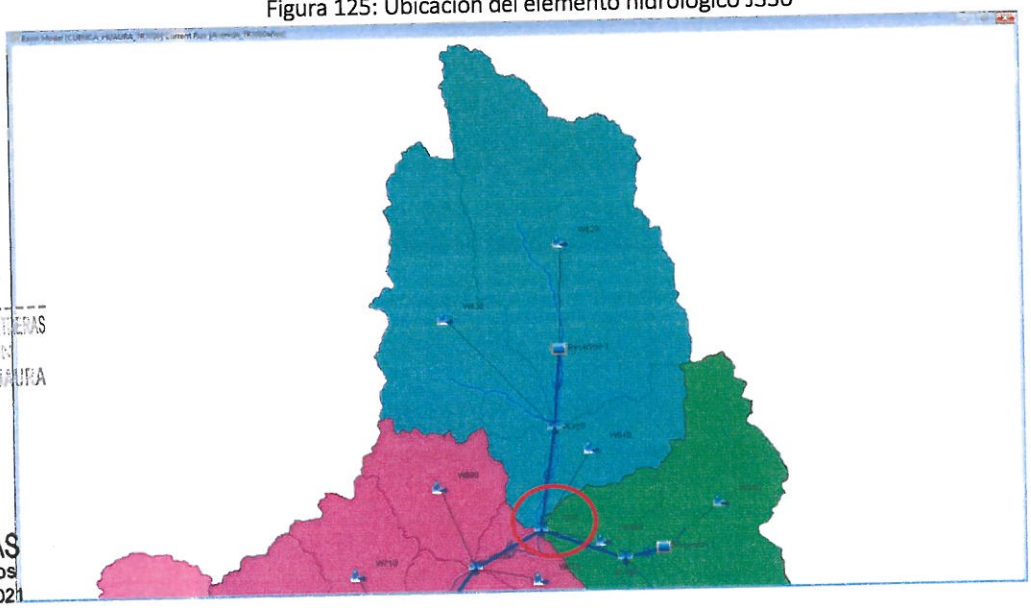
CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZ
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 11-1: Relación de presas localizadas en las subcuencas Quinchas-Ushpa y Pampahuay-Patón

ESTE	NORTE	NOMBRE	AAA	ALA	RIOS	NOMBDEP	NOMBPROV	NOMBDIST	Microcuenca
311045	8832401	ANAMARAY/CHALUASARINAN	Cañete-Fortaleza	Huaura	Quichas / Quebrada Guengue	Lima	Oyón	Oyón	W620
309876	8836175	VETACOCHA	Cañete-Fortaleza	Huaura	Laguna Vetacocha	Lima	Oyón	Oyón	W620
304308	8836376	SURASACA	Cañete-Fortaleza	Huaura	Surasaca	Lima	Oyón	Oyón	W620
305366	8838974	LEÓN PUNUNAN	Cañete-Fortaleza	Huaura	Laguna Gayac	Lima	Oyón	Oyón / Pueblo Surasaca	W620
304484	8839174	YARUPAK	Cañete-Fortaleza	Huaura	Laguna Yarupak	Lima	Oyón	Oyón / Pueblo Surasaca	W620
302857	8842705	YURACOCHA (RAURA)	Cañete-Fortaleza	Huaura	Laguna Yuracocha	Lima	Oyón	Oyón	W620
311678	8825815	MANCACUTA	Cañete-Fortaleza	Huaura	Laguna Mancacuta	Lima	Oyón	Oyón	W640
312877	8820454	AGUA PATÓN	Cañete-Fortaleza	Huaura	Patón / Laguna Patón	Lima	Oyón	Oyón	W650
315288	8822309	AÑILCOCHA	Cañete-Fortaleza	Huaura	Patón / Laguna Añilcocha	Lima	Oyón	Oyón	W650
314907	8822780	UCHUCCHACUA (MESAPATA)	Cañete-Fortaleza	Huaura	No aplica	Lima	Oyón	Oyón	W650
315274	8822807	UCHUCCHACUA (RELAVERA N° 3)	Cañete-Fortaleza	Huaura	No Aplica	Lima	Oyón	Oyón	W650
315164	8828475	CABALLOCOCHA	Cañete-Fortaleza	Huaura	Laguna Caballococha	Lima	Daniel Alcides Carrión	Yanahuanca	W650
314718	8828727	CHACRA	Cañete-Fortaleza	Huaura	Laguna Chacra	Lima	Daniel Alcides Carrión	Yanahuanca	W650

- Dichos embalses regulan la parte alta de la cuenca en aproximadamente 30 MMC.
- En el modelo hidrológico se ha tomado en cuenta la influencia de estos embalses y/o lagunas en el análisis de las avenidas extraordinarias, considerando los criterios del Numeral 10.11.
- En el Anexo 8.1 se muestra el resultado de los hidrogramas obtenidos en el elemento "J330", y en el Anexo 14 el modelo hidrológico de máximas avenidas desarrollado en el programa HEC-HMS versión 4.3.
- A continuación, se muestra la ubicación del elemento hidrológico "J330", correspondiente a la convergencia de las subcuencas Quichas-Ushpa y Pampahuay-Patón en el esquema topológico del modelo HEC-HMS.

Figura 125: Ubicación del elemento hidrológico J330



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

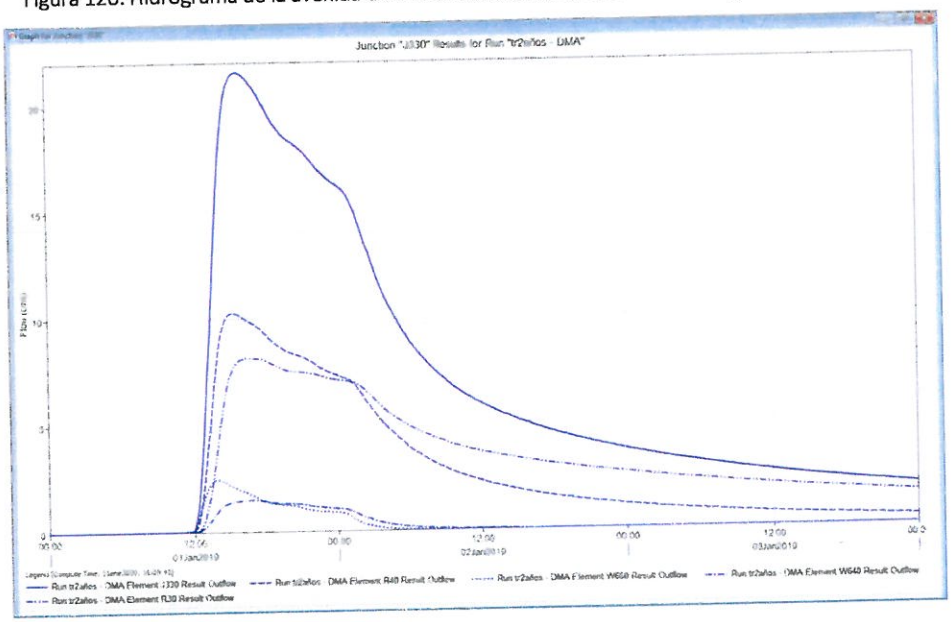
- Avenida de 2 años

La unión de las subcuencas Quichas-Ushpa y Pampahuay-Patón se representa por el elemento de convergencia "J330", los resultados indican que las avenidas extraordinarias producidas por las microcuencas W620 y W650, serían atenuadas en parte por las lagunas y embalses existentes que indican en el Cuadro 10.18, la representación en el modelo hidrológico fue denominados Reservoir-1 y Reservoir-2.

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J330" se muestra en la Figura 126, el caudal pico es de 21.5 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 1583.8 milesm3 para un periodo de retorno de 2 años. La descarga máxima se presenta a las 15:50 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R40, microcuenca W660, microcuenca W640 y tramo R30; siendo los picos de 10.2 m3/s a las 15:30 horas, 2.40 m3/s a las 13:50 horas, 1.50 m3/s a las 16:20 horas y 8.10 m3/s a las 16:20 horas, respectivamente.

Mayor detalle de los resultados revisar el modelo hidrológico HEC-HMS en su versión digital presentado en el Anexo 14.

Figura 126: Hidrograma de la avenida de 2 años. Sección de la cuenca "Convergencia J330"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 5 años

La unión de las subcuencas Quichas-Ushpa y Pampahuay-Patón se representa por el elemento de convergencia "J330", los resultados indican que las avenidas extraordinarias producidas por las microcuencas W620 y W650, serían atenuadas en parte por las lagunas y embalses existentes que se indican en el Cuadro 10.18, la representación en el modelo hidrológico fue denominados Reservoir-1 y Reservoir-2.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

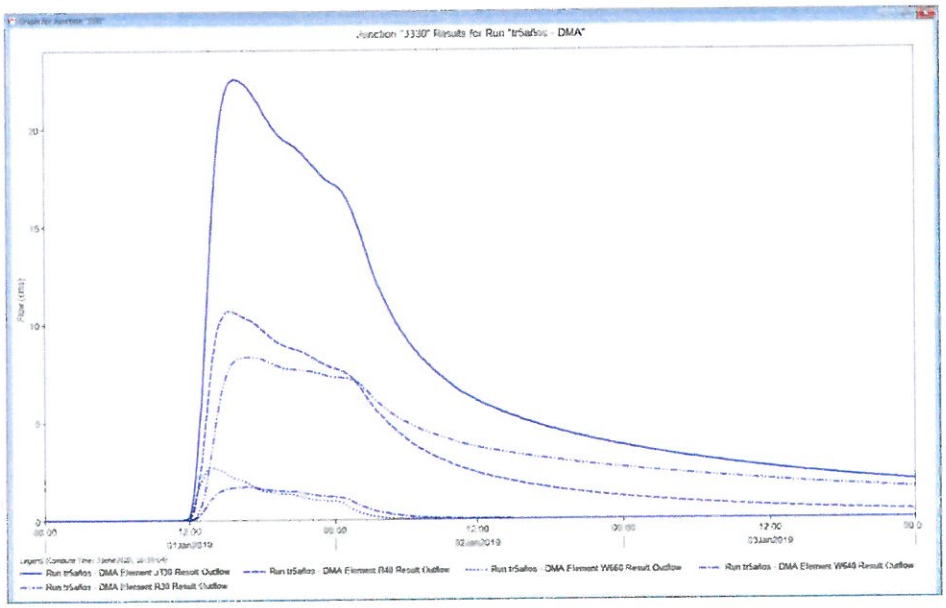
Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J330" se muestra en la Figura 127, el caudal pico es de 22.5 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 1644.5 milesm3 para un periodo de retorno de 5 años. La descarga máxima se presenta a las 15:50 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R40, microcuenca W660, microcuenca W640 y tramo R30; siendo los picos de 10.3 m3/s a las 15:20 horas, 2.40 m3/s a las 14:50 horas, 1.60 m3/s a las 15:20 horas y 8.30 m3/s a las 16:20 horas, respectivamente.

Figura 127: Hidrograma de la avenida de 5 años. Sección de la cuenca "Convergencia J330"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 10 años

La unión de las subcuencas Quichas-Ushpa y Pampahuay-Patón se representa por el elemento de convergencia "J330", los resultados indican que las avenidas extraordinarias producidas por las microcuencas W620 y W650, serían atenuadas en parte por las lagunas y embalses existentes que se indican en el Cuadro 10.18, la representación en el modelo hidrológico fue denominados Reservoir-1 y Reservoir-2.

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J330" se muestra en la Figura 128, el caudal pico es de 28.4 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 1819.2 milesm3 para un periodo de retorno de 10 años. La descarga máxima se presenta a las 15:30 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R40, microcuenca W660, microcuenca W640 y tramo R30; siendo los picos de 10.5 m3/s a las 15:30 horas, 3.10 m3/s a las 13:50 horas, 1.90 m3/s a las 15:40 horas y 13.60 m3/s a las 15:40 horas, respectivamente.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS ROBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

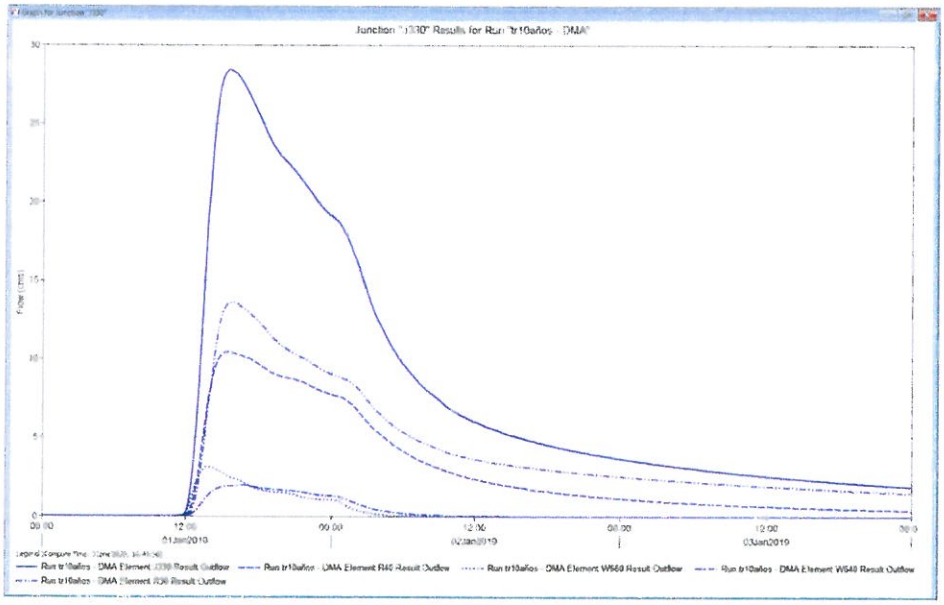
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrología
CIP: 64051

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 128: Hidrograma de la avenida de 10 años. Sección de la cuenca "Convergencia J330"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 25 años

La unión de las subcuencas Quichas-Ushpa y Pampahuay-Patón se representa por el elemento de convergencia "J330", los resultados indican que las avenidas extraordinarias producidas por las microcuencas W620 y W650, serían atenuadas en parte por las lagunas y embalses existentes que se indican en el Cuadro 10.18, la representación en el modelo hidrológico fue denominados Reservoir-1 y Reservoir-2.

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J330" se muestra en la Figura 129, el caudal pico es de 29.5 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 1896.9 milesm3 para un periodo de retorno de 50 años. La descarga máxima se presenta a las 15:40 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R40, microcuenca W660, microcuenca W640 y tramo R30; siendo los picos de 11.0 m3/s a las 15:20 horas, 3.40 m3/s a las 13:50 horas, 2.20 m3/s a las 15:40 horas y 13.70 m3/s a las 15:40 horas, respectivamente.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

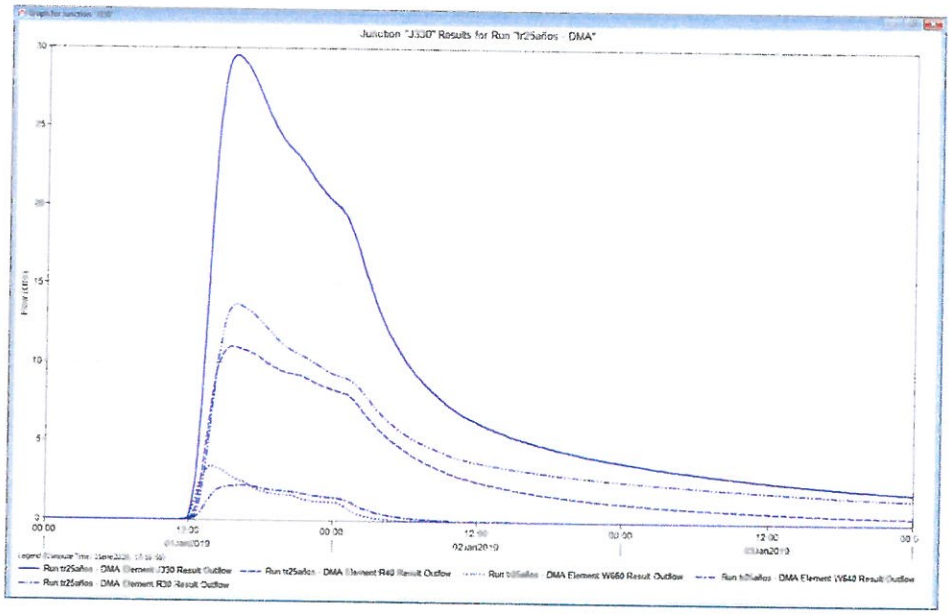
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marco Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 129: Hidrograma de la avenida de 25 años. Sección de la cuenca "Convergencia J330"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 50 años

La unión de las subcuencas Quichas-Ushpa y Pampahuay-Patón se representa por el elemento de convergencia "J330", los resultados indican que las avenidas extraordinarias producidas por las microcuencas W620 y W650, serían atenuadas en parte por las lagunas y embalses existentes que se indican en el Cuadro 10.18, la representación en el modelo hidrológico fue denominados Reservoir-1 y Reservoir-2.

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J330" se muestra en la Figura 130, el caudal pico es de 36.4 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 2121.8 milesm3 para un periodo de retorno de 50 años. La descarga máxima se presenta a las 15:20 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R40, microcuenca W660, microcuenca W640 y tramo R30; siendo los picos de 11.1 m3/s a las 15:20 horas, 4.90 m3/s a las 13:30 horas, 5.60 m3/s a las 14:30 horas y 16.30 m3/s a las 15:40 horas, respectivamente.

Manuel J. Ucos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISION HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISION
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

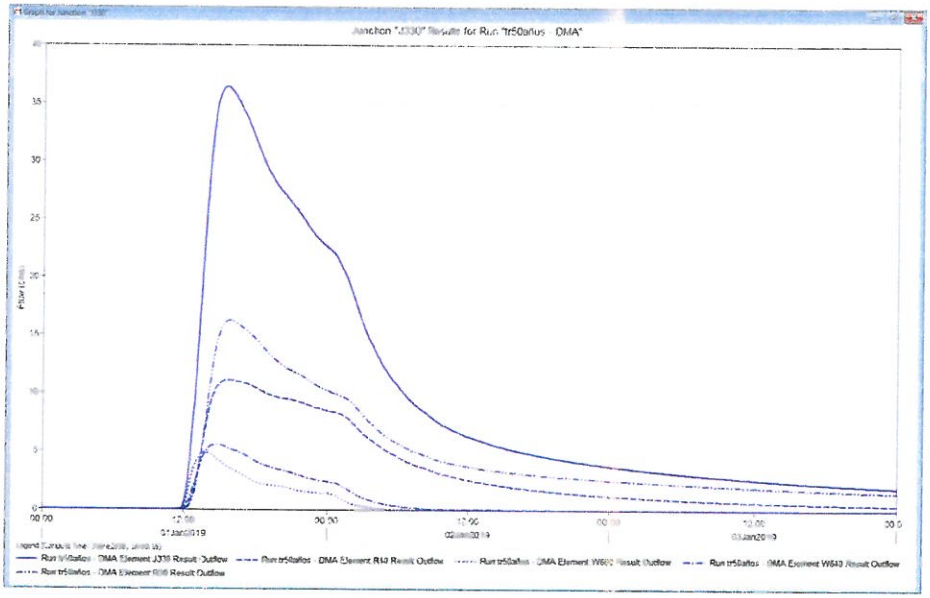
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 130: Hidrograma de la avenida de 50 años. Sección de la cuenca "Convergencia J330"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 100 años

La unión de las subcuencas Quichas-Ushpa y Pampahuay-Patón se representa por el elemento de convergencia "J330", los resultados indican que las avenidas extraordinarias producidas por las microcuencas W620 y W650, serían atenuadas en parte por las lagunas y embalses existentes que se indican en el Cuadro 10.18, la representación en el modelo hidrológico fue denominados Reservoir-1 y Reservoir-2.

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J330" se muestra en la Figura 131, el caudal pico es de 45.2 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 2590.2 milesm3 para un periodo de retorno de 100 años. La descarga máxima se presenta a las 15:10 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R40, microcuenca W660, microcuenca W640 y tramo R30; siendo los picos de 14.10 m3/s a las 15:20 horas, 6.40 m3/s a las 13:30 horas, 7.20 m3/s a las 14:20 horas y 19.60 m3/s a las 15:30 horas, respectivamente.

Manuel J. Cos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

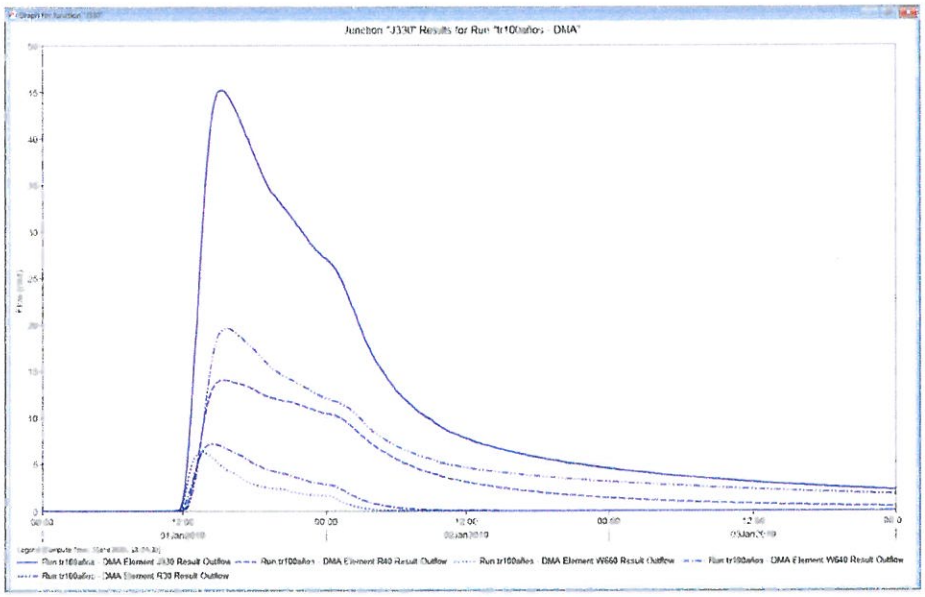
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 131: Hidrograma de la avenida de 100 años. Sección de la cuenca "Convergencia J330"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 200 años

La unión de las subcuencas Quichas-Ushpa y Pampahuay-Patón se representa por el elemento de convergencia "J330", los resultados indican que las avenidas extraordinarias producidas por las microcuencas W620 y W650, serían atenuadas en parte por las lagunas y embalses existentes que se indican en el Cuadro 10.18, la representación en el modelo hidrológico fue denominados Reservoir-1 y Reservoir-2.

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J330" se muestra en la Figura 132, el caudal pico es de 55.3 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 3080.0 milesm3 para un periodo de retorno de 200 años. La descarga máxima se presenta a las 15:10 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R40, microcuenca W660, microcuenca W640 y tramo R30; siendo los picos de 17.4 m3/s a las 15:10 horas, 8.20 m3/s a las 13:40 horas, 9.20 m3/s a las 14:30 horas y 23.40 m3/s a las 15:30 horas, respectivamente.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISION
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

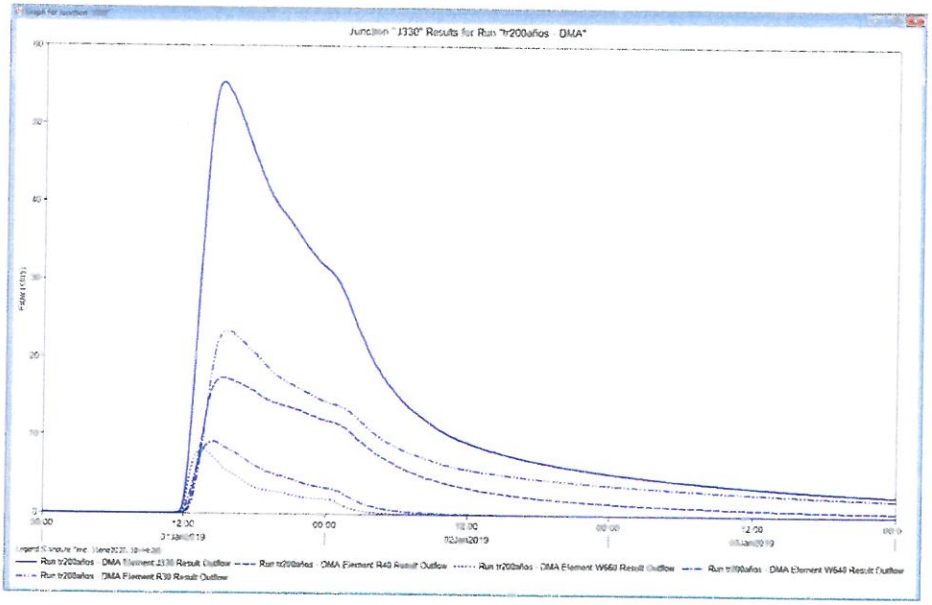
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcial Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 132: Hidrograma de la avenida de 200 años. Sección de la cuenca "Convergencia J330"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 500 años

La unión de las subcuencas Quichas-Ushpa y Pampahuay-Patón se representa por el elemento de convergencia "J330", los resultados indican que las avenidas extraordinarias producidas por las microcuencas W620 y W650, serían atenuadas en parte por las lagunas y embalses existentes que se indican en el Cuadro 10.18, la representación en el modelo hidrológico fue denominados Reservoir-1 y Reservoir-2.

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J330" se muestra en la Figura 133, el caudal pico es de 71.4 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 3912.6 milesm3 para un periodo de retorno de 500 años. La descarga máxima se presenta a las 15:00 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R40, microcuenca W660, microcuenca W640 y tramo R30; siendo los picos de 22.9 m3/s a las 15:10 horas, 11.10 m3/s a las 13:30 horas, 12.30 m3/s a las 14:20 horas y 29.30 m3/s a las 15:30 horas, respectivamente.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VÁSQUEZ CORTIJERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

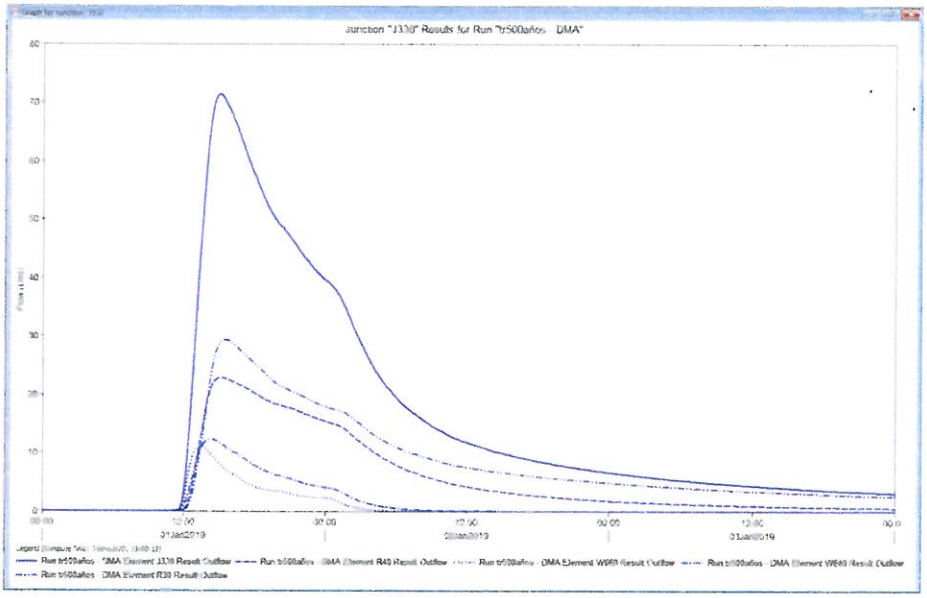
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcial Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 133: Hidrograma de la avenida de 500 años. Sección de la cuenca "Convergencia J330"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 1000 años

La unión de las subcuencas Quichas-Ushpa y Pampahuay-Patón se representa por el elemento de convergencia "J330", los resultados indican que las avenidas extraordinarias producidas por las microcuencas W620 y W650, serían atenuadas en parte por las lagunas y embalses existentes que se indican en el Cuadro 10.18, la representación en el modelo hidrológico fue denominados Reservoir-1 y Reservoir-2.

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J330" se muestra en la Figura 134, el caudal pico es de 73.1 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 4302.9 milesm3 para un periodo de retorno de 1000 años. La descarga máxima se presenta a las 15:00 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R40, microcuenca W660, microcuenca W640 y tramo R30; siendo los picos de 17.0 m3/s a las 17:40 horas, 13.60 m3/s a las 13:20 horas, 15.10 m3/s a las 14:00 horas y 33.70 m3/s a las 16:00 horas, respectivamente.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

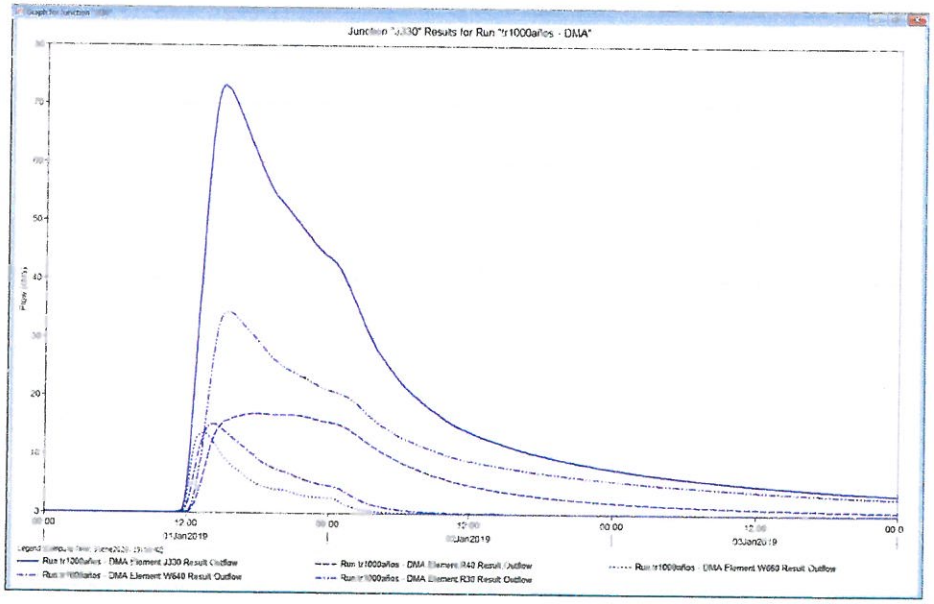
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. José Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 134: Hidrograma de la avenida de 1000 años. Sección de la cuenca "Convergencia J330"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

11.3 FIN SUBCUENCA COCHAQUILLO-QUERURACCRA

El fin de la subcuenca es el elemento de convergencia "J248" del modelo hidrológico desarrollado en el programa HEC-HMS, para lo cual se toma en cuenta los pasos siguientes:

- Modelo de cuenca en el punto de interés: Para estimar las pérdidas se utilizó el método del Numero se Curva de la SCS, se determinó el tiempo de concentración de las microcuencas (W780, W860, W880, W890, W940, W990, W1000 y W1010) localizadas en dicha subcuenca, adicionalmente, se generó sus parámetros fisiográficos en ARC-GIS versión 10.3 con la extensión GEO-HMS. El flujo base se considera poco significante previo a la ocurrencia de máximas avenidas.
- Modelo Meteorológico: Se realizó el análisis estadístico de la información pluviométrica y su respectiva ley de frecuencias, dichos resultados fueron ingresados al modelo meteorológico mediante hietogramas de avenidas: 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 y 1000 años, con una duración de tormenta de 6 horas; las cuales han sido convenientemente distribuidas en el ámbito de las subcuencas.
- Especificaciones de Control: Para realizar la simulación de la avenida se especifica una fecha de inicio y final, dentro de este rango se presentarán los resultados de la simulación y el hidrograma de avenida, para los casos analizados, la fecha de inicio es el 01 de enero del 2019 a las 00:00 horas y la fecha de fin es el 04 de enero del 2019 a las 00:00 pm; con intervalo de tiempo computacional de 10 minutos.
- Calibración del Modelo: Se tomó como referencia los resultados de máximas avenidas de la estación hidrométrica Picoy; siendo este un elemento aportante al recurso hídrico de la cuenca.
- En esta subcuenca existe un pequeño embalse de regulación estacional, construido con fines de riego:

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

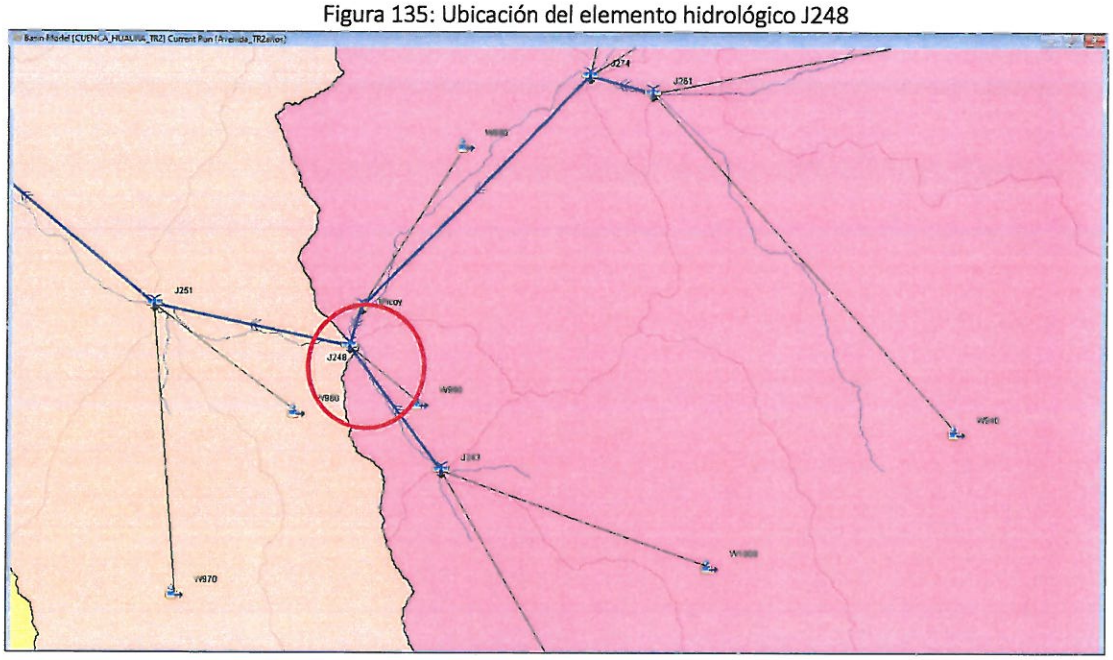
CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 11-2: Relación de presas localizadas en la subcuenca Cochaquillo-Queruraccra

ESTE	NORTE	NOMBRE	AAA	ALA	RIOS	NOMBDEP	NOMBPROV	NOMBDIST	Microcuenca
317668	8805042	CORRALPATA/COCHAQUILLO	Cañete-Fortaleza	Huaura	Laguna Cochaquillo	Lima	Oyón	Oyón	W780

- En el Anexo 8.1 se muestra el resultado de los hidrogramas obtenidos en el elemento "J248", y en el Anexo 14 el modelo hidrológico de máximas avenidas desarrollado en el programa HEC-HMS versión 4.3.
- A continuación, se muestra la ubicación del elemento hidrológico "J248", correspondiente al fin de la subcuenca Cochaquillo-Queruraccra en el esquema topológico del modelo HEC-HMS.

Figura 135: Ubicación del elemento hidrológico J248



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 2 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J248" se muestra en la Figura 136, el caudal pico es de 64.7 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 2276.1 milesm3 para un periodo de retorno de 02 años. La descarga máxima se presenta a las 15:50 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R310, tramo R360 y W990; siendo los picos de 46.80 m3/s a las 16:20 horas, 21.4 m3/s a las 14:10 horas y 1.0 m3/s a las 13:10 horas, respectivamente.

Aguas arriba de este punto se localiza el elemento JPicoy o estación hidrométrica Picoy. El resultado obtenido en el modelo HEC HMS fue comparado con el resultado probabilístico de la descarga máxima instantánea de la estación Picoy con periodo de retorno de 2 años. El resultado mediante el método LEBEDIEV es de 43.87 m3/s y mediante el modelo HEC HMS es de 47.30 m3/s, resultando un valor muy cercano.

ING. MANUEL HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

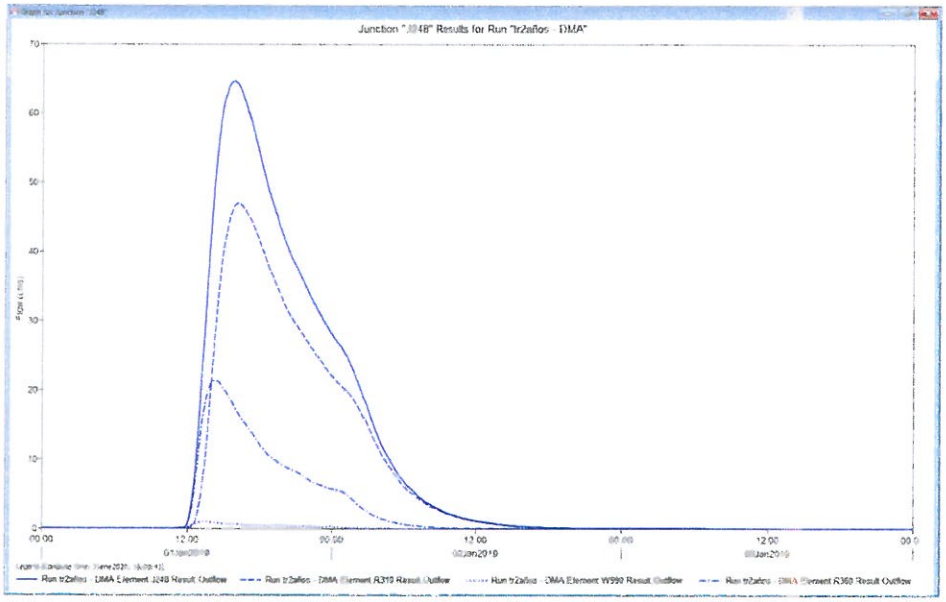
Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcial Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 136: Hidrograma de la avenida de 2 años. Sección de la cuenca "Convergencia J248"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 5 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J248" se muestra en la Figura 137, el caudal pico es de 86.1 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 3023.9 milesm3 para un periodo de retorno de 05 años. La descarga máxima se presenta a las 15:40 horas de iniciada la tormenta de diseño de 6 horas. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R310, tramo R360 y W990; siendo los picos de 60.0 m3/s a las 16:10 horas, 32.6 m3/s a las 14:00 horas y 1.8 m3/s a las 13:10 horas, respectivamente.

Aguas arriba de este punto se localiza el elemento JPicoy o estación hidrométrica Picoy. El resultado obtenido en el modelo HEC HMS fue comparado con el resultado probabilístico de la descarga máxima instantánea de la estación Picoy con periodo de retorno de 5 años. El resultado mediante el método LEBEDIEV es de 60.86 m3/s y mediante el modelo HEC HMS es de 60.4 m3/s, resultando un valor muy cercano.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

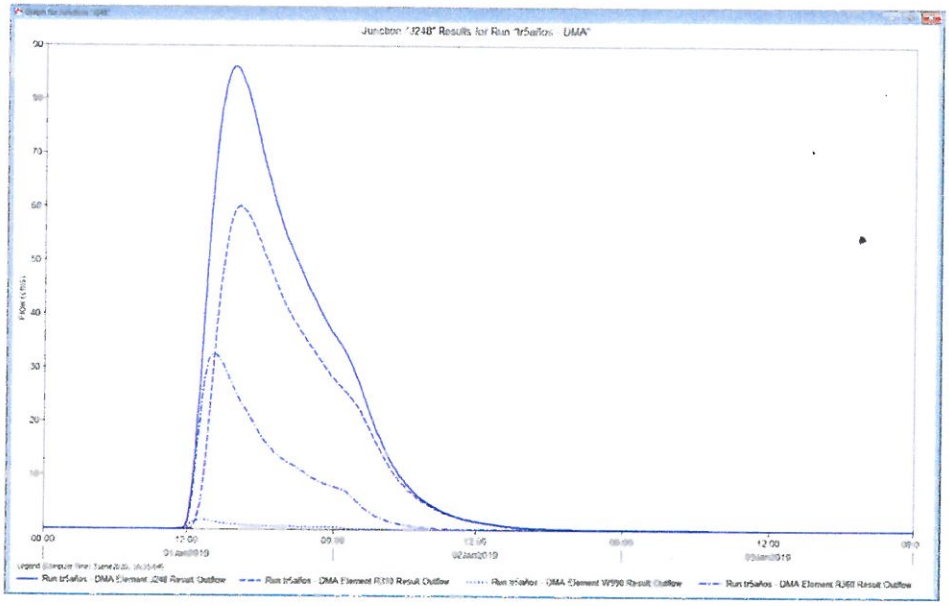
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 137: Hidrograma de la avenida de 5 años. Sección de la cuenca "Convergencia J248"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 10 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J248" se muestra en la Figura 138, el caudal pico es de 103.9 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 3662.8 milesm3 para un periodo de retorno de 10 años. La descarga máxima se presenta a las 15:40 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R310, tramo R360 y W990; siendo los picos de 70.40 m3/s a las 16:10 horas, 43.00 m3/s a las 14:00 horas y 2.50 m3/s a las 13:10 horas, respectivamente.

Aguas arriba de este punto se localiza el elemento JPicoy o estación hidrométrica Picoy. El resultado obtenido en el modelo HEC HMS fue comparado con el resultado probabilístico de la descarga máxima instantánea de la estación Picoy con periodo de retorno de 10 años. El resultado mediante el método LEBEDIEV es de 82.31 m3/s y mediante el modelo HEC HMS es de 70.8 m3/s, resultando un valor cercano.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

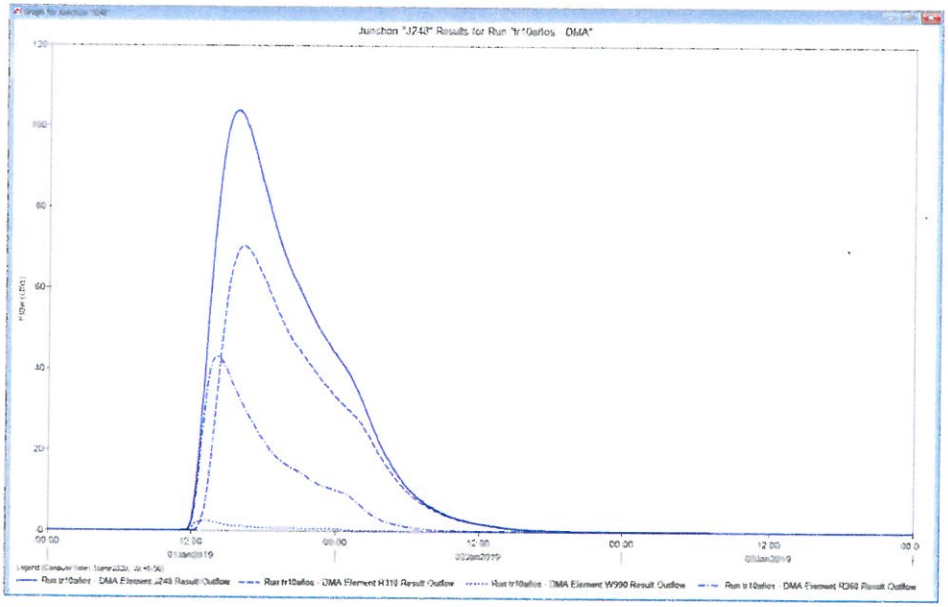
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcial Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 138: Hidrograma de la avenida de 10 años. Sección de la cuenca "Convergencia J248"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 25 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J248" se muestra en la Figura 139, el caudal pico es de 141.5 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 4941.7 milesm3 para un periodo de retorno de 25 años. La descarga máxima se presenta a las 15:40 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R310, tramo R360 y W990; siendo los picos de 96.70 m3/s a las 16:10 horas, 64.40 m3/s a las 14:00 horas y 4.00 m3/s a las 13:00 horas, respectivamente.

Aguas arriba de este punto se localiza el elemento JPicoy o estación hidrométrica Picoy. El resultado obtenido en el modelo HEC HMS fue comparado con el resultado probabilístico de la descarga máxima instantánea de la estación Picoy con periodo de retorno de 25 años. El resultado mediante el método LEBEDIEV es de 100.68 m3/s y mediante el modelo HEC HMS es de 93.3 m3/s, resultando un valor cercano.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

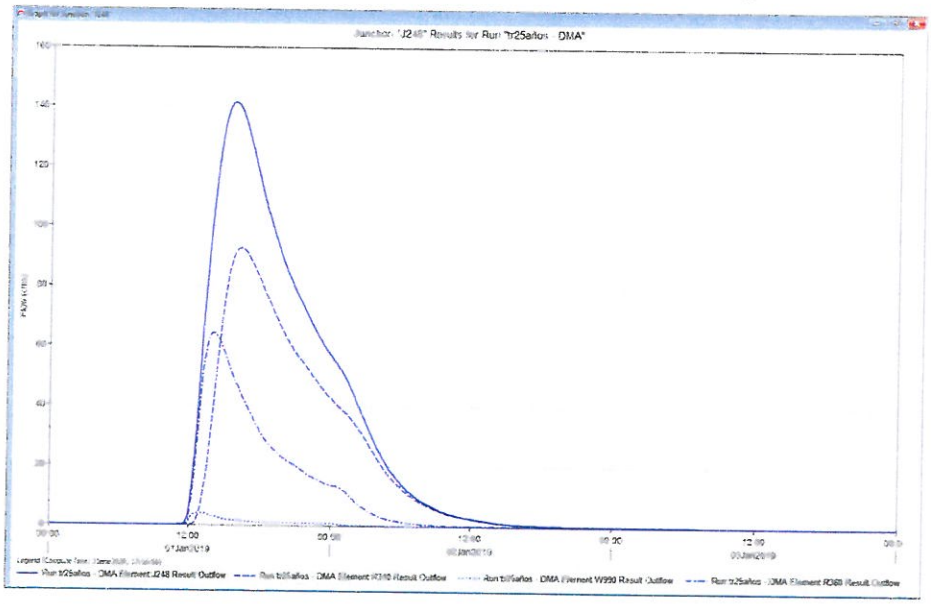
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 139: Hidrograma de la avenida de 25 años. Sección de la cuenca "Convergencia J248"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 50 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J248" se muestra en la Figura 140, el caudal pico es de 155.7 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 5520.7 milesm3 para un periodo de retorno de 50 años. La descarga máxima se presenta a las 15:50 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R310, tramo R360 y W990; siendo los picos de 101.40 m3/s a las 16:20 horas, 73.10 m3/s a las 14:00 horas y 3.70 m3/s a las 13:10 horas, respectivamente.

Aguas arriba de este punto se localiza el elemento JPicoy o estación hidrométrica Picoy. El resultado obtenido en el modelo HEC HMS fue comparado con el resultado probabilístico de la descarga máxima instantánea de la estación Picoy con periodo de retorno de 50 años. El resultado mediante el método LEBEDIEV es de 122.28 m3/s y mediante el modelo HEC HMS es de 102.0 m3/s, resultando un valor cercano.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

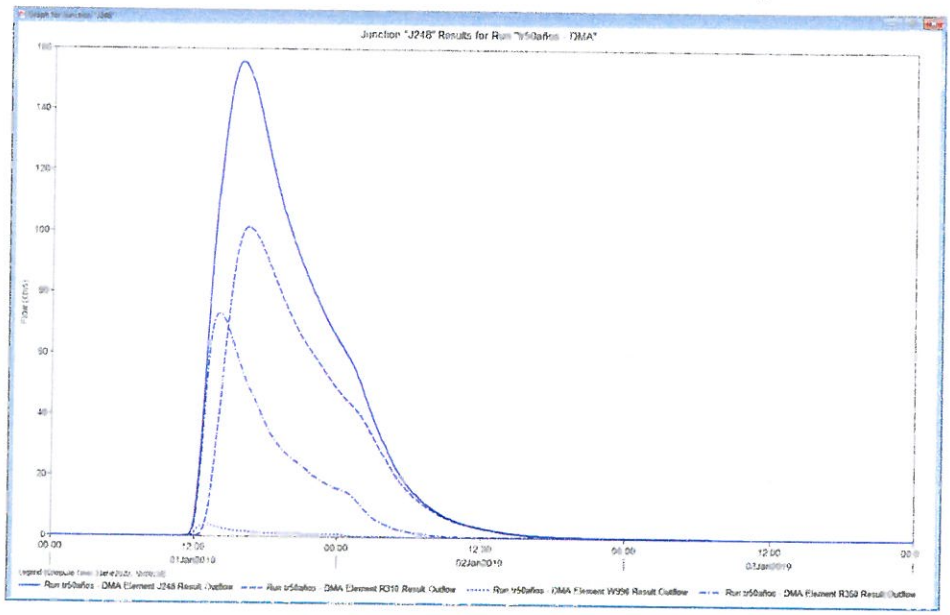
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 140: Hidrograma de la avenida de 50 años. Sección de la cuenca "Convergencia J248"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 100 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J248" se muestra en la Figura 141, el caudal pico es de 197.4 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 6947.1 milesm3 para un periodo de retorno de 100 años. La descarga máxima se presenta a las 15:50 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R310, tramo R360 y W990; siendo los picos de 125.80 m3/s a las 16:20 horas, 98.20 m3/s a las 14:00 horas y 5.30 m3/s a las 13:00 horas, respectivamente.

Aguas arriba de este punto se localiza el elemento JPicoy o estación hidrométrica Picoy. El resultado obtenido en el modelo HEC HMS fue comparado con el resultado probabilístico de la descarga máxima instantánea de la estación Picoy con periodo de retorno de 100 años. El resultado mediante el método LEBEDIEV es de 138.67 m3/s y mediante el modelo HEC HMS es de 126.6 m3/s, lo que resulta un valor aceptable.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58959

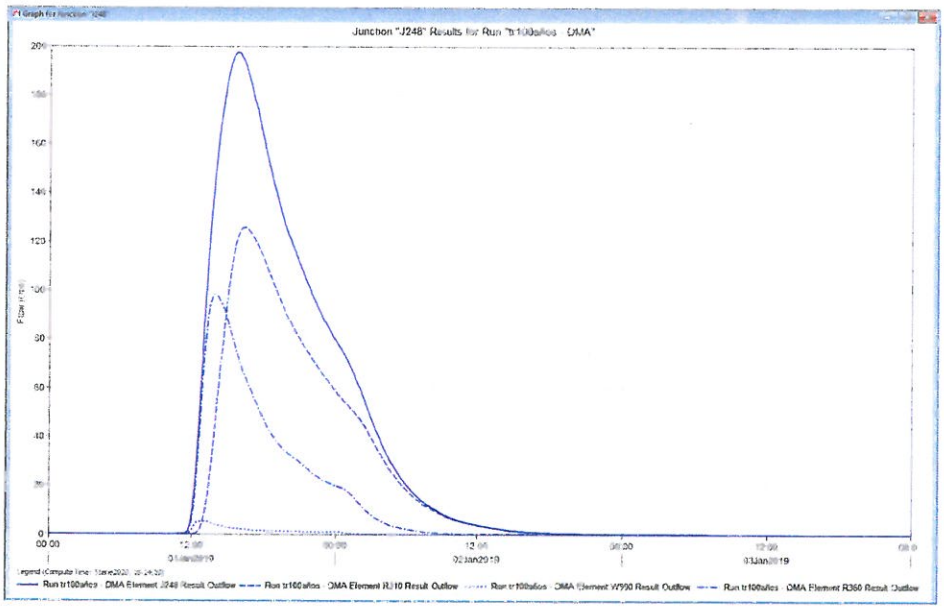
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marvil Arturo Paez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 141: Hidrograma de la avenida de 100 años. Sección de la cuenca "Convergencia J248"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 200 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J248" se muestra en la Figura 142, el caudal pico es de 251.2 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 5848.6 milesm3 para un periodo de retorno de 200 años. La descarga máxima se presenta a las 6:40 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo Picoy, tramo R360 y W990; siendo los picos de 156.80 m3/s a las 16:20 horas, 131.30 m3/s a las 13:50 horas y 7.80 m3/s a las 12:30 horas, respectivamente.

Aguas arriba de este punto se localiza el elemento JPicoy o estación hidrométrica Picoy. El resultado obtenido en el modelo HEC HMS fue comparado con el resultado probabilístico de la descarga máxima instantánea de la estación Picoy con periodo de retorno de 200 años. El resultado mediante el método de LEBEDIEV es de 155.86 m3/s y mediante el modelo HEC HMS es de 157.8 m3/s, lo que resulta un valor muy cercano.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 50599

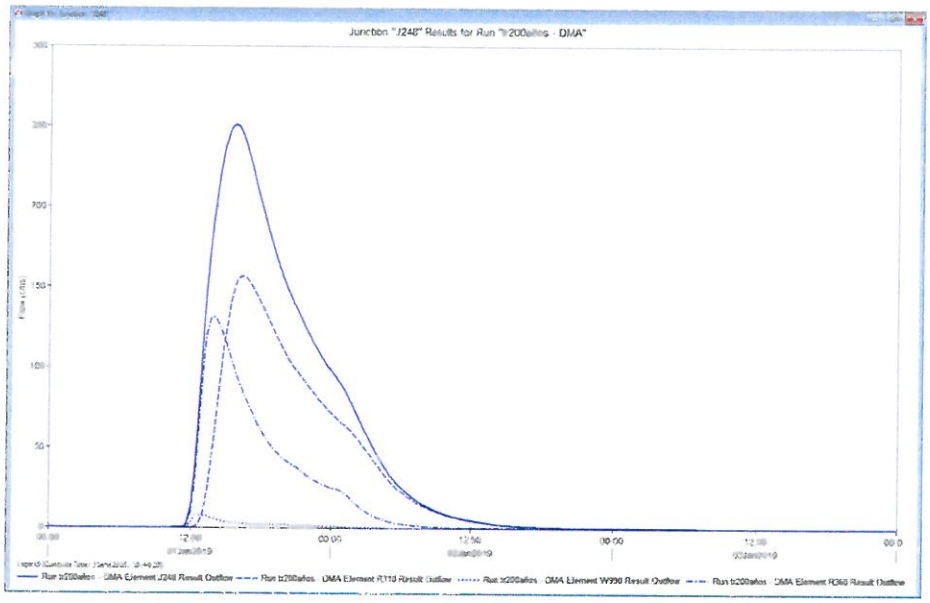
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 142: Hidrograma de la avenida de 200 años. Sección de la cuenca "Convergencia J248"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 500 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J248" se muestra en la Figura 143, el caudal pico es de 364.3 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 12493.3 milesm3 para un periodo de retorno de 500 años. La descarga máxima se presenta a las 15:40 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R310, tramo R360 y W990; siendo los picos de 223.90 m3/s a las 16:20 horas, 199.20 m3/s a las 13:50 horas y 13.60 m3/s a las 12:30 horas, respectivamente.

Aguas arriba de este punto se localiza el elemento JPicoy o estación hidrométrica Picoy. El resultado obtenido en el modelo HEC HMS fue comparado con el resultado probabilístico de la descarga máxima instantánea de la estación Picoy con periodo de retorno de 500 años. El resultado mediante el método de GUMBEL es de 189.77 m3/s y mediante el modelo HEC HMS es de 225.6 m3/s.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58599

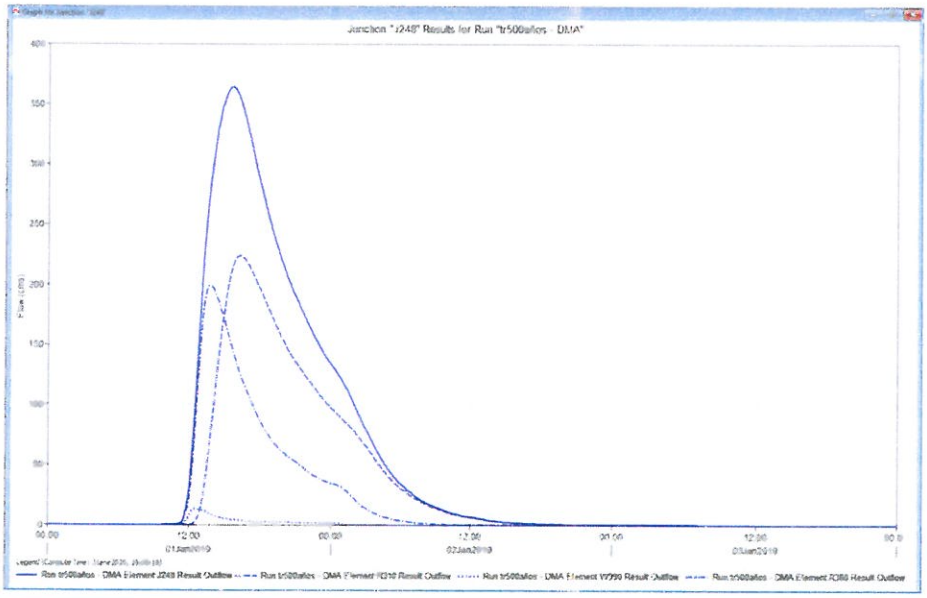
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marco Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 143: Hidrograma de la avenida de 500 años. Sección de la cuenca "Convergencia J248"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 1000 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J248" se muestra en la Figura 144, el caudal pico es de 465.7 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 15839.8 milesm3 para un periodo de retorno de 1000 años. La descarga máxima se presenta a las 15:30 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R310, tramo R360 y W990; siendo los picos de 282.70 m3/s a las 16:10 horas, 262.60 m3/s a las 13:50 horas y 19.20 m3/s a las 12:30 horas, respectivamente.

Aguas arriba de este punto se localiza el elemento JPicoy o estación hidrométrica Picoy. El resultado obtenido en el modelo HEC HMS fue comparado con el resultado probabilístico de la descarga máxima instantánea de la estación Picoy con periodo de retorno de 1000 años. El resultado mediante el método de GUMBEL es de 204.82 m3/s y mediante el modelo HEC HMS es de 284.90 m3/s.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

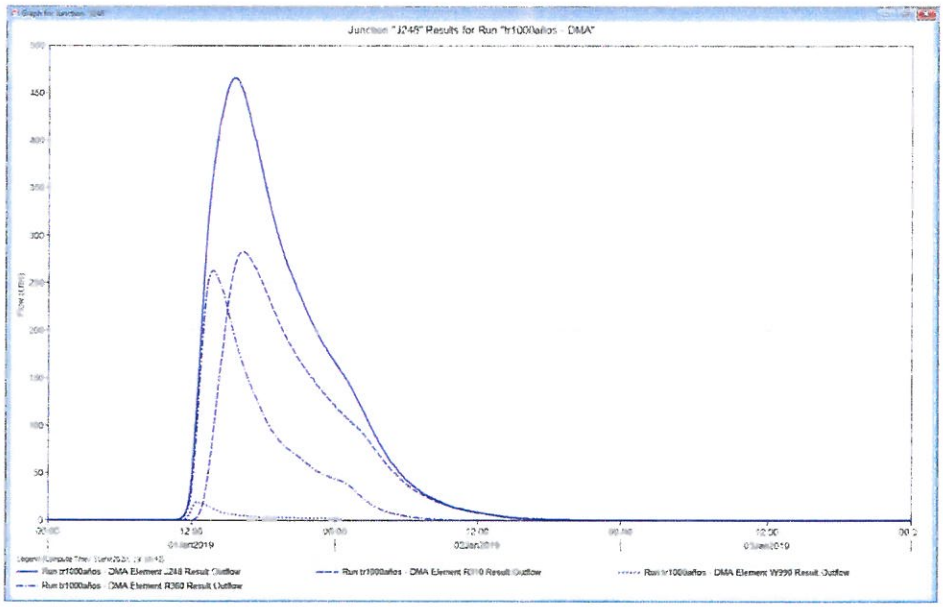
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 144: Hidrograma de la avenida de 1000 años. Sección de la cuenca "Convergencia J248"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

11.4 CONVERGENCIA SUBCUENCAS HUAURA-CHURIN Y CHECRAS

La unión de las subcuencas Huaura-Churin y Checras es el elemento de convergencia "J286" del modelo hidrológico desarrollado en el programa HEC-HMS, para lo cual se toma en cuenta los pasos siguientes:

- Modelo de cuenca en el punto de interés: Para estimar las pérdidas se utilizó el método del Numero se Curva de la SCS, se determinó el tiempo de concentración de las microcuencas (W690, W670, W700, W710, W720, W740, W750, W760, W770, W790, W840, W930, W970 y W980) localizadas en dichas microcuencas, adicionalmente, se generó sus parámetros fisiográficos en ARC-GIS versión 10.3 con la extensión GEO-HMS. El flujo base se considera poco significante previo a la ocurrencia de máximas avenidas.
- La Subcuenca Huaura-Churin recibe los aportes de las Subcuencas Quichas-Ushpa y Pampahuay Patón; y la Subcuenca Checras el aporte de la Subcuenca Cochaquillo-Queruraccra.
- Modelo Meteorológico: Se realizó el análisis estadístico de la información pluviométrica y su respectiva ley de frecuencias, dichos resultados fueron ingresados al modelo meteorológico mediante hietogramas de avenidas: 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 y 1000 años, con una duración de tormenta de 6 horas; las cuales han sido convenientemente distribuidas en el ámbito de las subcuencas.
- Especificaciones de Control: Para realizar la simulación de la avenida se especifica una fecha de inicio y final, dentro de este rango se presentarán los resultados de la simulación y el hidrograma de avenida, para los casos analizados, la fecha de inicio es el 01 de enero del 2019 a las 00:00 horas y la fecha de fin es el 04 de enero del 2019 a las 00:00 pm; con intervalo de tiempo computacional de 10 minutos.
- Calibración del Modelo: Se tomó como referencia los resultados de máximas avenidas de la estación hidrométrica Sayán; siendo este un elemento aportante al recurso hídrico de la cuenca.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS ROBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 55999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

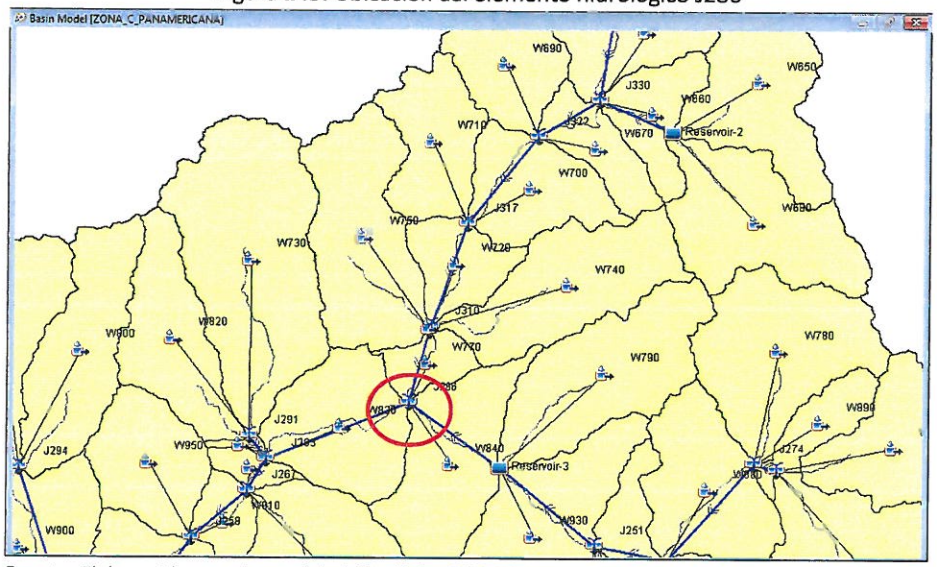
Ing Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. M... Arturo Pelez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

- En la subcuenca Checras existen un embalse de regulación estacional de uso hidroeléctrico, que regula un volumen de aproximadamente 2.47 MMC.
- En el Anexo 8.1 se muestra el resultado de los hidrogramas obtenidos en el elemento "J286", y en el Anexo 14 el modelo hidrológico de máximas avenidas desarrollado en el programa HEC-HMS versión 4.3.
- A continuación, se muestra la ubicación del elemento hidrológico "J286", correspondiente a la convergencia de las subcuencas Huaura-Churin y Checras en el esquema topológico del modelo HEC-HMS.

Figura 145: Ubicación del elemento hidrológico J286



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 2 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J286" se muestra en la Figura 146, el caudal pico es de 93.1 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 5467.8 milesm3 para un periodo de retorno de 2 años. La descarga máxima se presenta a las 20:40 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R150, tramo R250, Microcuenca W840 y microcuenca W770; siendo los picos de 38.90 m3/s a las 17:20 horas, 58.20 m3/s a las 20:50 horas, 3.10 m3/s a las 14:40 horas y 0.10 m3/s a las 20:10 horas, respectivamente.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

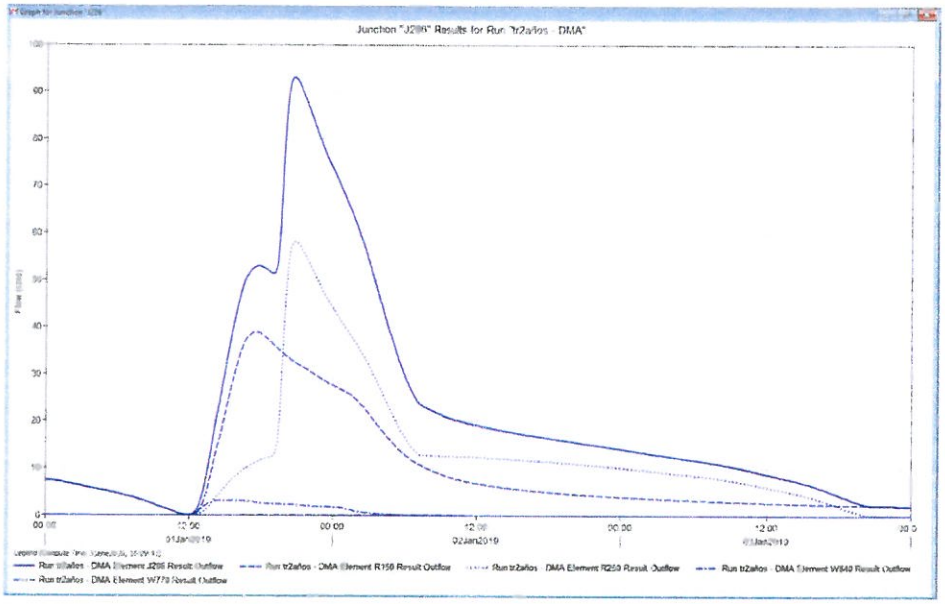
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 146: Hidrograma de la avenida de 2 años. Sección de la cuenca "Convergencia J286"

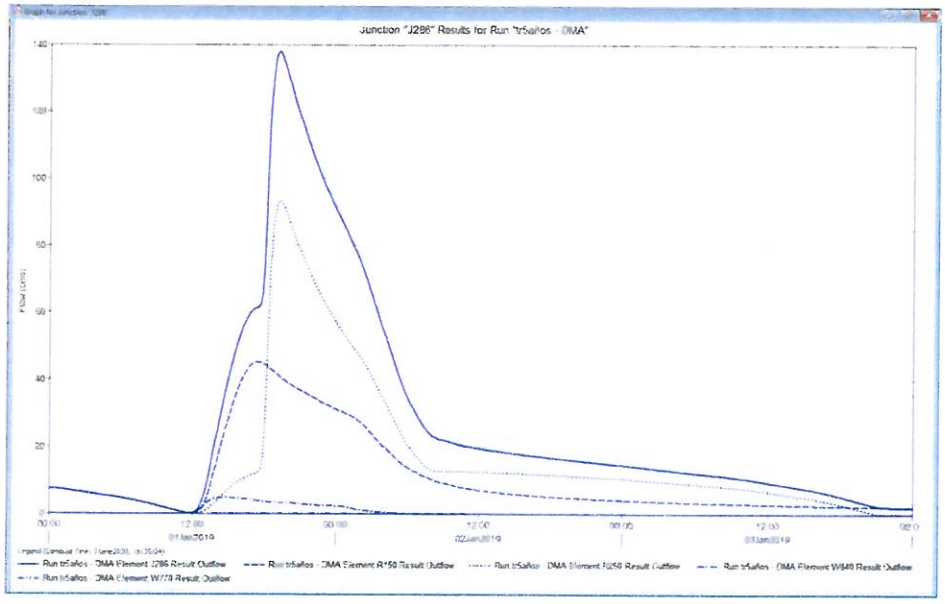


Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 5 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J286" se muestra en la Figura 147, el caudal pico es de 137.9 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 6773.8 milesm3 para un periodo de retorno de 5 años. La descarga máxima se presenta a las 19:10 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R150, tramo R250, Microcuenca W840 y microcuenca W770; siendo los picos de 45.30 m3/s a las 17:20 horas, 93.40 m3/s a las 19:10 horas, 4.80 m3/s a las 14:20 horas y 0.20 m3/s a las 18:40 horas, rsptvo.

Figura 147: Hidrograma de la avenida de 5 años. Sección de la cuenca "Convergencia J286"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

Manuel J. Ecos Vasquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

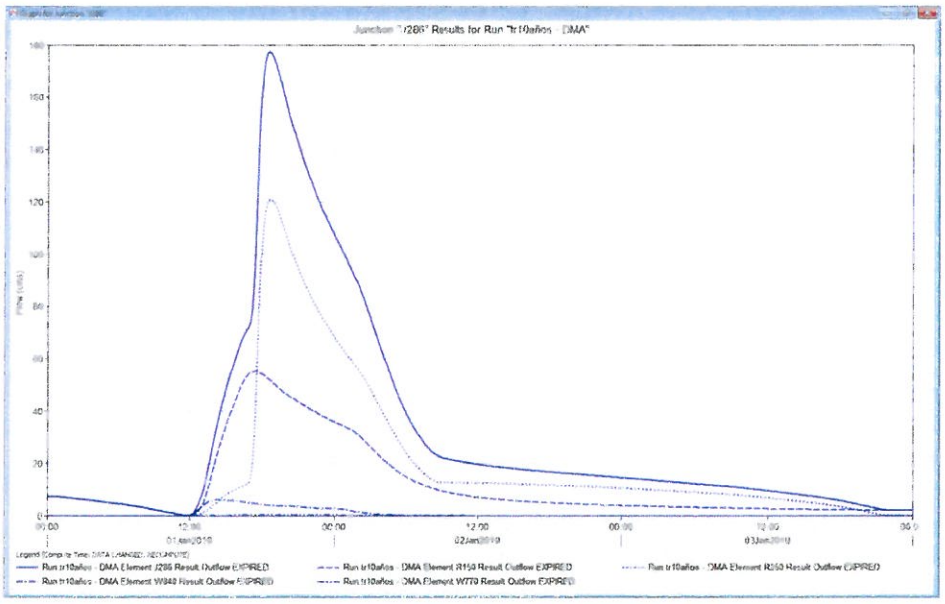
Ing. Mg. Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

- Avenida de 10 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J286" se muestra en la Figura 148, el caudal pico es de 177.4 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 7984.2 milesm3 para un periodo de retorno de 10 años. La descarga máxima se presenta a las 18:30 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R150, tramo R250, Microcuenca W840 y microcuenca W770; siendo los picos de 55.30 m3/s a las 17:20 horas, 121.00 m3/s a las 18:40 horas, 6.10 m3/s a las 14:20 horas y 0.30 m3/s a las 16:00 horas, respectivamente.

Figura 148: Hidrograma de la avenida de 10 años. Sección de la cuenca "Convergencia J286"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 25 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J286" se muestra en la Figura 149, el caudal pico es de 244.8 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 10153.0 milesm3 para un periodo de retorno de 25 años. La descarga máxima se presenta a las 17:50 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R150, tramo R250, Microcuenca W840 y microcuenca W770; siendo los picos de 65.00 m3/s a las 17:10 horas, 174.90 m3/s a las 18:00 horas, 9.10 m3/s a las 14:10 horas y 0.60 m3/s a las 14:10 horas, respectivamente.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 50999

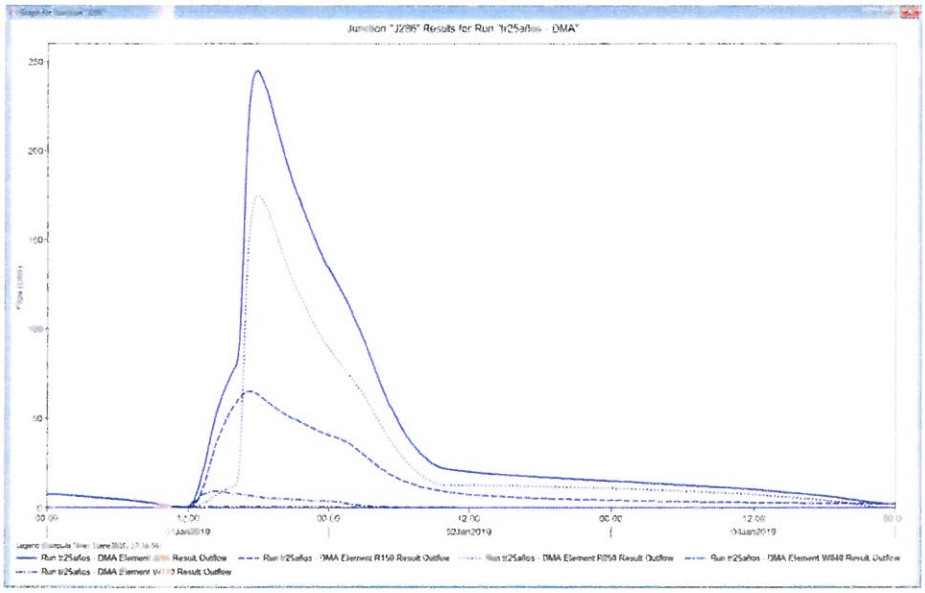
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrología
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 149: Hidrograma de la avenida de 25 años. Sección de la cuenca "Convergencia J286"

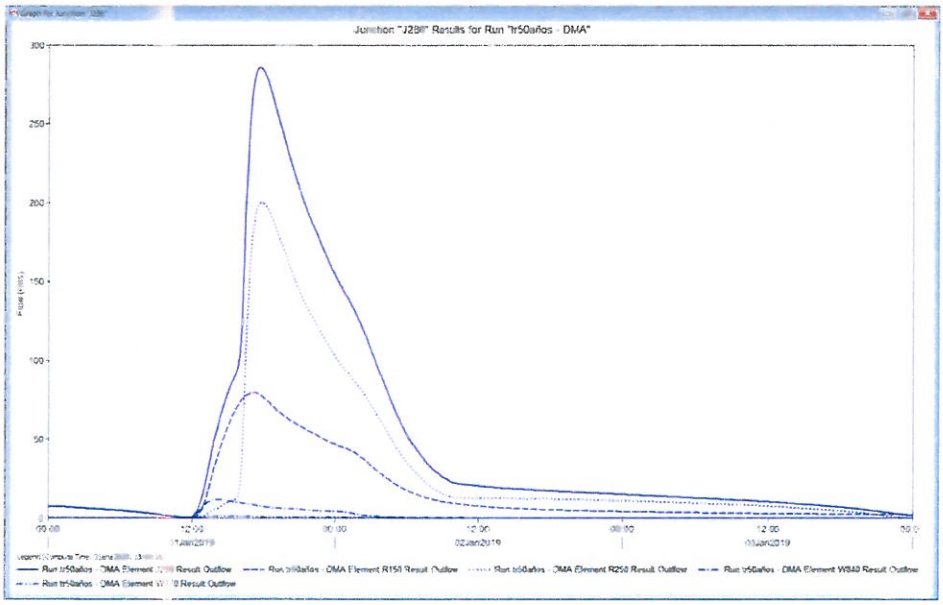


Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 50 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J286" se muestra en la Figura 150, el caudal pico es de 285.9 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 11654.8 milesm3 para un periodo de retorno de 50 años. La descarga máxima se presenta a las 17:40 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R150, tramo R250, Microcuenca W840 y microcuenca W770; siendo los picos de 79.40 m3/s a las 17:00 horas, 200.10 m3/s a las 17:50 horas, 11.60 m3/s a las 14:00 horas y 1.1 m3/s a las 14:10 horas, rsptvo.

Figura 150: Hidrograma de la avenida de 50 años. Sección de la cuenca "Convergencia J286"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

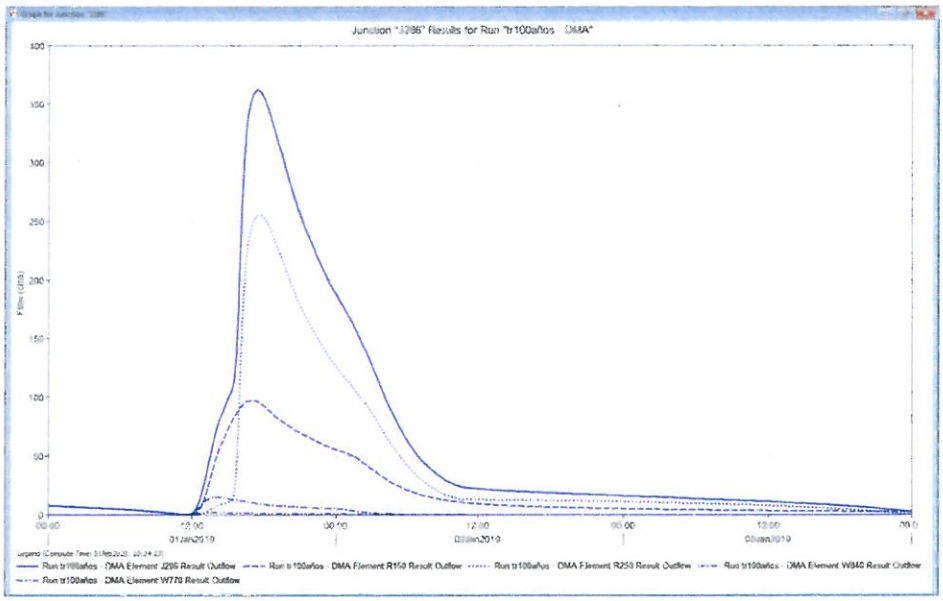
Ing. Marco Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

- Avenida de 100 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J286" se muestra en la Figura 151, el caudal pico es de 362.1 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 14424.2 milesm3 para un periodo de retorno de 100 años. La descarga máxima se presenta a las 17:20 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R150, tramo R250, Microcuenca W840 y microcuenca W770; siendo los picos de 97.4 m3/s a las 17:00 horas, 255.40 m3/s a las 17:30 horas, 14.80 m3/s a las 14:00 horas y 1.80 m3/s a las 13:40 horas, respectivamente.

Figura 151: Hidrograma de la avenida de 100 años. Sección de la cuenca "Convergencia J286"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 200 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J286" se muestra en la Figura 152, el caudal pico es de 455.8 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 17809.3 milesm3 para un periodo de retorno de 200 años. La descarga máxima se presenta a las 17:10 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R150, tramo R250, Microcuenca W840 y microcuenca W770; siendo los picos de 118.8 m3/s a las 17:50 horas, 325.00 m3/s a las 17:20 horas, 18.70 m3/s a las 13:50 horas y 1.80 m3/s a las 13:40 horas, respectivamente.

ING. CARLOS FIRMENTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

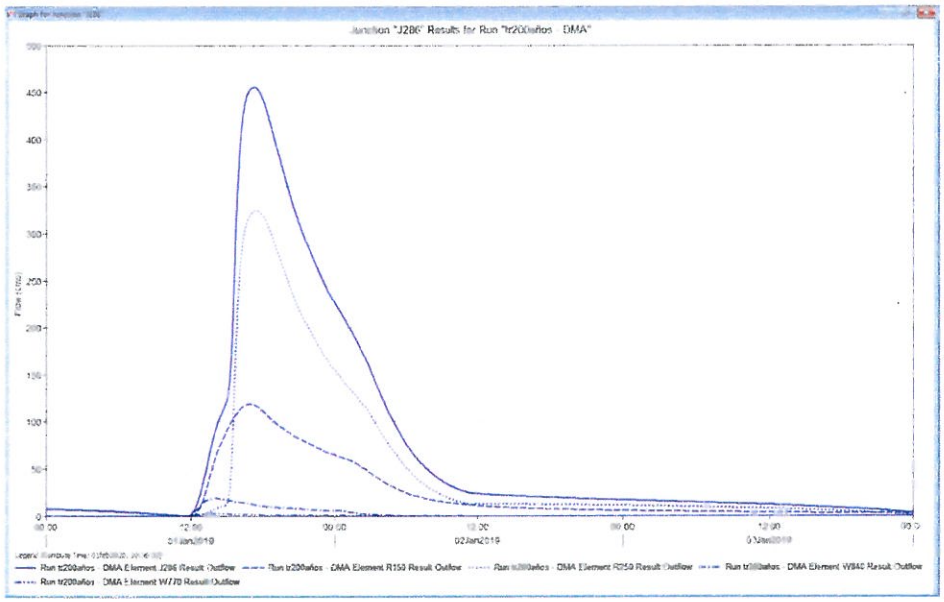
Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcial Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 152: Hidrograma de la avenida de 200 años. Sección de la cuenca "Convergencia J286"

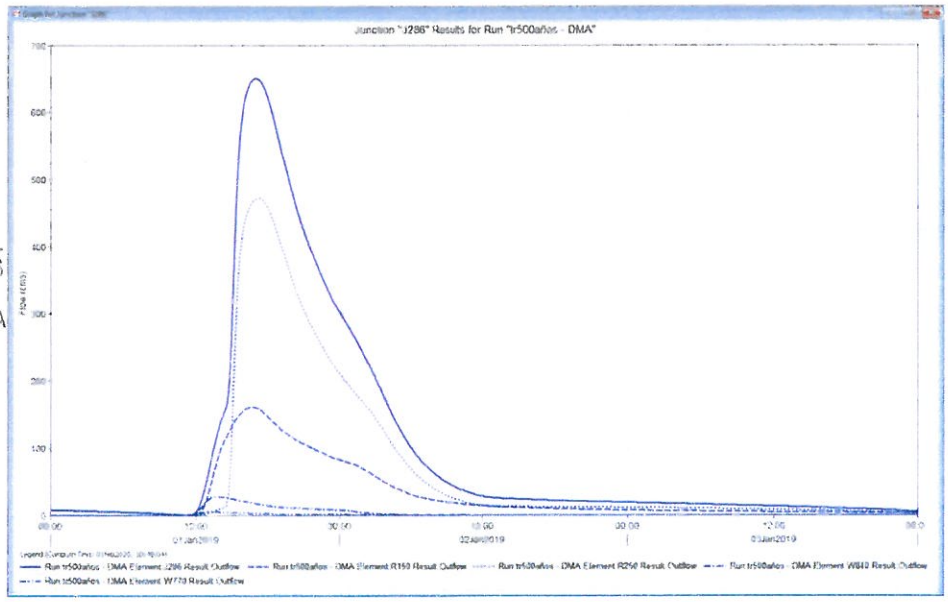


Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 500 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J286" se muestra en la Figura 153, el caudal pico es de 650.7 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 24702.6 milesm3 para un periodo de retorno de 500 años. La descarga máxima se presenta a las 17:00 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R150, tramo R250, Microcuenca W840 y microcuenca W770; siendo los picos de 160.8 m3/s a las 16:40 horas, 472.30 m3/s a las 17:10 horas, 27.80 m3/s a las 13:50 horas y 5.40 m3/s a las 13:20 horas, rsptvo.

Figura 153: Hidrograma de la avenida de 500 años. Sección de la cuenca "Convergencia J286"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISION
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

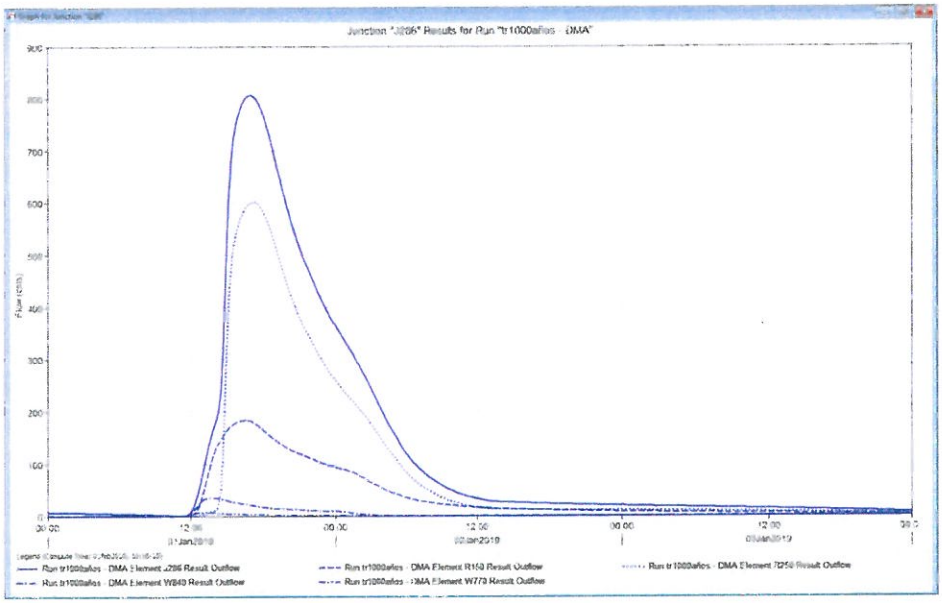
Ing. Manuel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrología
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

- Avenida de 1000 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J286" se muestra en la Figura 154, el caudal pico es de 806.1 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 30408.2 milesm3 para un periodo de retorno de 1000 años. La descarga máxima se presenta a las 17:00 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R150, tramo R250, Microcuenca W840 y microcuenca W770; siendo los picos de 183.5 m3/s a las 16:30 horas, 601.90 m3/s a las 17:10 horas, 35.40 m3/s a las 13:50 horas y 7.80 m3/s a las 13:20 horas, respectivamente.

Figura 154: Hidrograma de la avenida de 1000 años. Sección de la cuenca "Convergencia J286"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

11.5 CONVERGENCIA SUBCUENCAS YARUCAYA Y HUAURA-PACCHO-TINGO

La unión de las subcuencas Yarucaya y Huaura-Paccho-Tingo es el elemento de convergencia "J237" del modelo hidrológico desarrollado en el programa HEC-HMS, para lo cual se toma en cuenta los pasos siguientes:

- Modelo de cuenca en el punto de interés: Para estimar las pérdidas se utilizó el método del Numero se Curva de la SCS, se determinó el tiempo de concentración de las microcuencas (W730, W820, W830, W850, W870, W910, W920, W950, W960, W1020, W1030, W800, W810 y W900) localizadas en dichas microcuencas, adicionalmente, se generó sus parámetros fisiográficos en ARC-GIS versión 10.3 con la extensión GEO-HMS. El flujo base se considera poco significante previo a la ocurrencia de máximas avenidas.
- La Subcuenca Huaura-Paccho-Tingo recibe los aportes de la Subcuenca Huaura-Churin, Subcuenca Quichas-Ushpa, Subcuenca Pampahuay-Patón, Subcuenca Checras y Subcuenca Cochaquillo-Queruraccra.
- Modelo Meteorológico: Se realizó el análisis estadístico de la información pluviométrica y su respectiva ley de frecuencias, dichos resultados fueron

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58099

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

ingresados al modelo meteorológico mediante hietogramas de avenidas: 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 y 1000 años, con una duración de tormenta de 6 horas; las cuales han sido convenientemente distribuidas en el ámbito de las subcuencas.

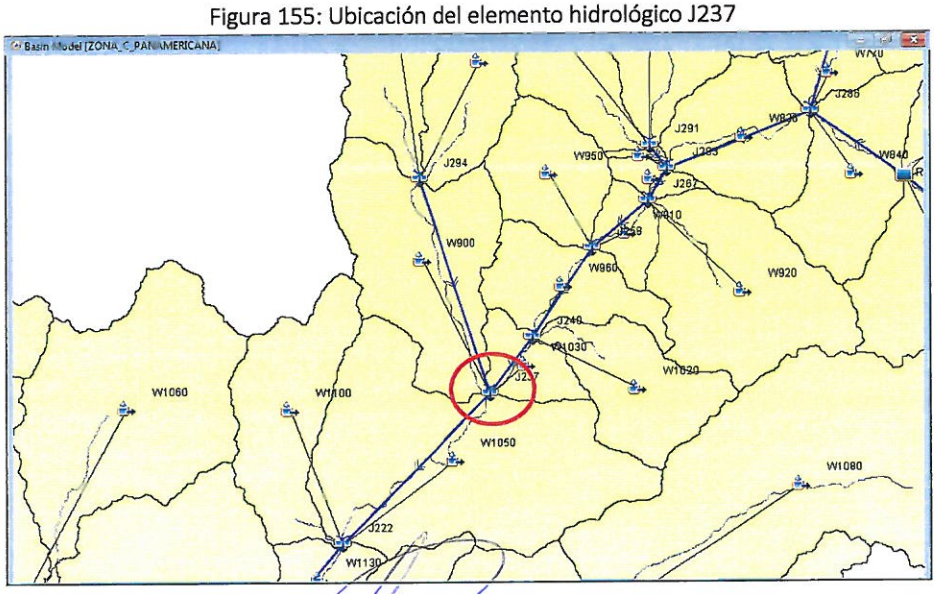
- Especificaciones de Control: Para realizar la simulación de la avenida se especifica una fecha de inicio y final, dentro de este rango se presentarán los resultados de la simulación y el hidrograma de avenida, para los casos analizados, la fecha de inicio es el 01 de enero del 2019 a las 00:00 horas y la fecha de fin es el 04 de enero del 2019 a las 00:00 pm; con intervalo de tiempo computacional de 10 minutos.
- Calibración del Modelo: Se tomó como referencia los resultados de máximas avenidas de la estación hidrométrica Sayán; siendo este un elemento aportante al recurso hídrico de la cuenca.
- En el Anexo 8.1 se muestra el resultado de los hidrogramas obtenidos en el elemento "J237", y en el Anexo 14 el modelo hidrológico de máximas avenidas desarrollado en el programa HEC-HMS versión 4.3.
- En la subcuenca Yarucaya existen dos pequeños embalses de regulación estacional, construidos con fines de riego.

Cuadro 11-3: Relación de presas localizadas en las subcuencas Yarucaya y Huaura-Paccho-Tingo

ESTE	NORTE	NOMBRE	AAA	ALA	RIOS	NOMBDEP	NOMBPROV	NOMBDIST	Microcuenca
274046	8810444	CANCAYA	Cañete-Fortaleza	Huaura	Huaura	Lima	Oyón	Naván	W800
269971	8809670	SHIHUINCOCHA/SIGUINCOCHA	Cañete-Fortaleza	Huaura	Quebrada Shihuincocha	Lima	Oyón	Cochamarca	W810

- A continuación, se muestra la ubicación del elemento hidrológico "J237", correspondiente a la convergencia de las subcuencas Yarucaya y Huaura-Paccho-Tingo en el esquema topológico del modelo HEC-HMS.

Figura 155: Ubicación del elemento hidrológico J237



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

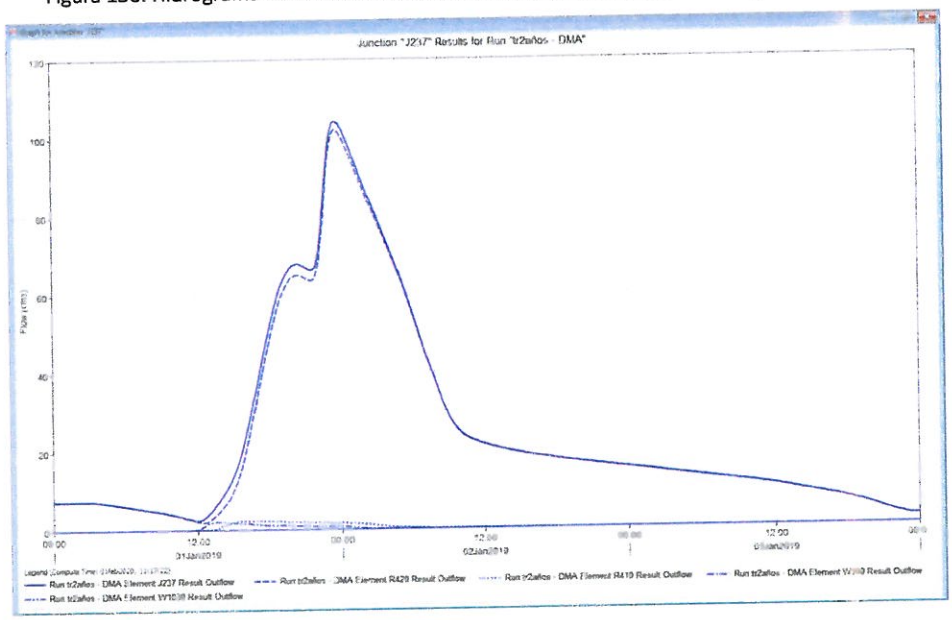
Ing. Marcel Arturo Páez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

- Avenida de 2 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J237" se muestra en la Figura 156, el caudal pico es de 104.1 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 6259.6 milesm3 para un periodo de retorno de 2 años. La descarga máxima se presenta a las 23:40 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R420, tramo R410, microcuenca W900 y microcuenca W1030; siendo los picos de 101.8 m3/s a las 23:40 horas, 2.20 m3/s a las 16:00 horas, 0.00 m3/s y 2.10 m3/s a las 13:20 horas, respectivamente.

Figura 156: Hidrograma de la avenida de 2 años. Sección de la cuenca "Convergencia J237"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 5 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J237" se muestra en la Figura 157, el caudal pico es de 153.7 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 7839.2 milesm3 para un periodo de retorno de 5 años. La descarga máxima se presenta a las 22:10 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R420, tramo R410, microcuenca W900 y microcuenca W1030; siendo los picos de 150.2 m3/s a las 22:10 horas, 3.50 m3/s a las 15:50 horas, 0.00 m3/s y 2.90 m3/s a las 13:40 horas, respectivamente.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

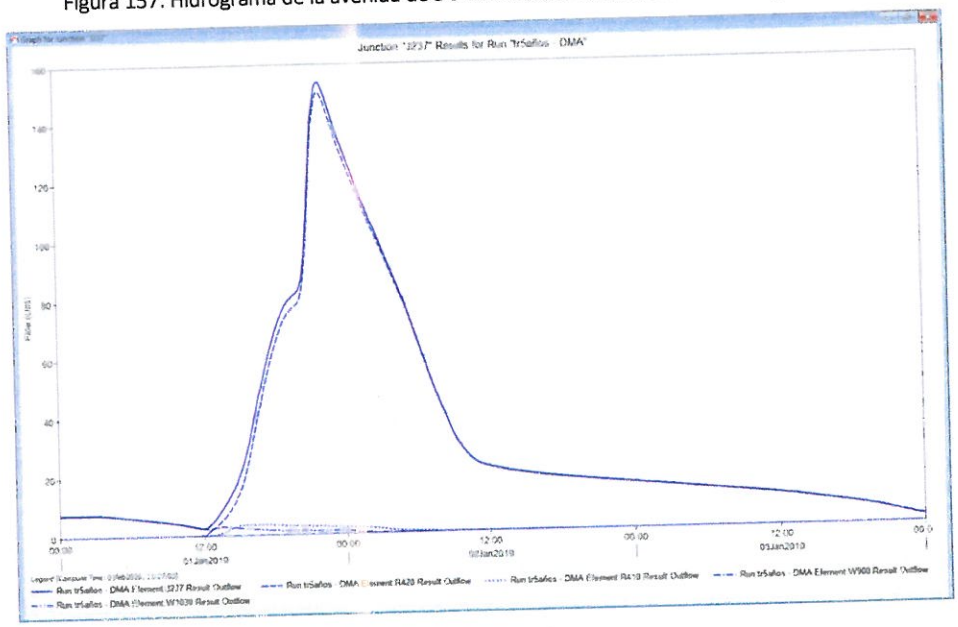
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Miguel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 157: Hidrograma de la avenida de 5 años. Sección de la cuenca "Convergencia J237"

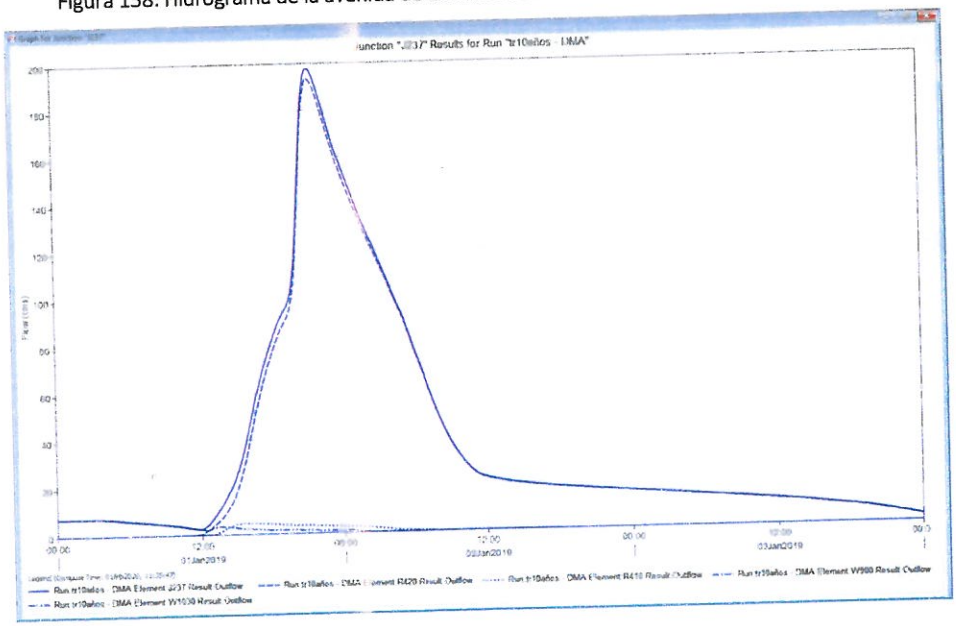


Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 10 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J237" se muestra en la Figura 158, el caudal pico es de 197.6 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 9266.1 milesm3 para un periodo de retorno de 10 años. La descarga máxima se presenta a las 21:30 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R420, tramo R410, microcuenca W900 y microcuenca W1030; siendo los picos de 193.2 m3/s a las 21:30 horas, 4.50 m3/s a las 15:30 horas, 0.00 m3/s y 350 m3/s a las 13:30 horas, respectivamente.

Figura 158: Hidrograma de la avenida de 10 años. Sección de la cuenca "Convergencia J237"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

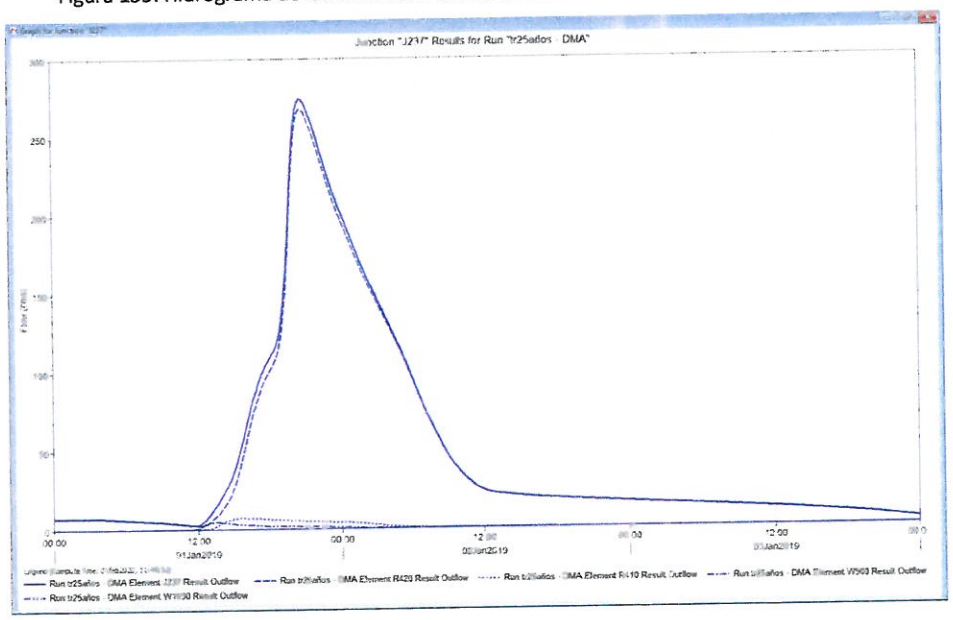
Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP. 84031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

- Avenida de 25 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J237" se muestra en la Figura 159, el caudal pico es de 274.0 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 11884.5 milesm3 para un periodo de retorno de 25 años. La descarga máxima se presenta a las 20:40 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R420, tramo R410, microcuenca W900 y microcuenca W1030; siendo los picos de 267.4 m3/s a las 20:40 horas, 7.10 m3/s a las 15:30 horas, 0.00 m3/s y 4.70 m3/s a las 13:30 horas, respectivamente.

Figura 159: Hidrograma de la avenida de 25 años. Sección de la cuenca "Convergencia J237"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 50 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J237" se muestra en la Figura 160, el caudal pico es de 323.01m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 13776.6 milesm3 para un periodo de retorno de 50 años. La descarga máxima se presenta a las 20:30 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R420, tramo R410, microcuenca W900 y microcuenca W1030; siendo los picos de 314.7 m3/s a las 20:30 horas, 9.50 m3/s a las 15:30 horas, 00.00 m3/s y 5.60 m3/s a las 13:30 horas, respectivamente.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS ROMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISION
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

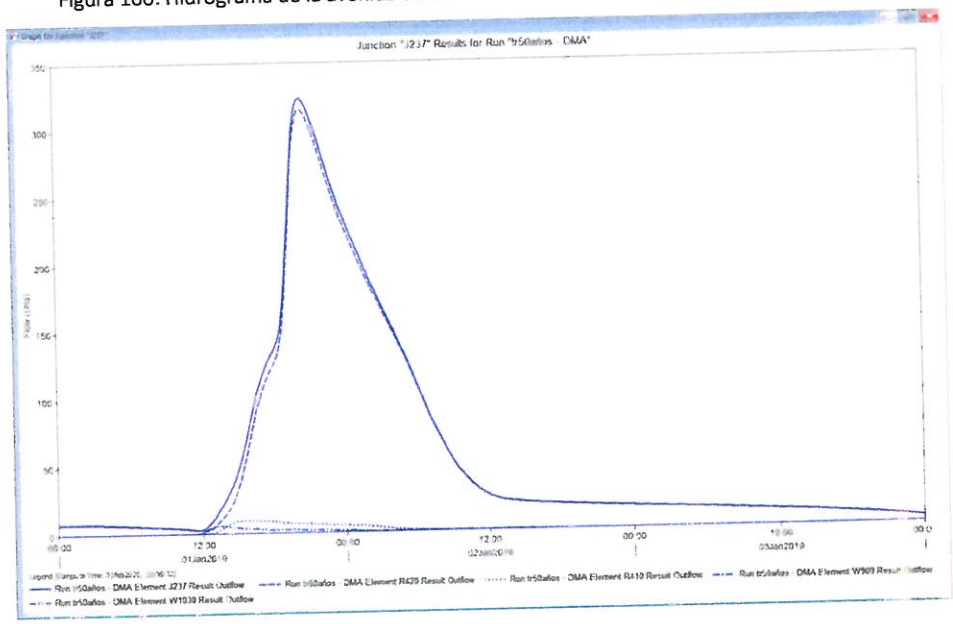
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 160: Hidrograma de la avenida de 50 años. Sección de la cuenca "Convergencia J237"

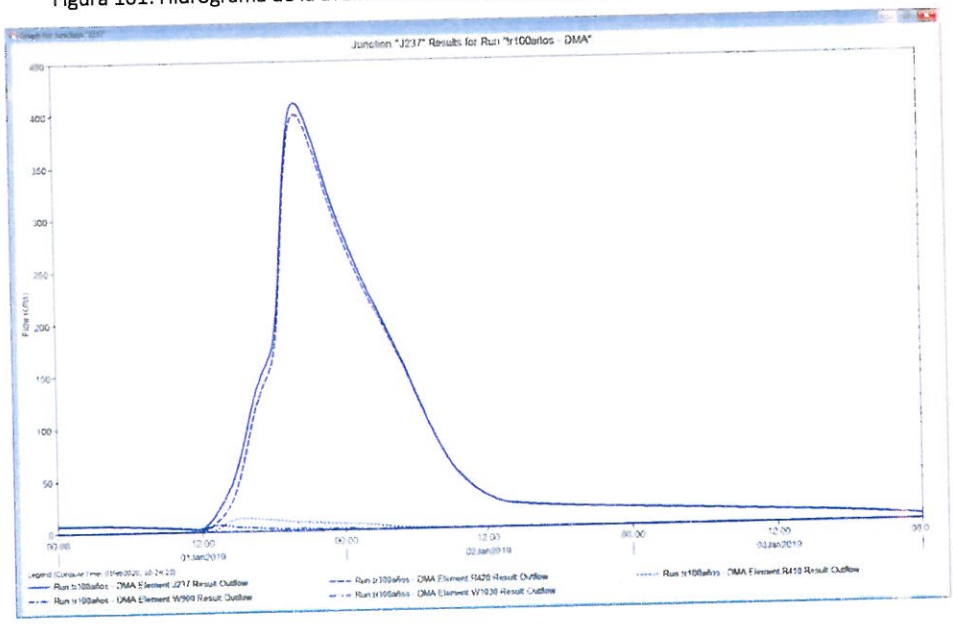


Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 100 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J237" se muestra en la Figura 161, el caudal pico es de 409.8 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 17036.4 milesm3 para un periodo de retorno de 100 años. La descarga máxima se presenta a las 20:10 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R420, tramo R410, microcuenca W900 y microcuenca W1030; siendo los picos de 399.1 m3/s a las 20:10 horas, 12.90 m3/s a las 15:40 horas, 0.1 m3/s a las 23:50 horas y 6.60 m3/s a las 13:20 horas, rsptvo.

Figura 161: Hidrograma de la avenida de 100 años. Sección de la cuenca "Convergencia J237"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

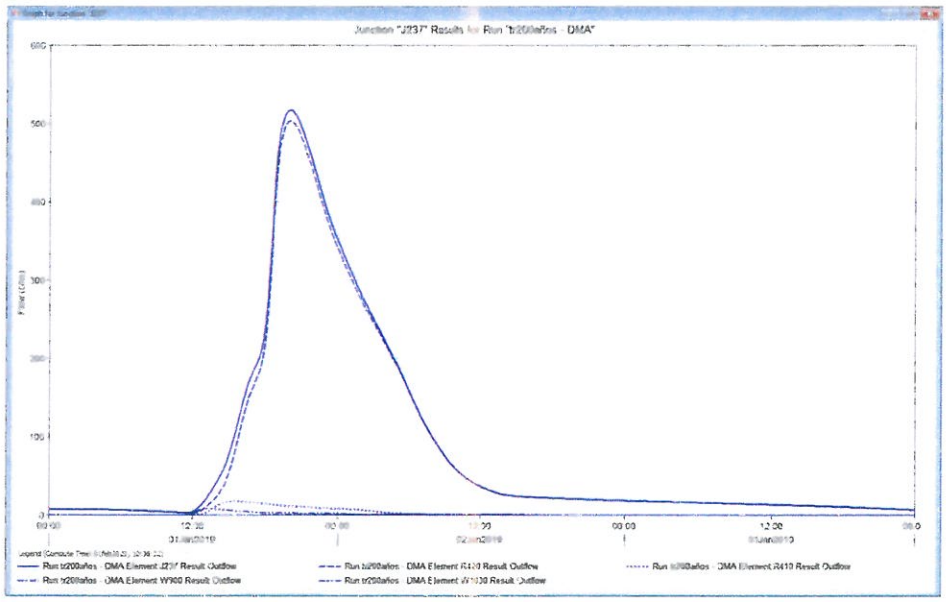
Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrología
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

- Avenida de 200 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J237" se muestra en la Figura 162, el caudal pico es de 516.9 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 21038.7 milesm3 para un periodo de retorno de 200 años. La descarga máxima se presenta a las 11:00 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R420, tramo R410, microcuenca W900 y microcuenca W1030; siendo los picos de 503.1 m3/s a las 20:00 horas, 17.40 m3/s a las 15:20 horas, 0.2 m3/s a las 22:10 horas y 8.00 m3/s a las 13:20 horas, respectivamente.

Figura 162: Hidrograma de la avenida de 200 años. Sección de la cuenca "Convergencia J237"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 500 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J237" se muestra en la Figura 163, el caudal pico es de 741.3 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 29341.1 milesm3 para un periodo de retorno de 500 años. La descarga máxima se presenta a las 19:40 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R420, tramo R410, microcuenca W900 y microcuenca W1030; siendo los picos de 720.0 m3/s a las 19:40 horas, 29.00 m3/s a las 15:20 horas, 0.9 m3/s a las 24:10 horas y 11.10 m3/s a las 13:20 horas, respectivamente.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

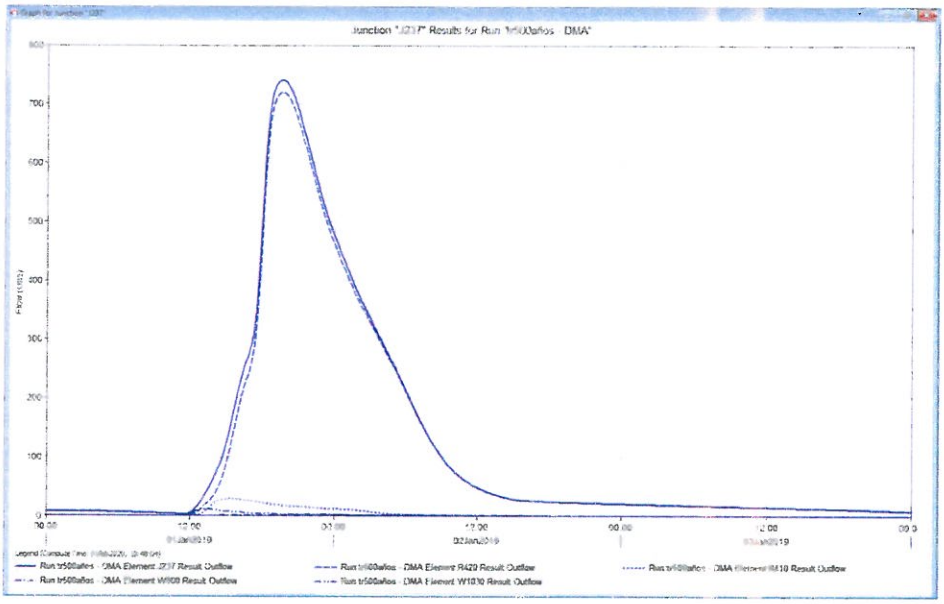
Ing. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 163: Hidrograma de la avenida de 500 años. Sección de la cuenca "Convergencia J237"

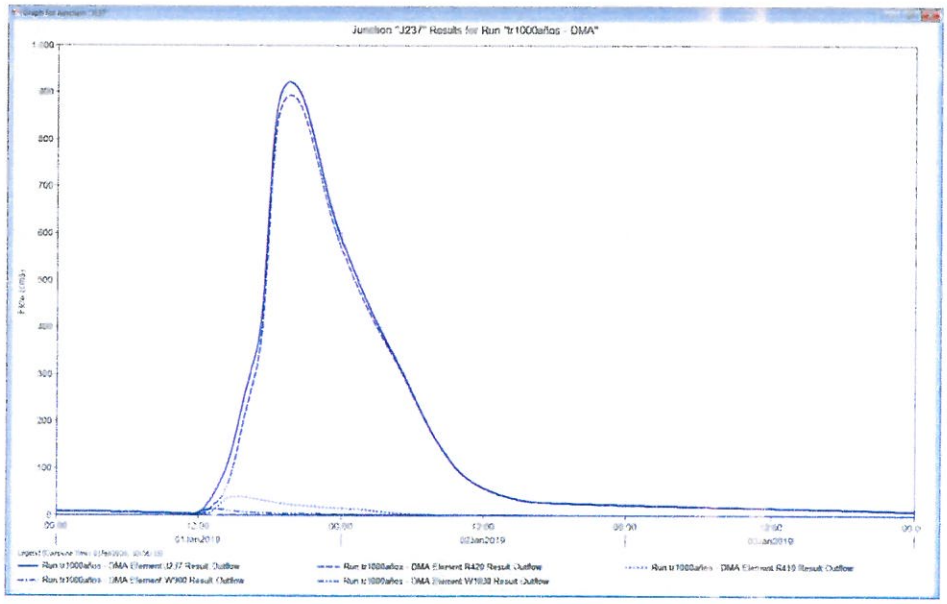


Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 1000 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J237" se muestra en la Figura 164, el caudal pico es de 921.6 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 36274.2 milesm3 para un periodo de retorno de 1000 años. La descarga máxima se presenta a las 19:30 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R420, tramo R410, microcuenca W900 y microcuenca W1030; siendo los picos de 893.8 m3/s a las 19:40 hrs, 39.60 m3/s a las 15:10 hrs, 1.3 m3/s a las 21:40 hrs y 13.40 m3/s a las 13:20 hrs, respectivamente.

Figura 164: Hidrograma de la avenida de 1000 años. Sección de la cuenca "Convergencia J237"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58599

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

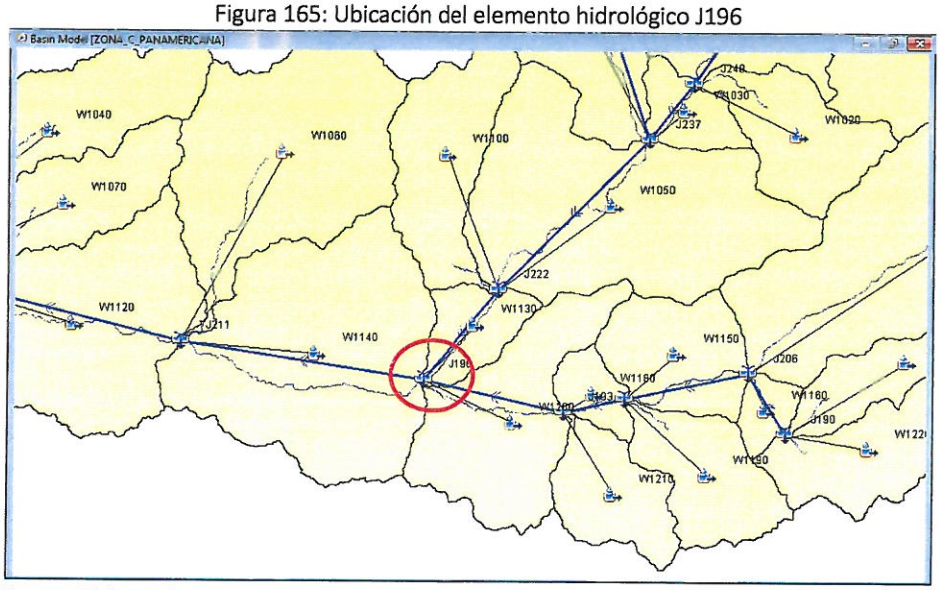
CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

11.6 CONVERGENCIA SUBCUENCAS HUAURA-SAYÁN Y CHICO-AUQUIMARCA

La unión de las subcuencas Huaura-Sayán y Chico-Auquimarca es el elemento de convergencia "J196" del modelo hidrológico desarrollado en el programa HEC-HMS, para lo cual se toma en cuenta los pasos siguientes:

- Modelo de cuenca en el punto de interés: Para estimar las pérdidas se utilizó el método del Numero se Curva de la SCS, se determinó el tiempo de concentración de las microcuencas (W1050, W1100, W1130, W1080, W1150, W1160, W1170, W1180, W1190, W1200, W1210 y W1220) localizadas en dichas microcuencas, adicionalmente, se generó sus parámetros fisiográficos en ARC-GIS versión 10.3 con la extensión GEO-HMS. El flujo base se considera poco significante previo a la ocurrencia de máximas avenidas.
- La Subcuenca Huaura-Sayán, recibe los aportes de la Subcuenca Huaura-Paccho-Tingo, Subcuenca Huaura-Churin, Subcuenca Quichas-Ushpa, Subcuenca Pampahuay-Patón, Subcuenca Checras y Subcuenca Cochaquillo-Queruraccra.
- Modelo Meteorológico: Se realizó el análisis estadístico de la información pluviométrica y su respectiva ley de frecuencias, dichos resultados fueron ingresados al modelo meteorológico mediante hietogramas de avenidas: 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 y 1000 años, con una duración de tormenta de 6 horas; las cuales han sido convenientemente distribuidas en el ámbito de las subcuencas.
- Especificaciones de Control: Para realizar la simulación de la avenida se especifica una fecha de inicio y final, dentro de este rango se presentarán los resultados de la simulación y el hidrograma de avenida, para los casos analizados, la fecha de inicio es el 01 de enero del 2019 a las 00:00 horas y la fecha de fin es el 04 de enero del 2019 a las 00:00 pm; con intervalo de tiempo computacional de 10 minutos.
- Calibración del Modelo: Se tomó como referencia los resultados de máximas avenidas de las estaciones hidrométricas Casa Blanca y Sayán-Chico.
- En el Anexo 8.1 se muestra el resultado de los hidrogramas obtenidos en el elemento "J237", y en el Anexo 14 el modelo hidrológico de máximas avenidas desarrollado en el programa HEC-HMS versión 4.3.
- A continuación, se muestra la ubicación del elemento hidrológico "J196", correspondiente a la convergencia de las subcuencas Huaura-Sayán y Chico-Auquimarca en el esquema topológico del modelo HEC-HMS.

Figura 165: Ubicación del elemento hidrológico J196



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 56999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

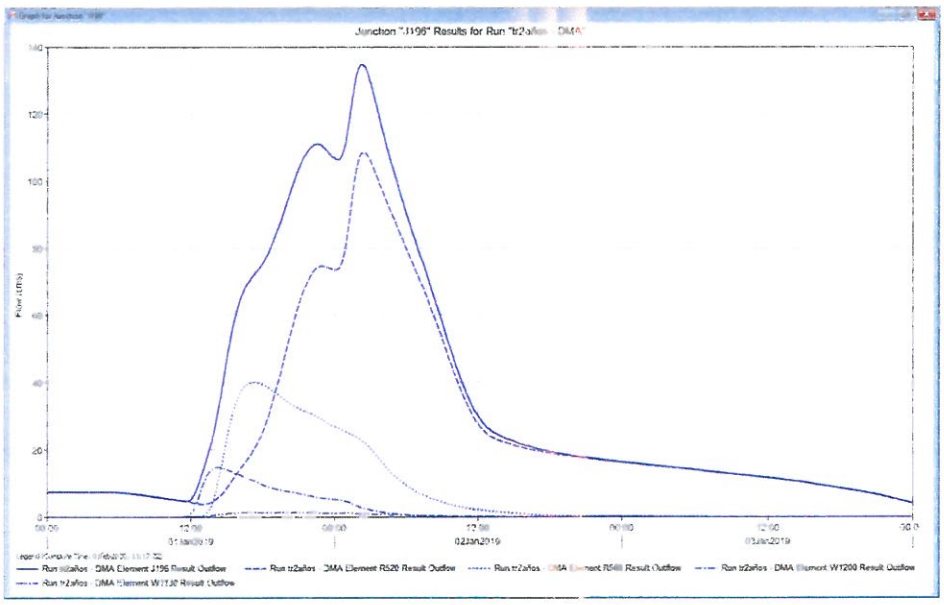
- Avenida de 2 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J196" se muestra en la Figura 166, el caudal pico es de 134.6 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 8935.1 milesm3 para un periodo de retorno de 2 años. La descarga máxima se presenta a las 26:10 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R520, tramo R560, microcuenca W1200 y microcuenca W1130; siendo los picos de 108.60 m3/s a las 26:20 horas, 40.00 m3/s a las 17:10 horas, 14.8 m3/s a las 14:20 horas y 1.3 m3/s a las 17:20 horas, respectivamente.

Como parte de la calibración del modelo hidrológico, se consideró la estación Casa Blanca que es el elemento "J196"; el resultado obtenido en el modelo HEC HMS fue comparado con el resultado probabilístico de la descarga máxima instantánea de la estación Casa Blanca con periodo de retorno de 2 años. El resultado mediante el método probabilístico es de 134.86 m3/s y mediante el modelo HEC HMS es de 134.6 m3/s, resultando un valor muy cercano.

Otro punto de calibración es la estación Sayán Chico que es el elemento "J93", la cual se localiza en el tributario río Chico; el resultado obtenido en el modelo HEC HMS fue comparado con el resultado probabilístico de la descarga máxima instantánea de la estación Sayán-Chico con periodo de retorno de 2 años. El resultado mediante el método probabilístico es de 30.29 m3/s y mediante el modelo HEC HMS es de 40.2 m3/s, resultando un valor muy cercano.

Figura 166: Hidrograma de la avenida de 2 años. Sección de la cuenca "Convergencia J196"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 5 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J196" se muestra en la Figura 167, el caudal pico es de 198.5 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 11228.8 milesm3 para un periodo de retorno de 5 años. La descarga máxima se presenta a las 24:50 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP Nº 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

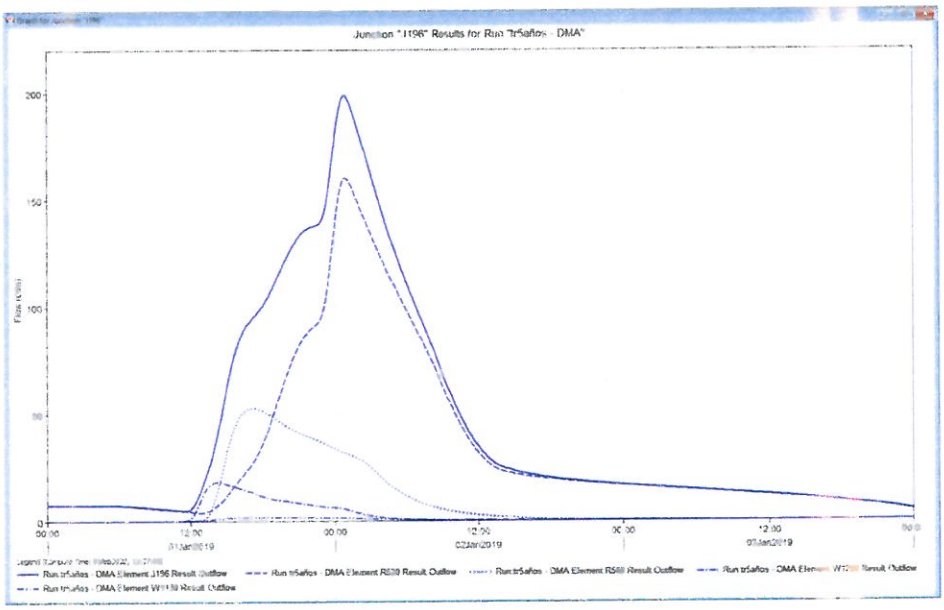
CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZ
REPRESENTANTE LEGAL

hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R520, tramo R560, microcuenca W1200 y microcuenca W1130; siendo los picos de 160.00 m3/s a las 24:50 horas, 52.60 m3/s a las 17:00 horas, 18.1 m3/s a las 14:10 horas y 1.7 m3/s a las 16:40 horas, respectivamente.

Como parte de la calibración del modelo hidrológico, se consideró la estación Casa Blanca que es el elemento "J196"; el resultado obtenido en el modelo HEC HMS fue comparado con el resultado probabilístico de la descarga máxima instantánea de la estación Casa Blanca con periodo de retorno de 5 años. El resultado mediante el método probabilístico es de 198.51 m3/s y mediante el modelo HEC HMS es de 198.5 m3/s, resultando un valor muy cercano.

Otro punto de calibración es la estación Sayán Chico que es el elemento "J93", la cual se localiza en el tributario río Chico; el resultado obtenido en el modelo HEC HMS fue comparado con el resultado probabilístico de la descarga máxima instantánea de la estación Sayán-Chico con periodo de retorno de 5 años. El resultado mediante el método probabilístico es de 49.02 m3/s y mediante el modelo HEC HMS es de 52.8 m3/s, resultando un valor muy cercano.

Figura 167: Hidrograma de la avenida de 5 años. Sección de la cuenca "Convergencia J196"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecanico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Avenida de 10 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J196" se muestra en la Figura 168, el caudal pico es de 255.3 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 13452.4 milesm3 para un periodo de retorno de 10 años. La descarga máxima se presenta a las 24:10 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R520, tramo R560, microcuenca W1200 y microcuenca W1130; siendo los picos de 205.20 m3/s a las 24:10 horas, 69.50 m3/s a las 17:00 horas, 20.2 m3/s a las 14:10 horas y 2.0 m3/s a las 16:30 horas, respectivamente.

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

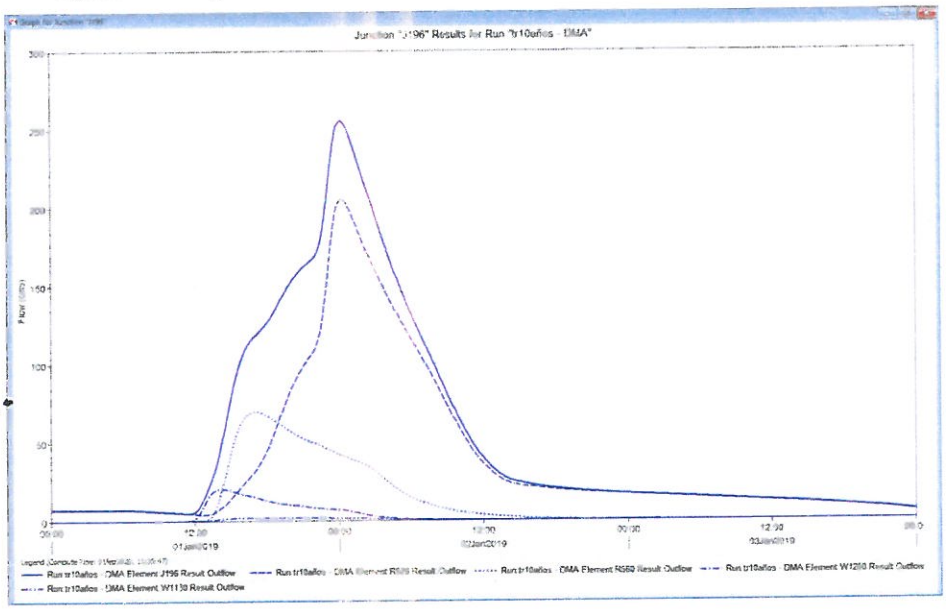
Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Como parte de la calibración del modelo hidrológico, se consideró la estación Casa Blanca que es el elemento "J196"; el resultado obtenido en el modelo HEC HMS fue comparado con el resultado probabilístico de la descarga máxima instantánea de la estación Casa Blanca con periodo de retorno de 10 años. El resultado mediante el método probabilístico es de 243.01 m3/s y mediante el modelo HEC HMS es de 255.3 m3/s, resultando un valor muy cercano.

Otro punto de calibración es la estación Sayán Chico que es el elemento "J93", la cual se localiza en el tributario río Chico; el resultado obtenido en el modelo HEC HMS fue comparado con el resultado probabilístico de la descarga máxima instantánea de la estación Sayán-Chico con periodo de retorno de 10 años. El resultado mediante el método probabilístico es de 63.06 m3/s y mediante el modelo HEC HMS es de 69.8 m3/s, resultando un valor muy cercano.

Figura 168: Hidrograma de la avenida de 10 años. Sección de la cuenca "Convergencia J196"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

- Avenida de 25 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J196" se muestra en la Figura 169, el caudal pico es de 349.1 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 17112.4 milesm3 para un periodo de retorno de 25 años. La descarga máxima se presenta a las 23:30 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R520, tramo R560, microcuenca W1200 y microcuenca W1130; siendo los picos de 284.70 m3/s a las 23:30 horas, 88.80 m3/s a las 16:50 horas, 24.8 m3/s a las 14:10 horas y 2.7 m3/s a las 17:10 horas, respectivamente.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Como parte de la calibración del modelo hidrológico, se consideró la estación Casa Blanca que es el elemento "J196"; el resultado obtenido en el modelo HEC HMS fue comparado con el resultado probabilístico de la descarga máxima instantánea de la estación Casa Blanca con periodo de retorno de 25 años. El resultado mediante el método probabilístico es de 301.48 m3/s y mediante el modelo HEC HMS es de 349.1 m3/s, resultando un valor muy cercano.

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

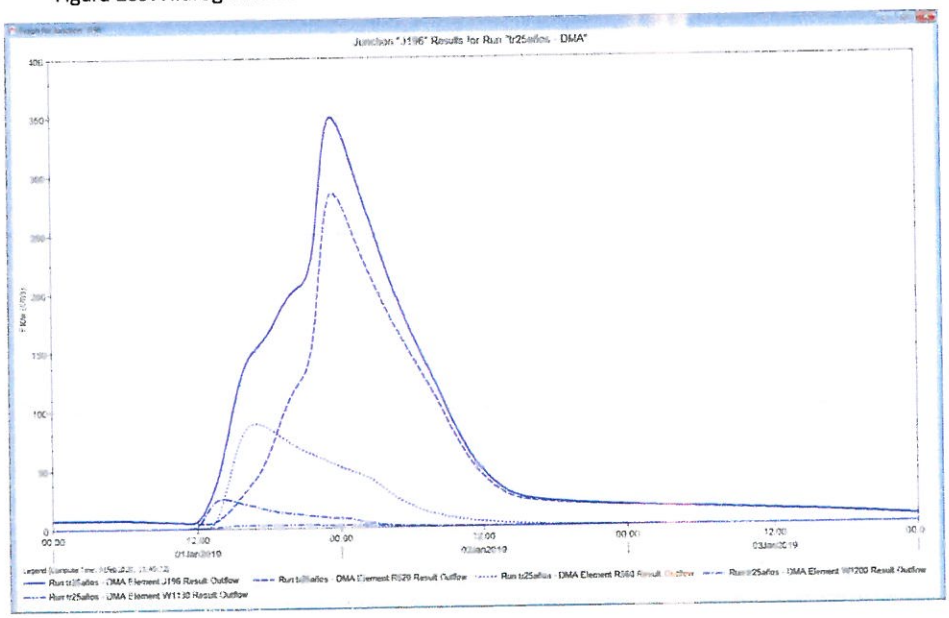
Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Otro punto de calibración es la estación Sayán Chico que es el elemento "J93", la cual se localiza en el tributario río Chico; el resultado obtenido en el modelo HEC HMS fue comparado con el resultado probabilístico de la descarga máxima instantánea de la estación Sayán-Chico con periodo de retorno de 25 años. El resultado mediante el método probabilístico es de 82.48 m3/s y mediante el modelo HEC HMS es de 89.3 m3/s, resultando un valor muy cercano.

Figura 169: Hidrograma de la avenida de 25 años. Sección de la cuenca "Convergencia J196"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

Avenida de 50 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J196" se muestra en la Figura 170, el caudal pico es de 412.1 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 19852.1 milesm3 para un periodo de retorno de 50 años. La descarga máxima se presenta a las 23:10 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R520, tramo R560, microcuenca W1200 y microcuenca W1130; siendo los picos de 336.10 m3/s a las 23:20 horas, 104.20 m3/s a las 16:50 horas, 28.2 m3/s a las 14:10 horas y 3.2 m3/s a las 16:50 horas, respectivamente.

Como parte de la calibración del modelo hidrológico, se consideró la estación Casa Blanca que es el elemento "J196"; el resultado obtenido en el modelo HEC HMS fue comparado con el resultado probabilístico de la descarga máxima instantánea de la estación Casa Blanca con periodo de retorno de 50 años. El resultado mediante el método probabilístico es de 346.53 m3/s y mediante el modelo HEC HMS es de 412.1 m3/s, lo que resulta en un valor cercano.

Otro punto de calibración es la estación Sayán Chico que es el elemento "J93", la cual se localiza en el tributario río Chico; el resultado obtenido en el modelo HEC HMS fue comparado con el resultado probabilístico de la descarga máxima instantánea de la estación Sayán-Chico con periodo de retorno de 50 años. El resultado mediante el método probabilístico es de 98.10 m3/s y mediante el modelo HEC HMS es de 104.7 m3/s, resultando un valor cercano.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CORREAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58959

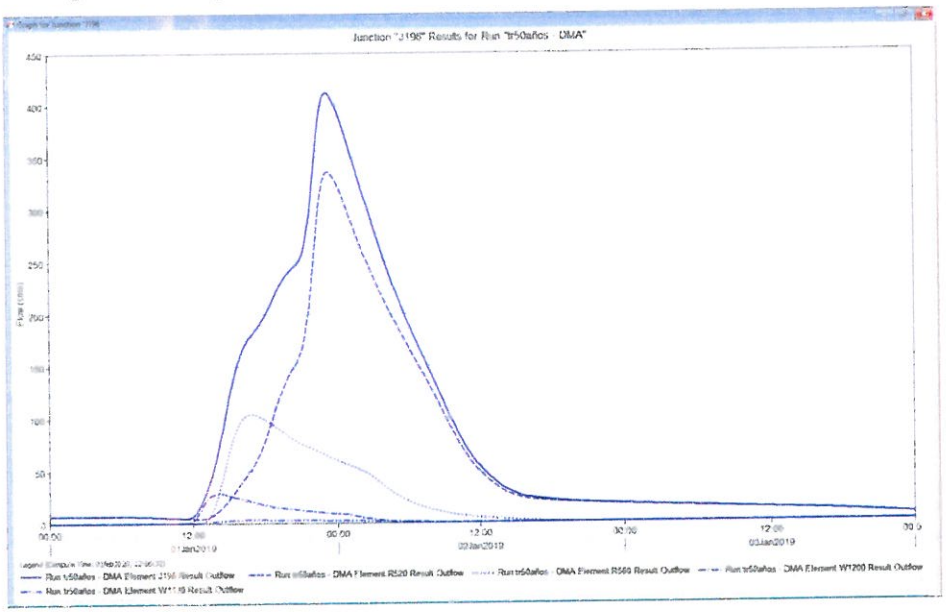
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZ
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 170: Hidrograma de la avenida de 50 años. Sección de la cuenca "Convergencia J196"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 100 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J196" se muestra en la Figura 171, el caudal pico es de 516.2 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 24104.5 milesm3 para un periodo de retorno de 100 años. La descarga máxima se presenta a las 22:50 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R520, tramo R560, microcuenca W1200 y microcuenca W1130; siendo los picos de 426.20 m3/s a las 23:00 horas, 122.60 m3/s a las 16:50 horas, 32.3 m3/s a las 14:10 horas y 3.8 m3/s a las 16:40 horas, respectivamente.

Como parte de la calibración del modelo hidrológico, se consideró la estación Casa Blanca que es el elemento "J196"; el resultado obtenido en el modelo HEC HMS fue comparado con el resultado probabilístico de la descarga máxima instantánea de la estación Casa Blanca con periodo de retorno de 100 años. El resultado mediante el método probabilístico es de 392.76 m3/s y mediante el modelo HEC HMS es de 516.2 m3/s; esta diferencia se debe a que la longitud de la serie disponible de la estación Casa Blanca es de 44 años y los resultados obtenidos con las distribuciones tienden a subestimar los resultados para periodos de retorno superiores a 50 años.

Otro punto de calibración es la estación Sayán Chico que es el elemento "J93", la cual se localiza en el tributario río Chico; el resultado obtenido en el modelo HEC HMS fue comparado con el resultado probabilístico de la descarga máxima instantánea de la estación Sayán-Chico con periodo de retorno de 100 años. El resultado mediante el método probabilístico es de 114.66 m3/s y mediante el modelo HEC HMS es de 123.30 m3/s, resultando un valor cercano.

Manuel J. Ecos Vasquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ALEJANDRO ERNESTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

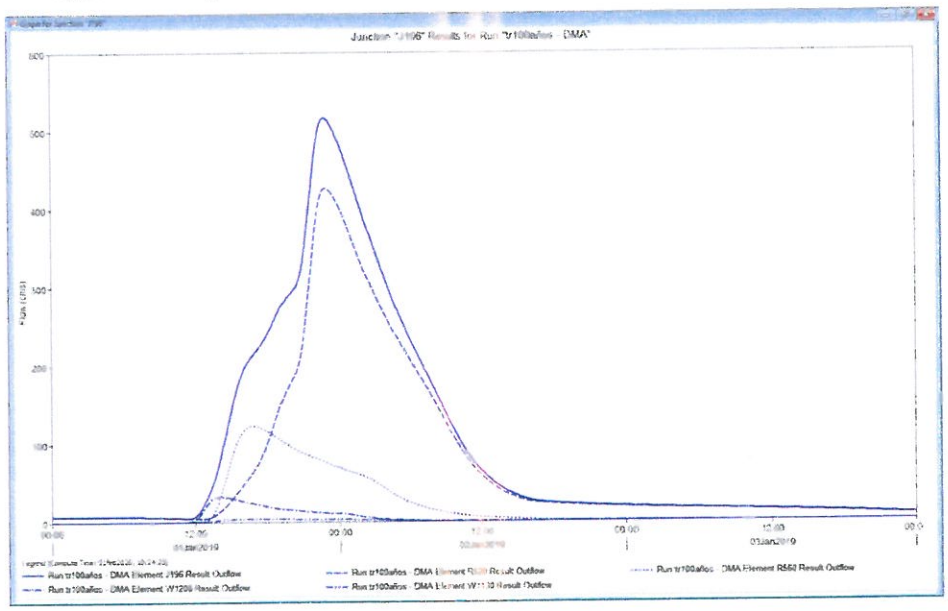
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 171: Hidrograma de la avenida de 100 años. Sección de la cuenca "Convergencia J196"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 200 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J196" se muestra en la Figura 172, el caudal pico es de 643.1 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 29269.7 milesm3 para un periodo de retorno de 200 años. La descarga máxima se presenta a las 22:30 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R520, tramo R560, microcuenca W1200 y microcuenca W1130; siendo los picos de 537.30 m3/s a las 22:40 horas, 144.60 m3/s a las 16:50 horas, 37.1 m3/s a las 14:10 horas y 4.5 m3/s a las 16:30 horas, respectivamente.

Como parte de la calibración del modelo hidrológico, se consideró la estación Casa Blanca que es el elemento "J196"; el resultado obtenido en el modelo HEC HMS fue comparado con el resultado probabilístico de la descarga máxima instantánea de la estación Casa Blanca con periodo de retorno de 200 años. El resultado mediante el método probabilístico es de 440.45 m3/s y mediante el modelo HEC HMS es de 643.1 m3/s; esta diferencia se debe a que la longitud de la serie disponible de la estación Casa Blanca es de 44 años y los resultados obtenidos con las distribuciones tienden a subestimar los resultados para periodos de retorno superiores a 50 años.

Otro punto de calibración es la estación Sayán Chico que es el elemento "J93", la cual se localiza en el tributario río Chico; el resultado obtenido en el modelo HEC HMS fue comparado con el resultado probabilístico de la descarga máxima instantánea de la estación Sayán-Chico con periodo de retorno de 200 años. El resultado mediante el método probabilístico es de 132.25 m3/s y mediante el modelo HEC HMS es de 145.50 m3/s, resultando un valor cercano.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58099

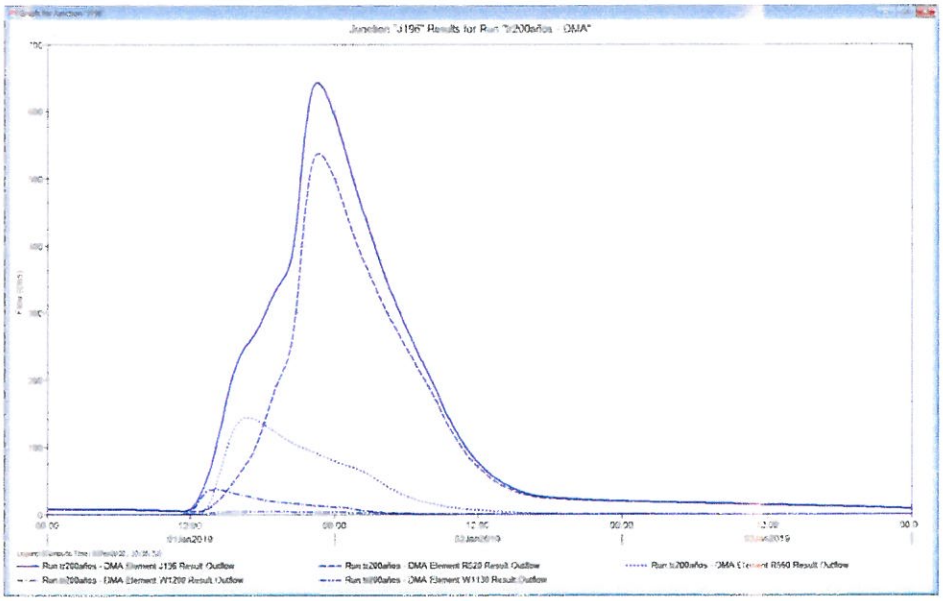
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR ME
REPRESENTANTE LEGA

Figura 172: Hidrograma de la avenida de 200 años. Sección de la cuenca "Convergencia J196"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 500 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J196" se muestra en la Figura 173, el caudal pico es de 909.0 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 40176.3 milesm3 para un periodo de retorno de 500 años. La descarga máxima se presenta a las 22:10 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R520, tramo R560, microcuenca W1200 y microcuenca W1130; siendo los picos de 769.70 m3/s a las 22:20 horas, 194.90 m3/s a las 16:40 horas, 48.5 m3/s a las 14:00 horas y 6.1 m3/s a las 16:00 horas, respectivamente.

Como parte de la calibración del modelo hidrológico, se consideró la estación Casa Blanca que es el elemento "J196"; el resultado obtenido en el modelo HEC HMS fue comparado con el resultado probabilístico de la descarga máxima instantánea de la estación Casa Blanca con periodo de retorno de 500 años. El resultado mediante el método probabilístico es de 506.07 m3/s y mediante el modelo HEC HMS es de 909.0 m3/s; esta diferencia se debe a que la longitud de la serie disponible de la estación Casa Blanca es de 44 años y los resultados obtenidos con las distribuciones tienden a subestimar los resultados para periodos de retorno superiores a 50 años.

Otro punto de calibración es la estación Sayán Chico que es el elemento "J93", la cual se localiza en el tributario río Chico; el resultado obtenido en el modelo HEC HMS fue comparado con el resultado probabilístico de la descarga máxima instantánea de la estación Sayán-Chico con periodo de retorno de 500 años. El resultado mediante el método probabilístico es de 157.21 m3/s y mediante el modelo HEC HMS es de 196.00 m3/s, resultando un valor muy cercano.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS FIDENCIO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

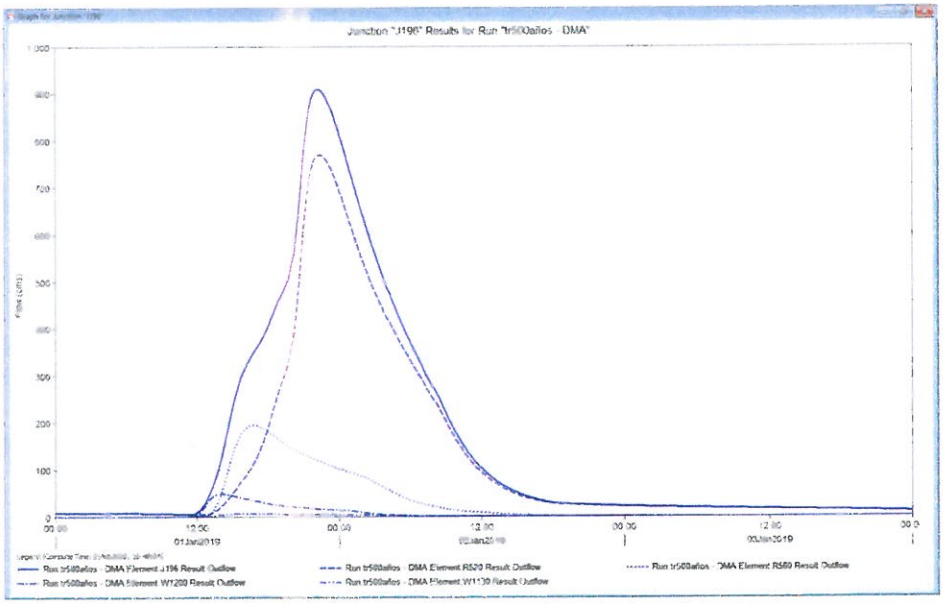
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 173: Hidrograma de la avenida de 500 años. Sección de la cuenca "Convergencia J196"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 1000 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J196" se muestra en la Figura 174, el caudal pico es de 1121.3 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 49104.9 milesm3 para un periodo de retorno de 1000 años. La descarga máxima se presenta a las 22:00 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R520, tramo R560, microcuenca W1200 y microcuenca W1130; siendo los picos de 956.40 m3/s a las 22:10 horas, 233.60 m3/s a las 16:40 horas, 56.8 m3/s a las 14:00 horas y 7.4 m3/s a las 16:00 horas, respectivamente.

Como parte de la calibración del modelo hidrológico, se consideró la estación Casa Blanca que es el elemento "J196"; el resultado obtenido en el modelo HEC HMS fue comparado con el resultado probabilístico de la descarga máxima instantánea de la estación Casa Blanca con periodo de retorno de 1000 años. El resultado mediante el método probabilístico es de 557.84 m3/s y mediante el modelo HEC HMS es de 1121.3 m3/s; esta diferencia se debe a que la longitud de la serie disponible de la estación Casa Blanca es de 44 años y los resultados obtenidos con las distribuciones tienden a subestimar los resultados para periodos de retorno superiores a 50 años.

Otro punto de calibración es la estación Sayán Chico que es el elemento "J93", la cual se localiza en el tributario río Chico; el resultado obtenido en el modelo HEC HMS fue comparado con el resultado probabilístico de la descarga máxima instantánea de la estación Sayán-Chico con periodo de retorno de 1000 años. El resultado mediante el método probabilístico es de 177.49 m3/s y mediante el modelo HEC HMS es de 253.20 m3/s.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

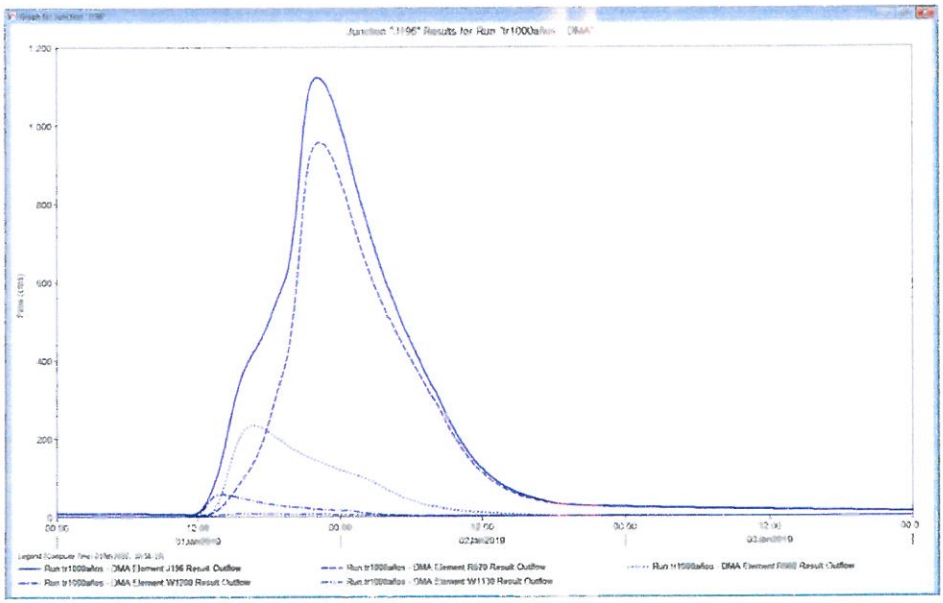
Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrología
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 174: Hidrograma de la avenida de 1000 años. Sección de la cuenca "Convergencia J196"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

11.7 FIN SUBCUENCA HUAURA-MEDIO

El fin de la subcuenca es el elemento de convergencia "J211" del modelo hidrológico desarrollado en el programa HEC-HMS, para lo cual se toma en cuenta los pasos siguientes:

- Modelo de cuenca en el punto de interés: Para estimar las pérdidas se utilizó el método del Numero se Curva de la SCS, se determinó el tiempo de concentración de las microcuencas (W1060 y W1140) localizadas en dichas microcuencas, adicionalmente, se generó sus parámetros fisiográficos en ARC-GIS versión 10.3 con la extensión GEO-HMS. El flujo base se considera poco significante previo a la ocurrencia de máximas avenidas.
- La Subcuenca Huaura Medio, recibe los aportes de la Subcuenca Huaura-Sayán, Subcuenca Chico-Auquimarca, Subcuenca Huaura-Paccho-Tingo, Subcuenca Huaura-Churin, Subcuenca Quichas-Ushpa, Subcuenca Pampahuay-Patón, Subcuenca Checras y Subcuenca Cochaquillo-Queruraccra.
- Modelo Meteorológico: Se realizó el análisis estadístico de la información pluviométrica y su respectiva ley de frecuencias, dichos resultados fueron ingresados al modelo meteorológico mediante hietogramas de avenidas: 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 y 1000 años, con una duración de tormenta de 6 horas; las cuales han sido convenientemente distribuidas en el ámbito de las subcuencas.
- Especificaciones de Control: Para realizar la simulación de la avenida se especifica una fecha de inicio y final, dentro de este rango se presentarán los resultados de la simulación y el hidrograma de avenida, para los casos analizados, la fecha de inicio es el 01 de enero del 2019 a las 00:00 horas y la fecha de fin es el 04 de enero del 2019 a las 00:00 pm; con intervalo de tiempo computacional de 10 minutos.
- Calibración del Modelo: Se tomó como referencia los resultados de máximas avenidas de la estación hidrométrica Sayán.

Manuel J. Ecos Vasquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58099

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

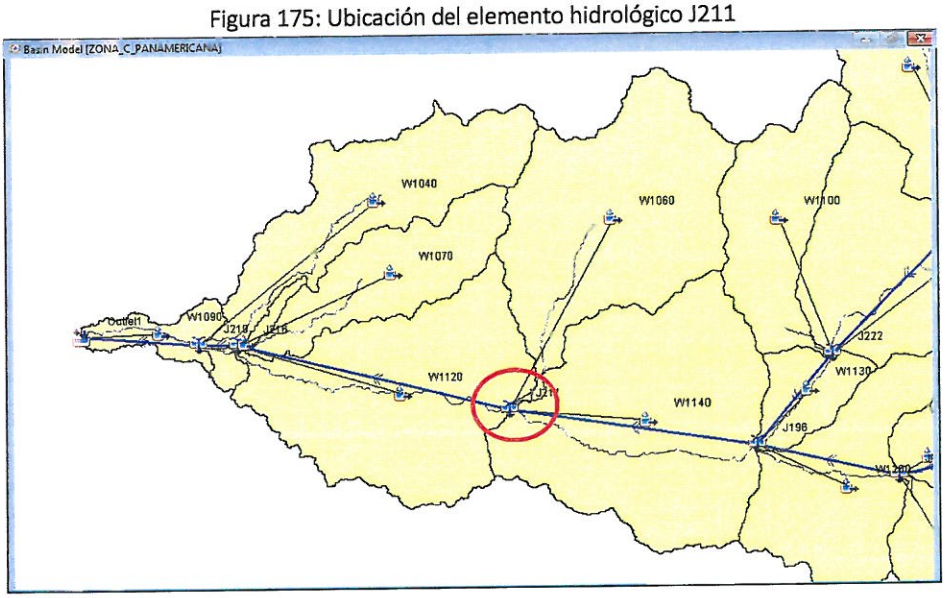
Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

- En el Anexo 8.1 se muestra el resultado de los hidrogramas obtenidos en el elemento "J211", y en el Anexo 14 el modelo hidrológico de máximas avenidas desarrollado en el programa HEC-HMS versión 4.3.
- A continuación, se muestra la ubicación del elemento hidrológico "J211", correspondiente al fin de la subcuenca Huaura-Medio en el esquema topológico del modelo HEC-HMS.

Figura 175: Ubicación del elemento hidrológico J211



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 2 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J211" se muestra en la Figura 176, el caudal pico es de 132.7 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 8954.9 milesm3 para un periodo de retorno de 2 años. La descarga máxima se presenta a las 28:50 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R530, microcuenca W1140 y microcuenca W1060; siendo los picos de 132.7 m3/s a las 28:50 horas, 0.00 m3/s y 0.00 m3/s, respectivamente.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

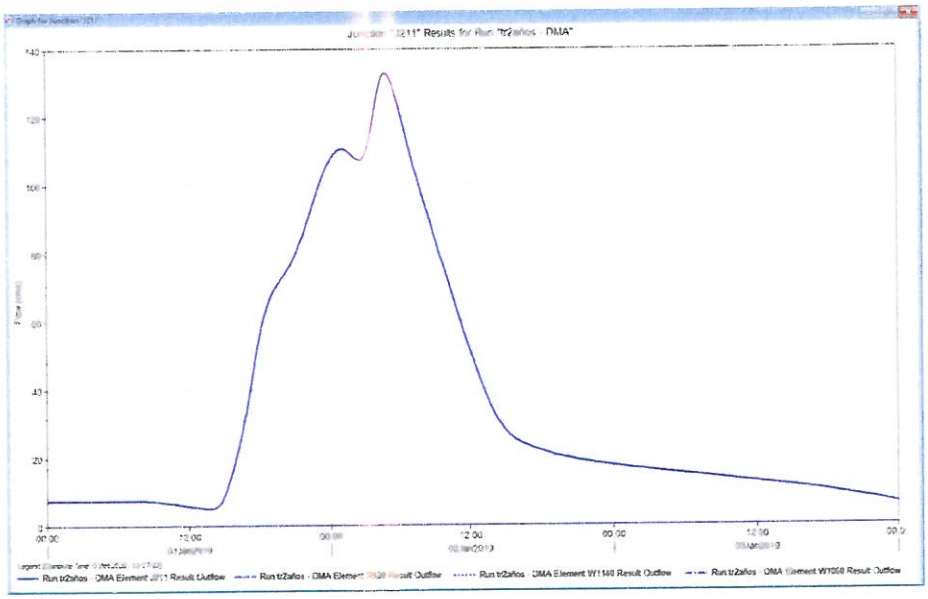
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 176: Hidrograma de la avenida de 2 años. Sección de la cuenca "Convergencia J211"

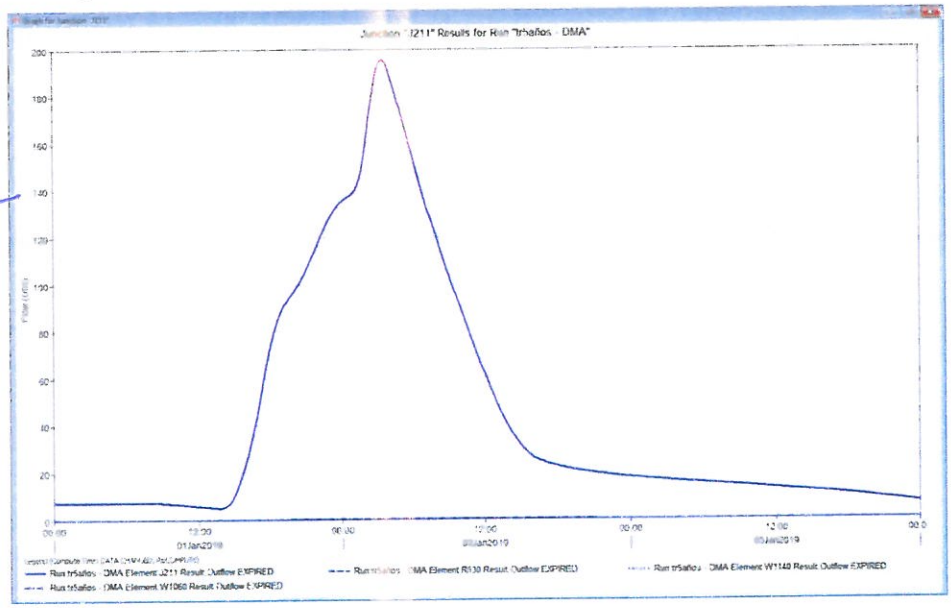


Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 5 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J211" se muestra en la Figura 177, el caudal pico es de 195.4 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 11244.2 milesm3 para un periodo de retorno de 5 años. La descarga máxima se presenta a las 27:20 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R530, microcuenca W1140 y microcuenca W1060; siendo los picos de 195.3 m3/s a las 27:20 horas, 0.00 m3/s y 0.10 m3/s a las 24:00 horas, respectivamente.

Figura 177: Hidrograma de la avenida de 5 años. Sección de la cuenca "Convergencia J211"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 55090

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

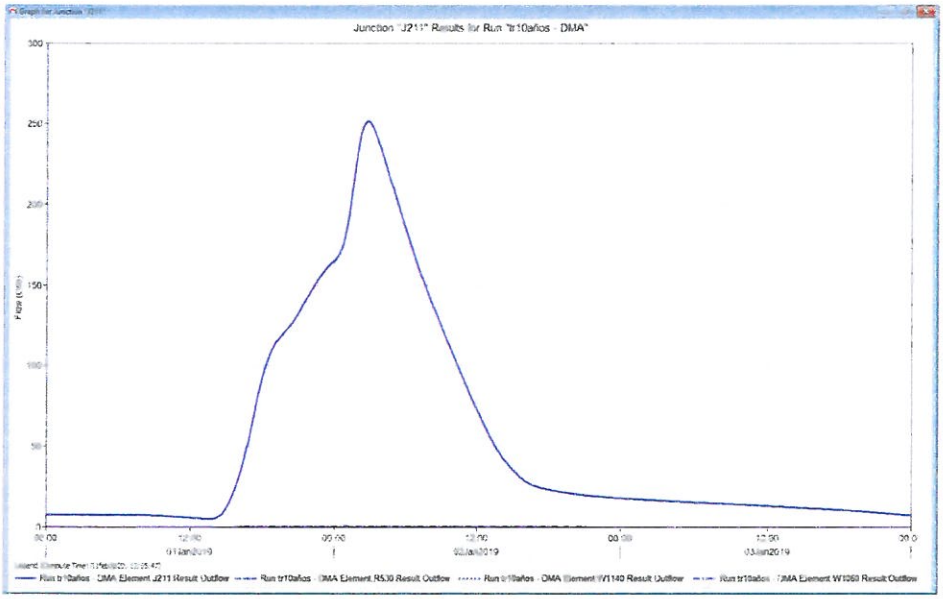
Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

- Avenida de 10 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J211" se muestra en la Figura 178, el caudal pico es de 251.5 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 13473.5 milesm3 para un periodo de retorno de 10 años. La descarga máxima se presenta a las 26:40 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R530, microcuenca W1140 y microcuenca W1060; siendo los picos de 251.2 m3/s a las 26:40 horas, 0.00 m3/s y 0.40 m3/s a las 24:00 horas, respectivamente.

Figura 178: Hidrograma de la avenida de 10 años. Sección de la cuenca "Convergencia J211"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 25 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J211" se muestra en la Figura 179, el caudal pico es de 300.8 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 15343.4 milesm3 para un periodo de retorno de 25 años. La descarga máxima se presenta a las 26:00 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R530, microcuenca W1140 y microcuenca W1060; siendo los picos de 344.4 m3/s a las 26:00 horas, 0.00 m3 y 1.30 m3/s a las 24:00 horas, respectivamente.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISION
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

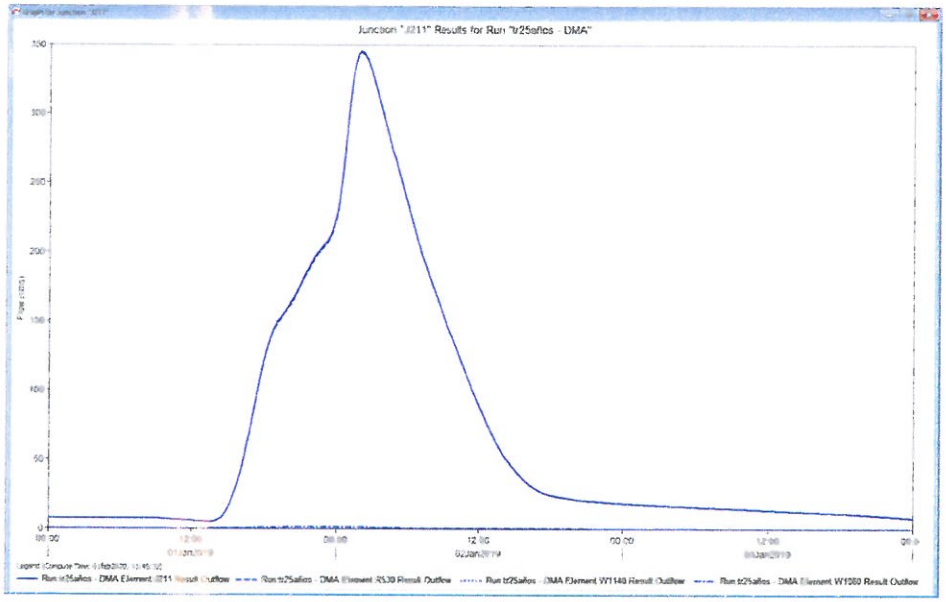
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 179: Hidrograma de la avenida de 25 años. Sección de la cuenca "Convergencia J211"

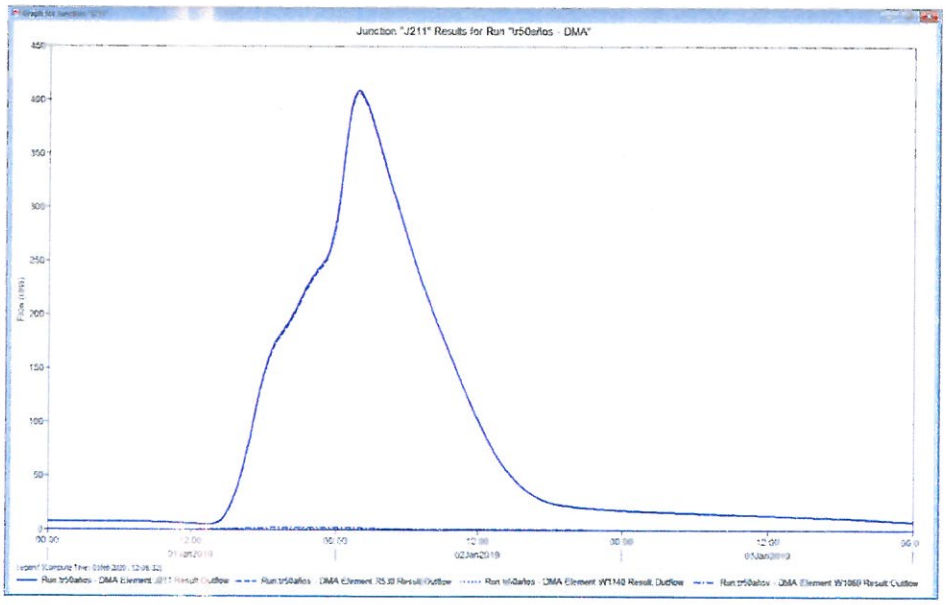


Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 50 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J211" se muestra en la Figura 180, el caudal pico es de 408.6 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 19953.8 milesm3 para un periodo de retorno de 50 años. La descarga máxima se presenta a las 25:50 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R530, microcuenca W1140 y microcuenca W1060; siendo los picos de 406.6 m3/s a las 25:50 horas, 0.20 m3/s a las 24:20 horas y 2.20 m3/s a las 23:10 horas, respectivamente.

Figura 180: Hidrograma de la avenida de 50 años. Sección de la cuenca "Convergencia J211"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

...RO VILLAFANI VIVAS
...o Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

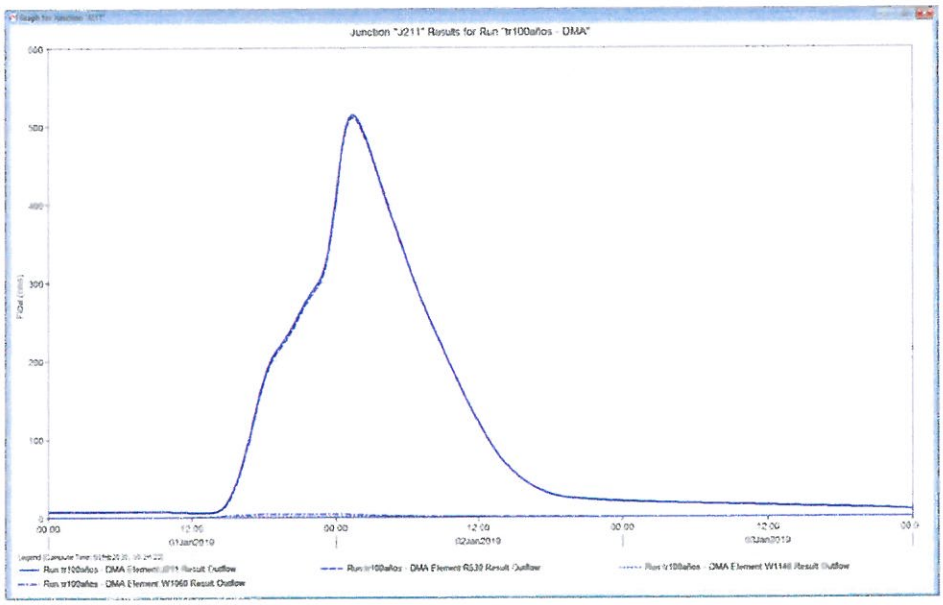
Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

- Avenida de 100 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J211" se muestra en la Figura 181, el caudal pico es de 513.9 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 24290.8 milesm3 para un periodo de retorno de 100 años. La descarga máxima se presenta a las 25:20 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R530, microcuenca W1140 y microcuenca W1060; siendo los picos de 510.1 m3/s a las 25:20 horas, 0.60 m3/s a las 24:00 horas y 3.80 m3/s a las 21:10 horas, respectivamente.

Figura 181: Hidrograma de la avenida de 100 años. Sección de la cuenca "Convergencia J211"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 200 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J211" se muestra en la Figura 182, el caudal pico es de 643.1 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 29599.9 milesm3 para un periodo de retorno de 200 años. La descarga máxima se presenta a las 25:10 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R530, microcuenca W1140 y microcuenca W1060; siendo los picos de 636.9 m3/s a las 25:10 horas, 1.40 m3/s a las 24:00 horas y 6.10 m3/s a las 20:00 horas, respectivamente.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

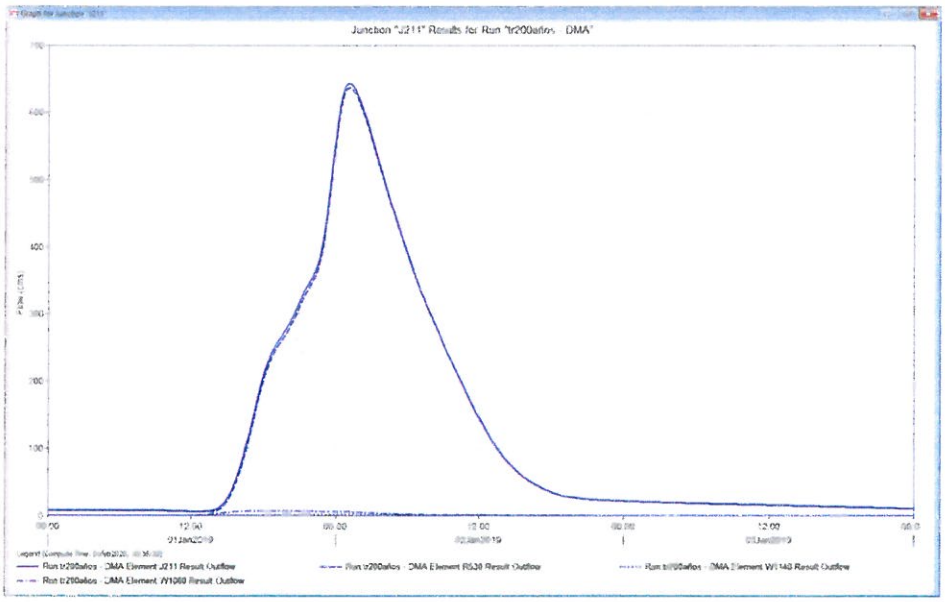
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Mabel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 182: Hidrograma de la avenida de 200 años. Sección de la cuenca "Convergencia J211"

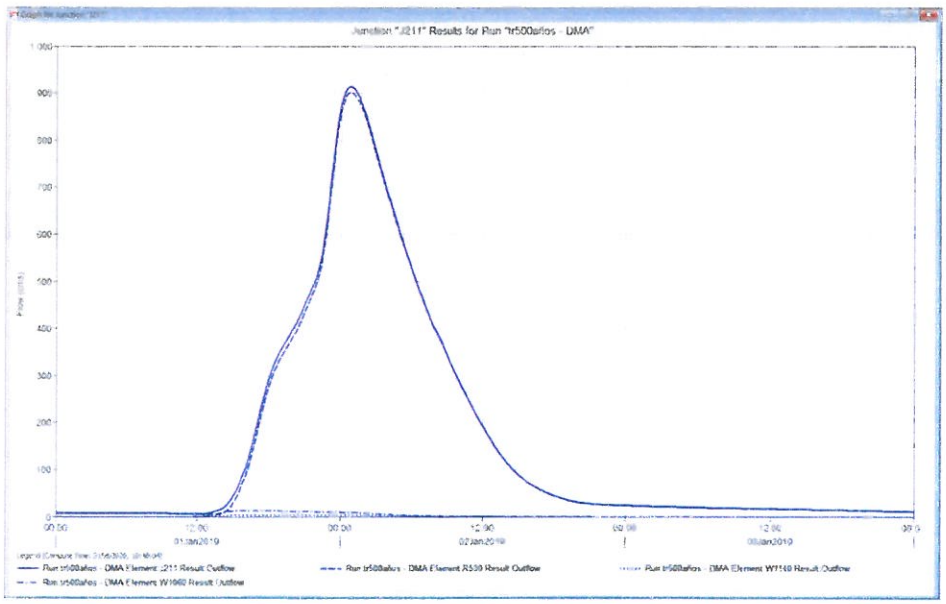


Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 500 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J211" se muestra en la Figura 183, el caudal pico es de 914.2 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 40938.5 milesm3 para un periodo de retorno de 500 años. La descarga máxima se presenta a las 24:40 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R530, microcuenca W1140 y microcuenca W1060; siendo los picos de 901.8 m3/s a las 24:50 horas, 4.10 m3/s a las 19:50 horas y 13.40 m3/s a las 16:40 horas, respectivamente.

Figura 183: Hidrograma de la avenida de 500 años. Sección de la cuenca "Convergencia J211"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CORRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

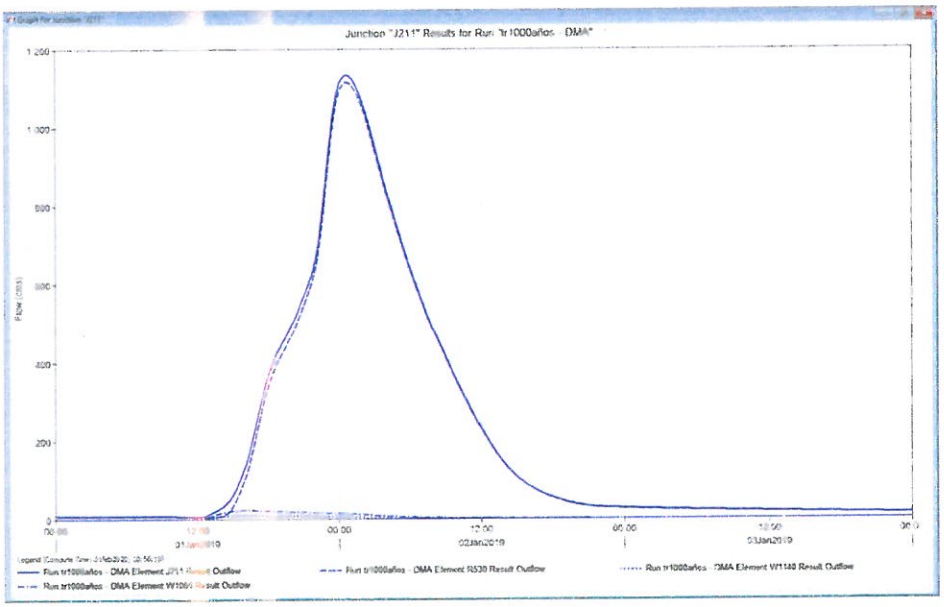
Ing. Marcial Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrología
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

- Avenida de 1000 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Elemento J211" se muestra en la Figura 184, el caudal pico es de 1133.1 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 50363.1 milesm3 para un periodo de retorno de 1000 años. La descarga máxima se presenta a las 24:30 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R530, microcuenca W1140 y microcuenca W1060; siendo los picos de 1114.2 m3/s a las 24:40 horas, 8.80 m3/s a las 16:20 horas y 21.70 m3/s a las 16:10 horas, respectivamente.

Figura 184: Hidrograma de la avenida de 1000 años. Sección de la cuenca "Convergencia J211"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

11.8 FIN SUBCUENCA HUAURA-BAJO

El fin de la subcuenca es el elemento "Outlet 1" (cruce con la Carretera Panamericana) del modelo hidrológico desarrollado en el programa HEC-HMS, para lo cual se toma en cuenta los pasos siguientes:

- Modelo de cuenca en el punto de interés: Para estimar las pérdidas se utilizó el método del Numero se Curva de la SCS, se determinó el tiempo de concentración de las microcuencas (W1040, W1070, W1090, W1110 y W1120) localizadas en dichas microcuencas, adicionalmente, se generó sus parámetros fisiográficos en ARC-GIS versión 10.3 con la extensión GEO-HMS. El flujo base se considera poco significante previo a la ocurrencia de máximas avenidas.
- La Subcuenca Huaura Bajo, recibe los aportes de la Subcuenca Huaura Medio, Subcuenca Huaura-Sayán, Subcuenca Chico-Auquimarca, Subcuenca Huaura-Paccho-Tingo, Subcuenca Huaura-Churin, Subcuenca Quichas-Ushpa, Subcuenca Pampahuay-Patón, Subcuenca Checras y Subcuenca Cochaquillo-Queruraccra.
- Modelo Meteorológico: Se realizó el análisis estadístico de la información pluviométrica y su respectiva ley de frecuencias, dichos resultados fueron ingresados al modelo meteorológico mediante hietogramas de avenidas: 2, 5, 10,

Ing. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

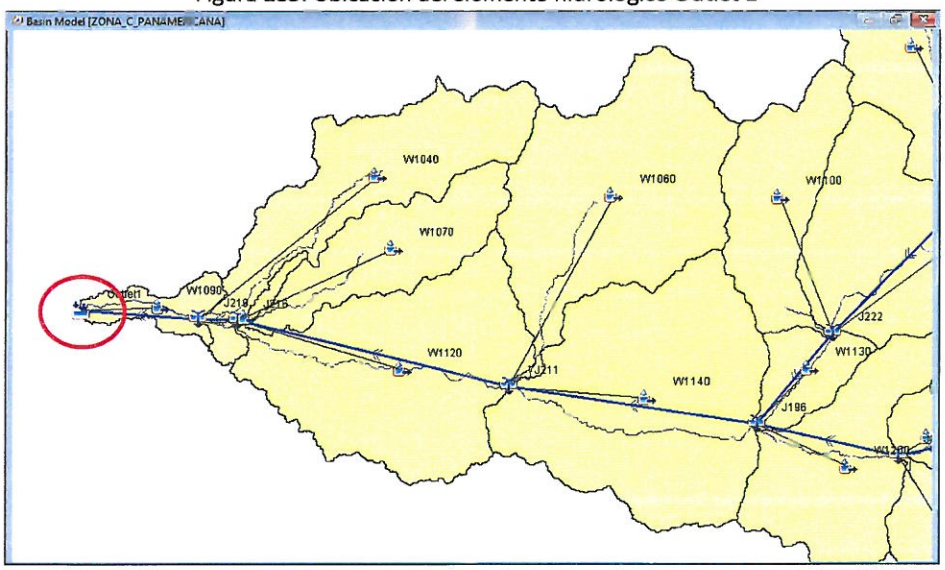
Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

25, 50, 100, 200, 500 y 1000 años, con una duración de tormenta de 6 horas; las cuales han sido convenientemente distribuidas en el ámbito de las subcuencas.

- Especificaciones de Control: Para realizar la simulación de la avenida se especifica una fecha de inicio y final, dentro de este rango se presentarán los resultados de la simulación y el hidrograma de avenida, para los casos analizados, la fecha de inicio es el 01 de enero del 2019 a las 00:00 horas y la fecha de fin es el 04 de enero del 2019 a las 00:00 pm; con intervalo de tiempo computacional de 10 minutos.
- Calibración del Modelo: Se tomó como referencia los resultados de máximas avenidas de la estación hidrométrica Sayán; siendo este un elemento aportante al recurso hídrico de la cuenca.
- En el Anexo 8.1 se muestra el resultado de los hidrogramas obtenidos en el elemento "Outlet1", y en el Anexo 14 el modelo hidrológico de máximas avenidas desarrollado en el programa HEC-HMS versión 4.3.
- A continuación, se muestra la ubicación del elemento hidrológico "Outlet 1", correspondiente al fin de la subcuenca Huaura-Bajo o Cruce con la Carretera Panamericana en el esquema topológico del modelo HEC-HMS.

Figura 185: Ubicación del elemento hidrológico Outlet 1



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 2 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Outlet 1" se muestra en la Figura 186, el caudal pico es de 130.1 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 8945.4 milesm3 para un periodo de retorno de 2 años. La descarga máxima se presenta a las 33:10 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R430 y microcuenca W1090; siendo los picos de 130.5 m3/s a las 33:10 horas y 0.0 m3/s, respectivamente.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

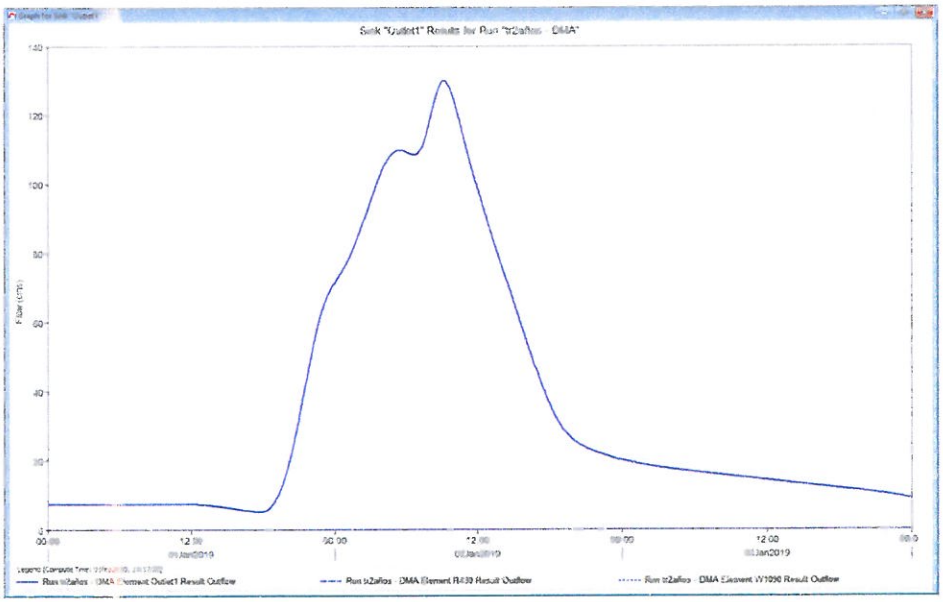
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 186: Hidrograma de la avenida de 2 años. Sección de la cuenca "Outlet 1"

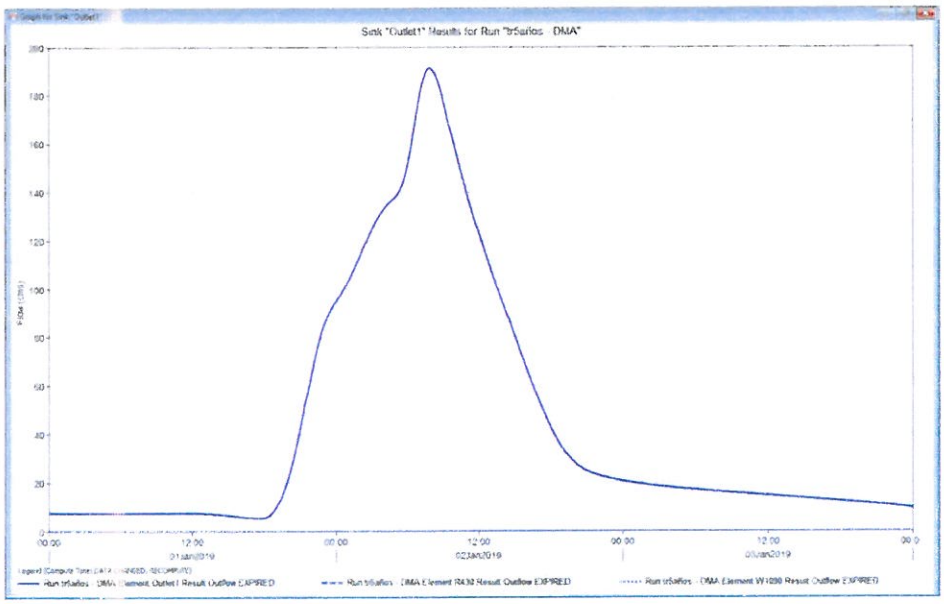


Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 5 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Outlet 1" se muestra en la Figura 187, el caudal pico es de 191.2 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 11226.7 milesm3 para un periodo de retorno de 5 años. La descarga máxima se presenta a las 31:50 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R430 y microcuenca W1090; siendo los picos de 191.2 m3/s a las 31:50 horas y 0.0 m3/s, respectivamente.

Figura 187: Hidrograma de la avenida de 5 años. Sección de la cuenca "Outlet 1"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

Manuel L. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVICIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

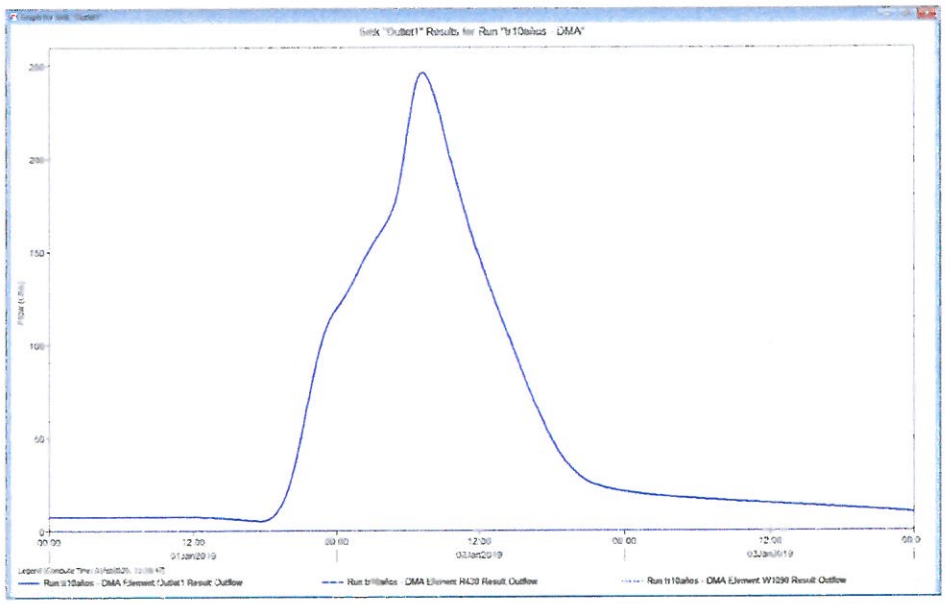
Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

- Avenida de 10 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Outlet 1" se muestra en la Figura 188, el caudal pico es de 246.4 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 13451.6 milesm3 para un periodo de retorno de 10 años. La descarga máxima se presenta a las 33:10 horas de iniciada la tormenta de diseño de 6 horas. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R430 y microcuenca W1090; siendo los picos de 246.4 m3/s a las 33:10 horas y 0.0 m3/s, respectivamente.

Figura 188: Hidrograma de la avenida de 10 años. Sección de la cuenca "Outlet 1"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 25 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Outlet 1" se muestra en la Figura 189, el caudal pico es de 338.4 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 17135.2 milesm3 para un periodo de retorno de 25 años. La descarga máxima se presenta a las 30:30 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R430 y microcuenca W1090; siendo los picos de 338.4 m3/s a las 30:30 horas y 0.0 m3/s, respectivamente.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

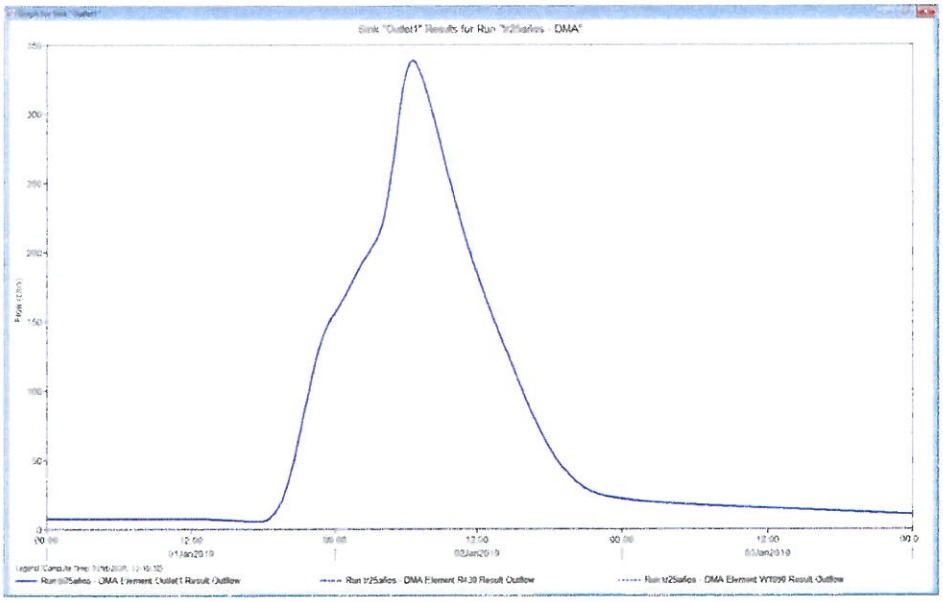
ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 189: Hidrograma de la avenida de 25 años. Sección de la cuenca "Outlet 1"

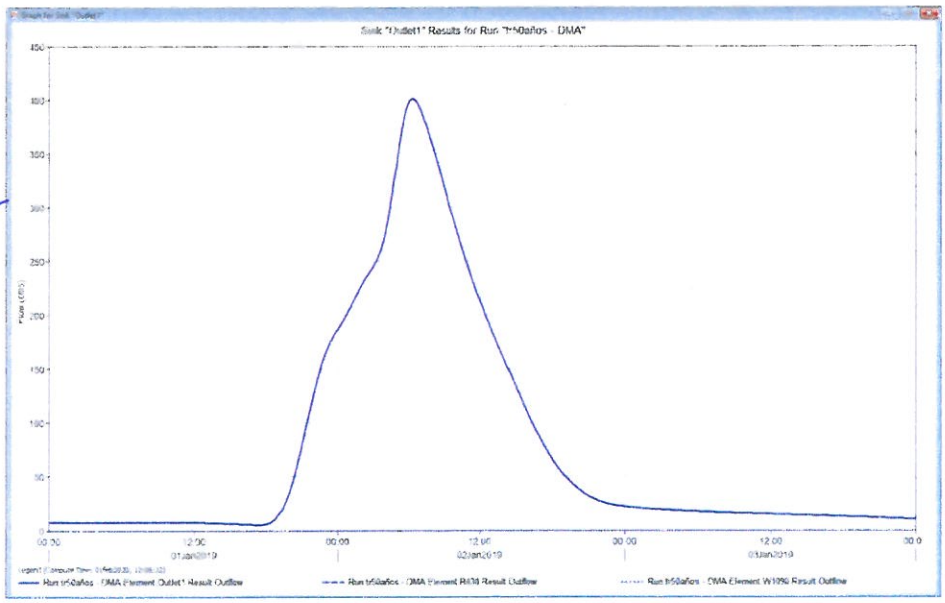


Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 50 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Outlet 1" se muestra en la Figura 190, el caudal pico es de 400.9 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 19919.5 milesm3 para un periodo de retorno de 50 años. La descarga máxima se presenta a las 30:10 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R430 y microcuenca W1090; siendo los picos de 400.9 m3/s a las 30:10 horas y 0.00 m3/s, respectivamente.

Figura 190: Hidrograma de la avenida de 50 años. Sección de la cuenca "Outlet 1"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS ROMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58529

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

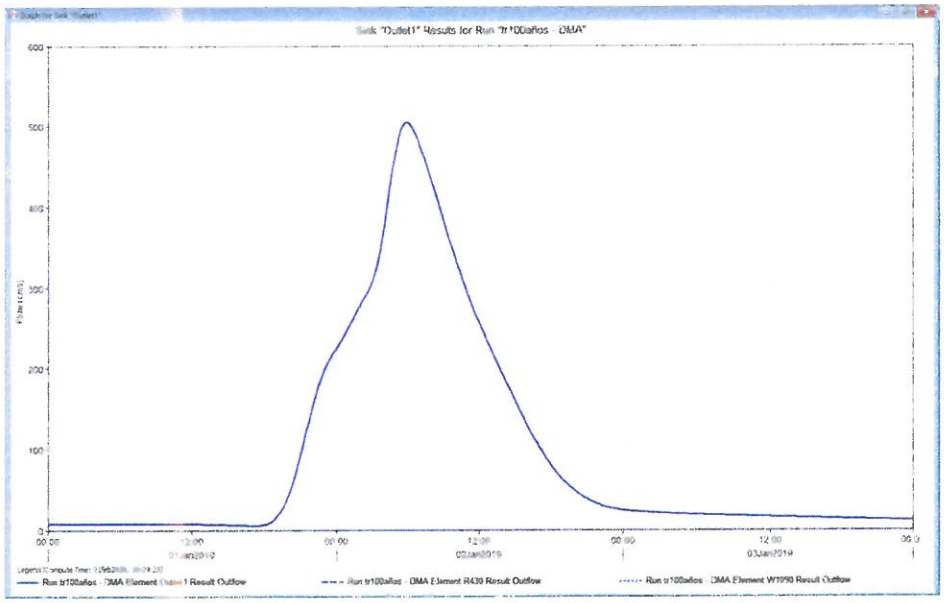
Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrología
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

- Avenida de 100 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Outlet 1" se muestra en la Figura 191, el caudal pico es de 505.0 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 24243.6 milesm3 para un periodo de retorno de 100 años. La descarga máxima se presenta a las 29:50 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R430 y microcuenca W1090; siendo los picos de 505.0 m3/s a las 29:50 horas y 0.0 m3/s, respectivamente.

Figura 191: Hidrograma de la avenida de 100 años. Sección de la cuenca "Outlet 1"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 200 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Outlet 1" se muestra en la Figura 192, el caudal pico es de 632.6 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 29539.7 milesm3 para un periodo de retorno de 200 años. La descarga máxima se presenta a las 29:30 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R430 y microcuenca W1090; siendo los picos de 632.6 m3/s a las 29:30 horas y 0.0 m3/s, respectivamente.

Manuel J. Cos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

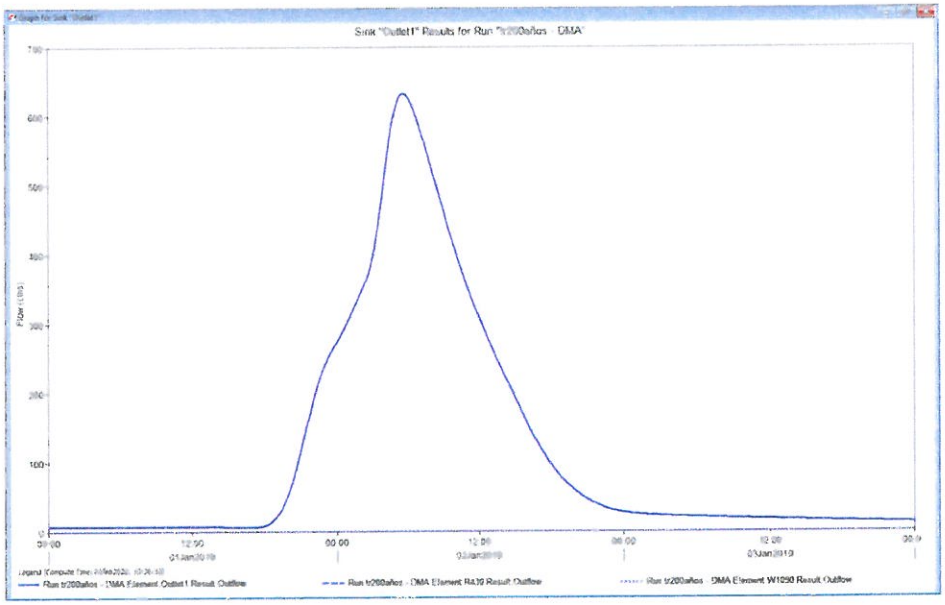
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 192: Hidrograma de la avenida de 200 años. Sección de la cuenca "Outlet 1"

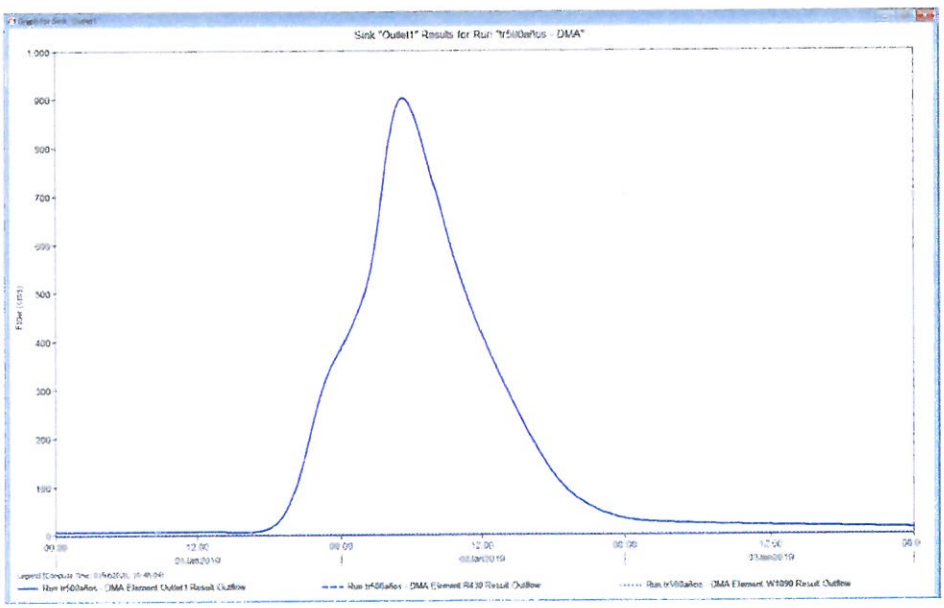


Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

- Avenida de 500 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Outlet 1" se muestra en la Figura 193, el caudal pico es de 901.6 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 40859.6 milesm3 para un periodo de retorno de 500 años. La descarga máxima se presenta a las 29:10 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R430 y microcuenca W1090; siendo los picos de 901.6 m3/s a las 29:10 horas y 0.0 m3/s, respectivamente.

Figura 193: Hidrograma de la avenida de 500 años. Sección de la cuenca "Outlet 1"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

Manuel J. Ucos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS ROMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53990

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

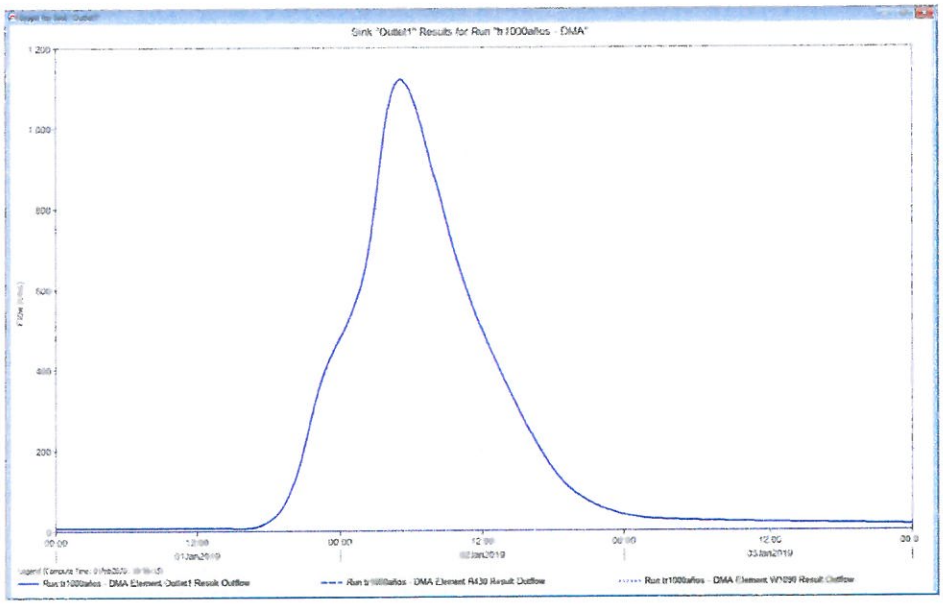
Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

- Avenida de 1000 años

El hidrograma de máximas avenidas del "Outlet 1" se muestra en la Figura 194, el caudal pico es de 1119.8 m3/s, siendo el volumen del hidrograma de 50274.7 milesm3 para un periodo de retorno de 1000 años. La descarga máxima se presenta a las 29:00 horas de iniciada la tormenta de diseño. En la figura se aprecia que el hidrograma resultante está formado por la superposición de hidrogramas de los elementos hidrológicos siguientes: tramo R430 y microcuenca W1090; siendo los picos de 1119.8 m3/s a las 29:00 horas y 0.0 m3/s, respectivamente.

Figura 194: Hidrograma de la avenida de 1000 años. Sección de la cuenca "Outlet 1"



Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

Manuel J. Ycos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58939

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecanico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marco Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64851

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 195: Caudales máximos instantáneos para diversos periodos de retorno en secciones de interés de la cuenca del río Huaura mediante el modelo HEC-HMS

PUNTOS DE INTERÉS	CÓDIGO HEC HMS	DESCRIPCIÓN	CAUDAL MÁXIMO INSTANTÁNEO (m^3/s)								
			Tr 2 años	Tr 5 años	Tr 10 años	Tr 25 años	Tr 50 años	Tr 100 años	Tr 200 años	Tr 500 años	Tr 1000 años
1	J330	RÍO HUAURA EN UNIÓN QUICHAS-USHPA Y PAMPAHUAY-PATÓN	21.5	22.5	28.4	29.5	36.4	45.2	55.3	71.4	73.1
2	J248	RÍO CHECRAS EN UNIÓN COCHAQUILLO Y QUERURACCRA	64.7	86.1	103.9	141.5	155.7	197.4	251.1	364.3	465.7
3	J286	RÍO HUAURA EN UNIÓN HUAURA Y CHECRAS	93.1	137.9	177.4	244.8	285.9	362.0	455.8	650.7	806.1
4	J237	RÍO HUAURA EN UNIÓN YARUCAYA Y HUAURA-PACCHO-TINGO	104.1	153.7	197.6	274.0	323.1	409.8	516.9	741.3	921.6
5	J196	RÍO HUAURA EN UNIÓN HUAURA-SAYÁN Y CHICO-AUQUIMARCA	134.6	198.5	255.3	349.1	412.1	516.2	643.1	909.0	1,121.3
6	J211	RÍO HUAURA EN HUAURA-MEDIO	132.7	195.4	251.5	345.5	408.6	513.9	643.1	914.2	1,133.1
7	Outlet 1	RÍO HUAURA EN HUAURA-BAJO	130.1	191.2	246.4	338.4	400.9	505.0	632.6	901.6	1,119.8

Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marco Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISOR HUAURA
CIP N° 59999

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Manuel J. Cossios Vasquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

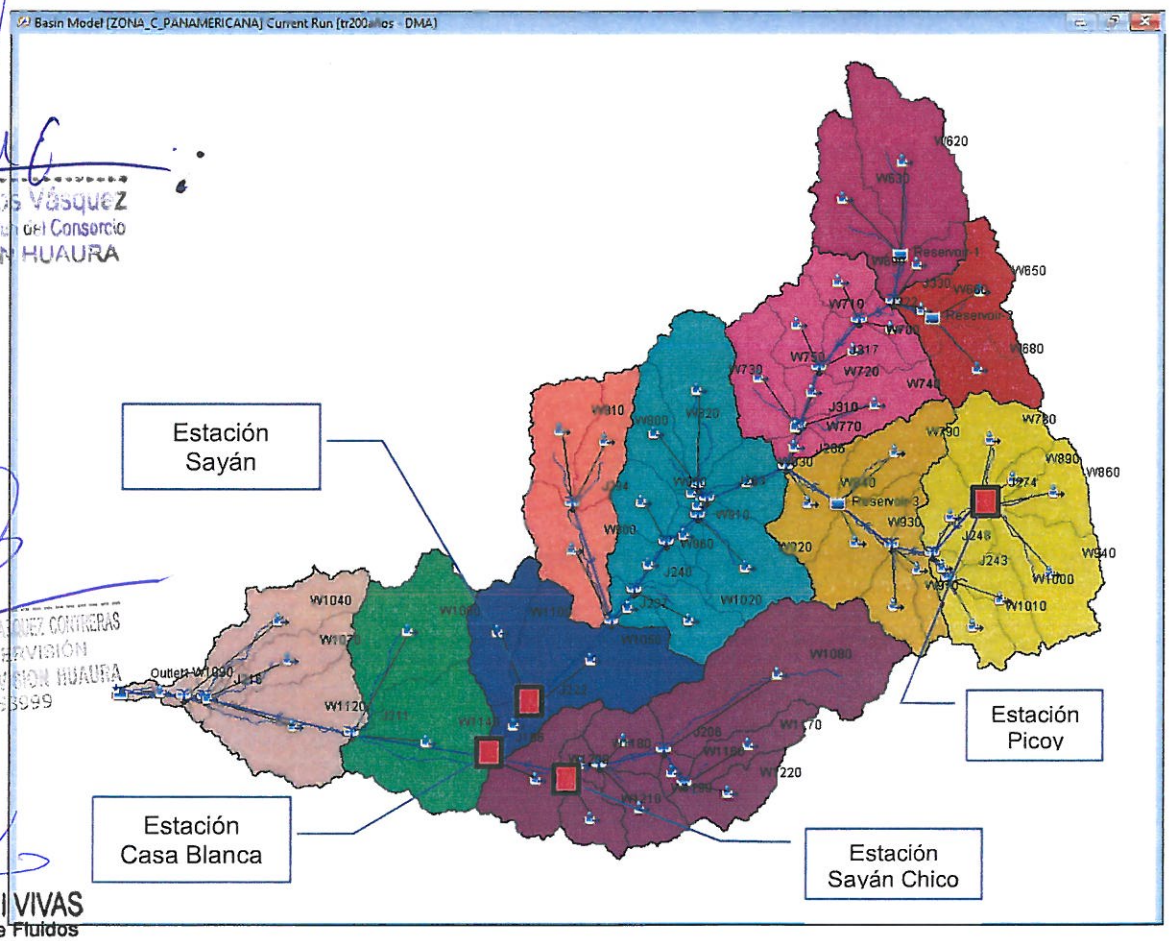
12 CALIBRACIÓN DEL MODELO HMS

12.1 MEDIANTE ESTACIONES HIDROMÉTRICAS

La calibración es esencial en la modelación hidrológica, este proceso permite ajustar los parámetros para que la simulación de los hidrogramas reproduzca satisfactoriamente los registrados observados en la cuenca. Para que los resultados de la simulación en Hec-Hms, representen con algún grado de confiabilidad, el comportamiento de la cuenca que está analizando, es necesario someterlos a pruebas de ajuste.

El mencionado proceso, necesita disponer de registros de precipitación y medidas de caudal para un mismo evento, y consiste en la búsqueda de los valores de los parámetros, que proporcionan un mismo ajuste entre el hidrograma simulado y el observado. La metodología empleada para calibrar el modelo hidrológico, ha sido calcular los caudales máximos de las estaciones hidrométricas Casa Blanca, Sayán, Sayán-Chico y Picoy; para diferentes periodos de retorno mediante un cuadro comparativo desarrollado en hoja de cálculo Excel, y estos resultados comparar mediante una gráfica de hidrogramas de caudal del modelo HEC-HMS. La ubicación de los puntos de calibración en la cuenca se muestra en la Figura 196; el resultado comparativo entre los métodos estadísticos y el modelo de la cuenca desarrollado en el programa HEC HMS se muestra en el Cuadro 12.1.

Figura 196: Puntos de control para la calibración del modelo hidrológico de la cuenca del río Huaura



Fuente. Modelo HMS

Manuel J. Egos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VÁSQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISIÓN HUAURA
CIP N° 85099

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marco Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 12-1: Comparación de resultados de HMS y Método Estadísticos en diversas secciones de la cuenca del río Huaura

SECCIÓN DEL RÍO HUAURA		ÁREA DE LA CUENCA (Km2)	TR (Años)	CAUDAL MÁXIMO (m^3/s)				
ESTACIÓN	MODELO HMS			Distribución Mejor Ajuste	NASH	LEBEDIEV	GUMBEL	HEC-HMS
CASA BLANCA	ELEMENTO HIDROLÓGICO J196	3,546.97	2	134.86	159.20	157.18	225.41	134.60
			5	198.51	225.34	206.83	280.11	198.50
			10	243.01	269.34	263.45	321.50	255.30
			25	301.48	325.16	309.75	376.20	349.10
			50	346.53	366.73	370.14	417.59	412.10
			100	392.76	408.11	415.21	458.97	516.20
			200	440.45	449.45	462.82	500.35	643.10
			500	506.07	504.13	505.06	555.06	909.00
			1000	557.84	545.55	578.05	596.44	1,121.30
			Correl.	*0.9659*	*0.9542*	*0.9611*	*0.9599*	
SAYÁN	ELEMENTO HIDROLÓGICO J222	2,745.58	2	123.05	143.59	139.27	189.15	109.00
			5	177.01	191.40	178.10	228.84	160.70
			10	214.09	223.48	210.67	258.87	206.10
			25	262.23	264.43	239.93	298.56	285.50
			50	298.92	295.08	277.89	328.58	337.20
			100	336.29	325.69	315.09	358.61	427.40
			200	374.56	356.34	343.53	388.64	538.30
			500	426.81	396.96	381.72	428.33	770.80
			1000	467.76	427.78	412.09	458.35	957.80
			Correl.	*0.9593*	*0.9515*	*0.9562*	*0.9561*	
SAYÁN CHICO	ELEMENTO HIDROLÓGICO J193	691.99	2	30.29	39.93	37.82	59.57	40.20
			5	49.02	60.51	51.30	76.69	52.80
			10	63.06	74.34	70.48	89.64	69.80
			25	82.48	92.01	86.61	106.76	89.30
			50	98.10	105.24	107.25	119.71	104.70
			100	114.66	118.46	123.19	132.66	123.30
			200	132.25	131.70	145.70	145.61	145.50
			500	157.21	149.25	146.16	162.73	196.00
			1000	177.49	162.56	182.70	175.68	235.20
			Correl.	*0.9855*	*0.9689*	*0.9668*	*0.9724*	
PICOY	ELEMENTO HIDROLÓGICO J274	295.30	2	36.14	50.22	43.87	69.89	47.30
			5	56.34	73.37	60.86	89.79	60.40
			10	71.07	89.26	82.31	104.84	70.80
			25	91.05	109.85	100.68	124.73	93.30
			50	106.84	125.41	122.28	139.78	102.00

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

SECCIÓN DEL RÍO HUAURA		ÁREA DE LA CUENCA (Km2)	TR (Años)	CAUDAL MÁXIMO (m^3/s)				
ESTACIÓN	MODELO HMS			Distribución Mejor Ajuste	NASH	LEBEDIEV	GUMBEL	HEC-HMS
			100	123.36	141.02	138.67	154.83	126.60
			200	140.72	156.70	155.86	169.88	157.80
			500	165.05	177.54	164.78	189.77	225.60
			1000	184.59	193.36	194.56	204.82	284.90
			Correl.	*0.9566*	*0.9391*	*0.9326*	*0.9412*	

Fuente. Elaboración propia

Se observa que los resultados del modelo HEC HMS son bastantes parecidos a los obtenidos mediante métodos estadísticos; esta similitud se da hasta el periodo de retorno de 50 años, luego del cual los valores del HEC HMS son superiores; esto se debe principalmente por la falta de información hidrométrica que registre periodos más extensos relacionados con caudales máximos instantáneos del río Huaura; lo que implica que las fórmulas estadísticas carecen de confiabilidad para TR > 50 años; por lo expresado, se concluye en tomar por válida los caudales máximos generados con el modelo HEC HMS.

Se debe tomar en cuenta que las estaciones analizadas tienen periodos no registrados de caudales, en el caso de la estación Casa Blanca no está operativo desde el año 1968, sin embargo, cuenta con un importante registro diario de caudales entre los años 1925-1968; en cuanto a las estaciones Sayán y Alco-Sayán se integró la información hidrométrica debido a su cercanía, y de esta manera realizar un único análisis de máximas avenidas por métodos probabilísticos, los resultados se muestran en el Cuadro 6.7.

Del cuadro anterior, se observa que los valores de los caudales máximos mediante el Modelo HEC HMS son muy semejantes a lo calculado con el análisis estadístico para la estación Casa Blanca, el cual difiere en mayor magnitud a partir del periodo de retorno de 100 años. Lo mismo ocurre con la estación Sayán, dicha variación se aprecia mayormente a partir del periodo de retorno de 50 años, Por lo tanto, el modelo hidrológico está ajustado.

Manuel J. Ayllón Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

12.2 MEDIANTE HUELLA MÁXIMA

Se tomó en cuenta una sección estable del río Huaura, seleccionando el "Puente Sayán", que se encuentra ubicado en las coordenadas UTM WGS-84 Zona 18: 259919E y 8768271N, sobre el rio Huaura, en el desvío a la localidad del mismo nombre a la altura del Km 103 de la carretera Huaura – Sayán (PE-18), a una altitud de 631 msnm. Es de tipo sección compuesta (concreto y acero) y presenta buen estado de conservación y señalización. Comunica a la localidad de Sayán con el resto de localidades a través de la carretera Huaura - Sayán.

ING. CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISIÓN HUAURA
CIP N° 58909

La Huella Máxima alcanzada por el último evento es de 3.5 m y ancho del cauce aproximadamente 18 m, ver Figura 199.

Presenta sección Hidráulica estable, sin indicios de socavación y/o erosión. Tiene una luz de 20 m y un ancho de 8 m. Capacidad de carga de 30 Tn, y presenta protección en concreto ciclópeo en ambas márgenes de sus estribos.

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

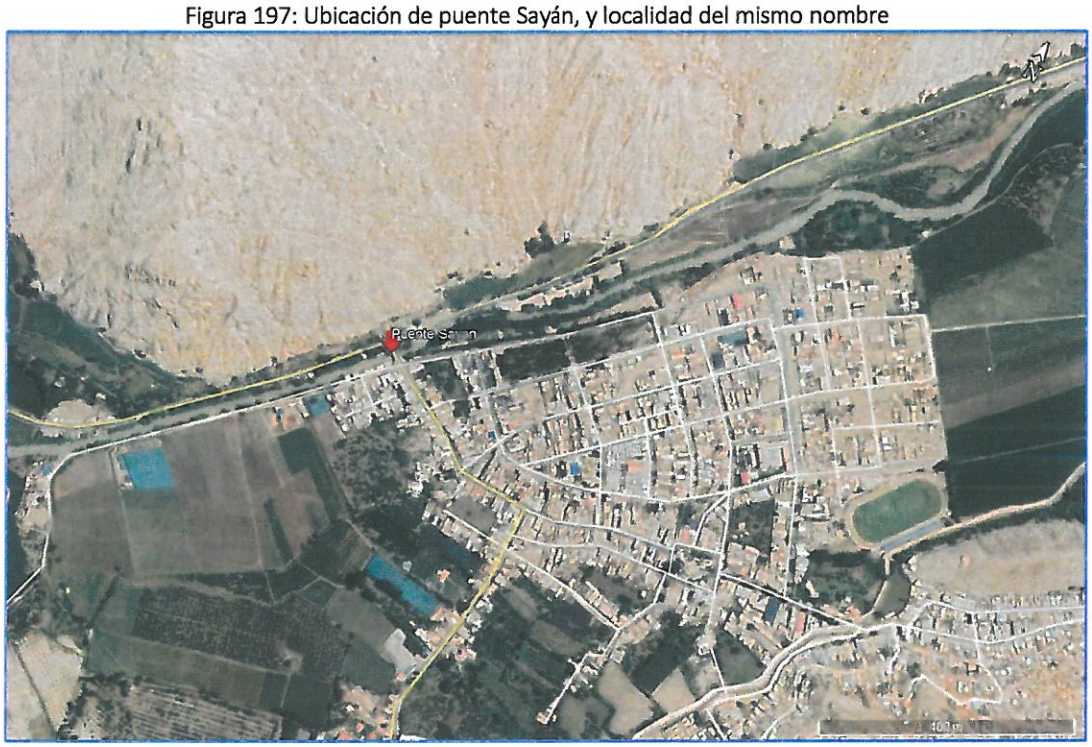
Ing. Marcial Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

El Puente, sin embargo, presenta un grado de exposición ante inundaciones y erosión Alto.

El puente conecta con el caso urbano del distrito de Sayán, y los Subsectores Hidráulicos de Santa Rosalía (323.93 Ha) y Sayán (2,347.11 Ha) respectivamente.

Figura 197: Ubicación de puente Sayán, y localidad del mismo nombre



Fuente: Google Maps 2019.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CORNEJO
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

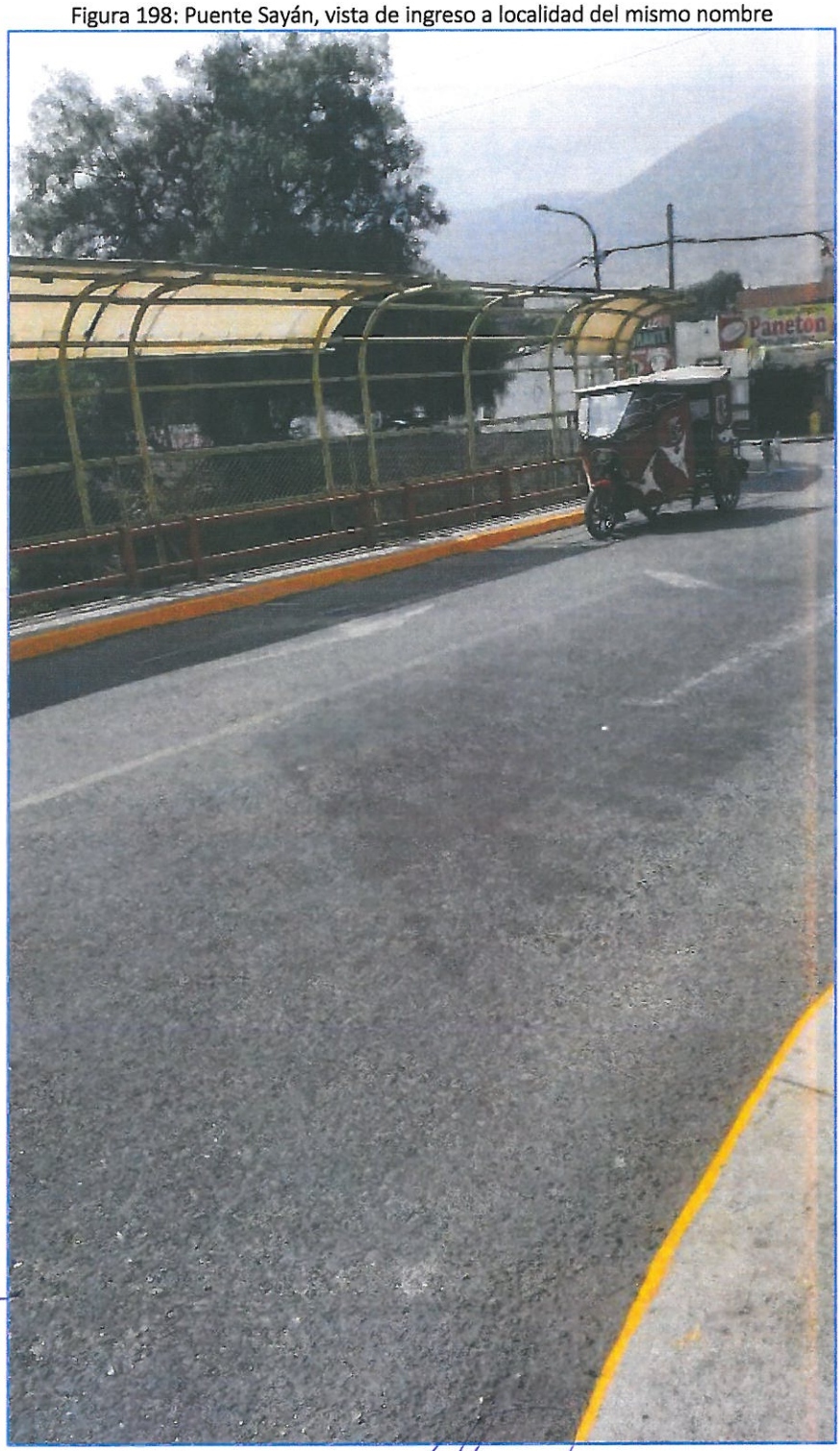
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marco Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 198: Puente Sayán, vista de ingreso a localidad del mismo nombre



Fuente: Elaboración propia.

Manuel J. Ecos Vasquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

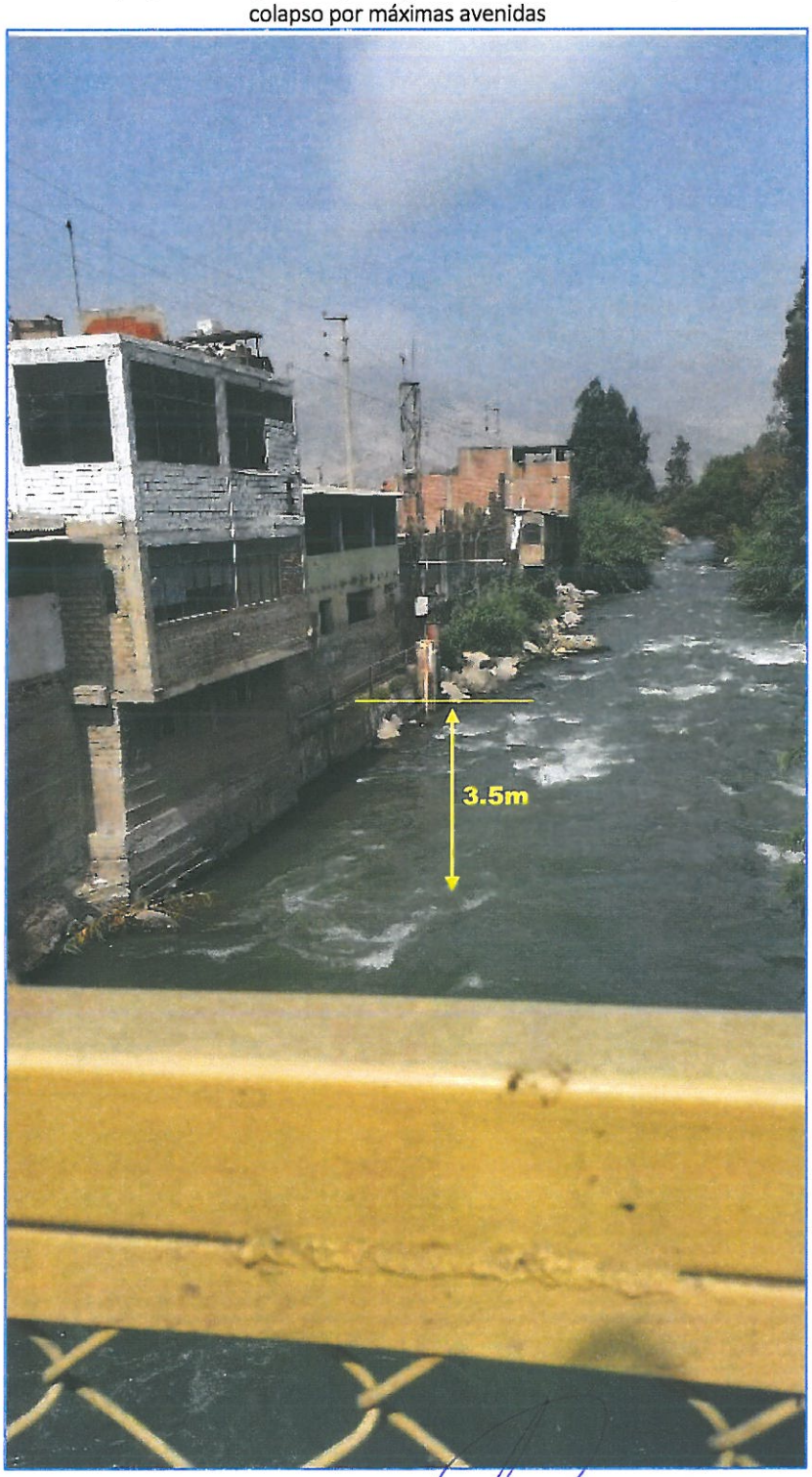
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marco Antero Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 199: Puente Sayán, vista de aguas abajo margen izquierda. Viviendas expuestas a socavación y colapso por máximas avenidas



Fuente: Elaboración propia.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Para la calibración se ha realizado un modelo hidrológico hasta la zona del puente, con la poca información que disponemos, se sabe que en ese puente subió el nivel del agua hasta 3.5 metros, y tiene un ancho de 18 metros, la pendiente promedio del tramo analizado es de 0.013 en una longitud aproximada de 500m. Utilizando la ecuación de Manning podemos conocer aproximadamente el caudal que podría circular. Para ello utilizamos el programa H-Canales de Máximo Villón; el resultado es el siguiente:

12.2.1 Cálculo de la Rugosidad por el Método de Cowan

Este autor desarrolló un procedimiento para estimar el valor de n en función de algunos parámetros característicos del cauce, aplicando la siguiente fórmula:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$$

Los valores de n y m se obtienen de una tabla en función del material del perímetro, irregularidad, variación de la sección transversal, efecto de las obstrucciones, vegetación y curvaturas en planta.

n0: Rugosidad base para un canal recto, uniforme, prismático y con rugosidad homogénea.

n1: Rugosidad adicional debida a irregularidades superficiales del perímetro mojado a lo largo del tramo en estudio.

n2: Rugosidad adicional equivalente debida a variación de forma y de dimensiones de las secciones a lo largo del tramo en estudio.

n3: Rugosidad equivalente debida a obstrucciones existentes en el cauce.

n4 Rugosidad adicional equivalente debida a la presencia de vegetación.

m5: Factor de corrección para incorporar efecto de sinuosidad del cauce o presencia de meandros.

Cuadro 12-2: Valores correspondientes a las variables utilizadas por Cowan.

CONDICIONES DEL CANAL		VALORES	
Material Involucrado	Tierra	n_0	0.020
	Corte en Roca		0.025
	Grava Fina		0.024
	Grava Gruesa		0.028
Grado de Irregularidad	Suave	n_1	0.000
	Menor		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
Variaciones de la Sección Transversal	Gradual	n_2	0.000
	Ocasionalmente Alternante		0.005
	Frecuentemente Alternante		0.010-0.015
Efecto Relativo de las Obstrucciones	Insignificante	n_3	0.000
	Menor		0.010-0.015
	Apreciable		0.020-0.030
	Severo		0.040-0.060
Vegetación	Baja	n_4	0.005-0.010

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS ALBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marco Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LE...

CONDICIONES DEL CANAL		VALORES	
	Media		0.010-0.025
	Alta		0.025-0.050
	Muy Alta		0.050-0.100
Grado de los Efectos por Meandro	Menor	m5	1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

Fuente: Arturo Rocha, Hidráulica de Canales Abiertos.

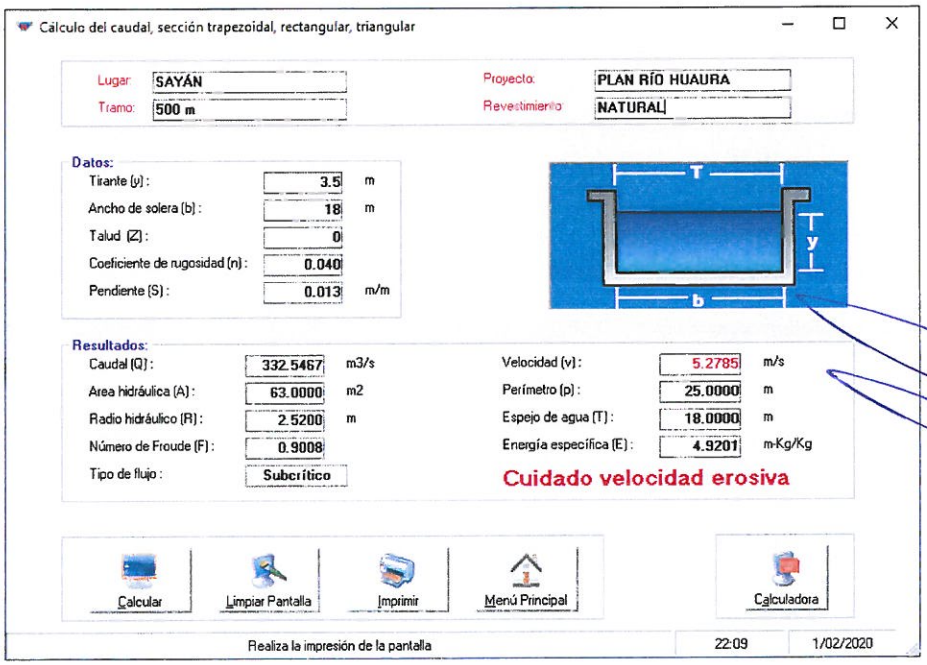
12.2.2 Resultados del cálculo de la rugosidad

Para n0 que es la n básica en función del material se tomó el valor correspondiente a grava gruesa igual a 0.028; el n1 que representa el grado de irregularidad se consideró como suave y le corresponde un valor de 0.000; el n2 representa las variaciones de la sección transversal siendo ocasionalmente su alternancia siendo un valor de 0.005; el efecto de las obstrucciones se valoró como insignificante por lo que n3 es igual a 0.000; el n4 sería igual a 0.007 que refleja una influencia baja de la vegetación y el efecto de las curvaturas se consideró como menor por lo que m5 es 1.000. Con estos valores de los coeficientes se obtiene un n de 0.040.

12.2.3 Cálculo del caudal mediante el programa H-Canales

Este tramo del río se comporta en forma similar a un flujo uniforme, se estimó el caudal en función a los resultados obtenidos, siendo el siguiente.

Figura 200: Resultado del caudal máximo obtenido mediante huella máxima con flujo uniforme



Fuente: Resultados mediante programas H-Canales.

ING. CARLOS FIDENCIO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58599

Manuel J. Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

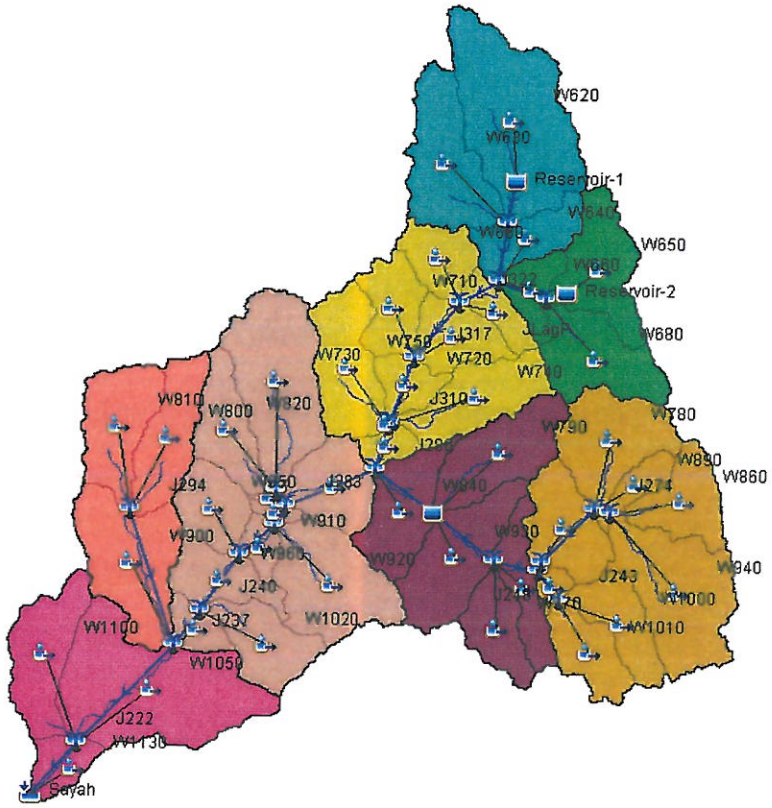
Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

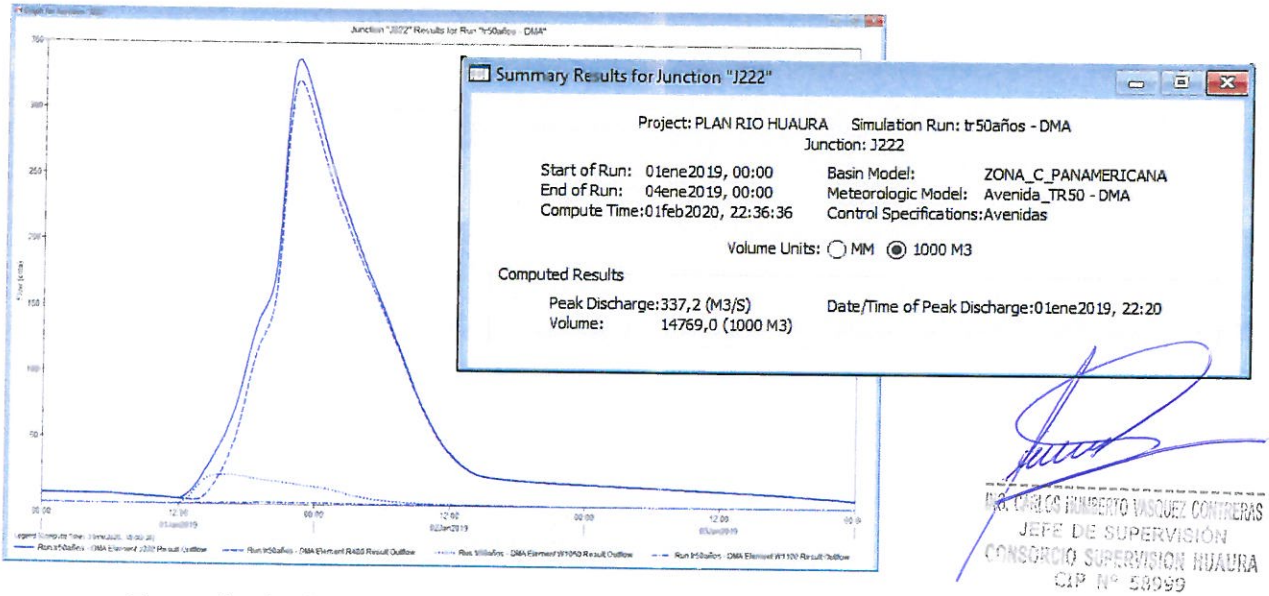
CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Por lo tanto, se aproxima que ha pasado alrededor de 332.5 m3/s.

Si nosotros tomamos los resultados del modelo hidrológico para 50 años de periodo de retorno, los resultados del caudal que sería la sección del río Sayán o el elemento hidrológico "J222" del HEC-HMS, el resultado del caudal máximo es de:



Manuel J. Ecos Vasquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA



Ing. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58099

En conclusión, la avenida del 2017 se aproxima a la avenida de 50 años de periodo de retorno, que es lo que precisamente se presupone.

Por lo tanto, demostramos que nuestro modelo está correctamente calibrado.

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

13 SELECCIÓN DEL PERIODO DE RETORNO PARA EL DISEÑO DE LAS OBRAS DEL COMPONENTE A

13.1 DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DE DISEÑO

13.1.1 Riesgo Admisible y periodo de retorno recomendado

Para adoptar el período de retorno a utilizar en el diseño de una obra, es necesario considerar la relación existente entre la probabilidad de excedencia de un evento, la vida útil de la estructura y el riesgo de falla admisible, dependiendo este último, de factores económicos, sociales, técnicos y otros.

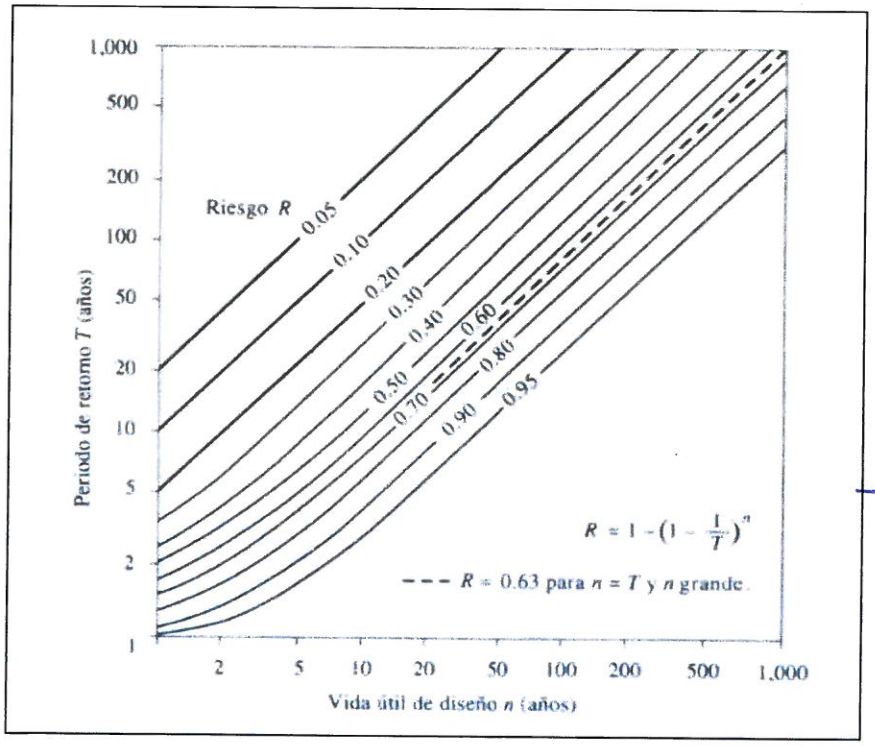
El criterio de riesgo es la fijación, a priori, del riesgo que se desea asumir por el caso de que la obra llegase a fallar dentro de su tiempo de vida útil, lo cual implica que no ocurra un evento de magnitud superior a la utilizada en el diseño durante el primer año, durante el segundo, y así sucesivamente para cada uno de los años de vida de la obra.

El riesgo de falla admisible en función del período de retorno y vida útil de la obra está dado por:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

Si la obra tiene una vida útil de n años, la fórmula anterior permite calcular el período de retorno T, fijando el riesgo de falla admisible R, el cual es la probabilidad de ocurrencia del pico de la creciente estudiada, durante la vida útil de la obra. (Ver Figura 201).

Figura 201: Riesgo de por lo menos una excedencia del evento de diseño durante la vida útil



Fuente: Hidrología Aplicada (Ven te Chow)

ING. CARLOS ROBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marco Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

En el Cuadro 13.1 se presenta el valor T para varios riesgos permisibles R y para la vida útil n de la obra.

Cuadro 13-1: Valores de Período de Retorno T (Años)

RIESGO ADMISIBLE	VIDA ÚTIL DE LAS OBRAS (n años)									
R	1	2	3	5	10	20	25	50	100	200
0,01	10	199	299	498	995	1990	2488	4975	995	19900
0,02	50	99	149	248	495	990	1238	2475	495	9900
0,05	20	39	59	98	195	390	488	975	195	3900
0,10	10	19	29	48	95	190	238	475	950	1899
0,20	5	10	14	23	45	90	113	225	449	897
0,25	4	7	11	18	35	70	87	174	348	695
0,50	2	3	5	8	15	29	37	73	154	289
0,75	1.3	2	2.7	4.1	7.7	15	18	37	73	144

RIESGO ADMISIBLE	VIDA ÚTIL DE LAS OBRAS (n años)									
R	1	2	3	5	10	20	25	50	100	200
0,99	1	1.1	1.27	1.66	2.7	5	5.9	11	22	44

Fuente: MONSALVE, 1999.

De acuerdo a los valores presentados en el Cuadro 13.2 se recomienda utilizar como máximo, los siguientes valores de riesgo admisible de obras de drenaje:

Cuadro 13-2: Valores recomendados de riesgo admisible de obras de drenaje

TIPO DE OBRA	RIESGO ADMISIBLE (%)
Puentes	22
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	39
Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas	64
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	64
Subdrenes	72
Defensas Ribereñas	22

Fuente: Manual de Obras Hidráulicas de la ANA

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISIÓN HUAURA
CIP N° 55959

Del Cuadro 13.2, se puede apreciar que para las obras de defensas ribereñas el valor porcentual del riesgo admisible es del 22%, la vida útil de la obra consideramos un valor que oscila entre los 20 y 25 años, entonces obtenemos lo siguiente:

- Con 25 años nos vamos a la Figura 201 o Cuadro 13.1, da como resultado un periodo de retorno de 103 años.
- Con 20 años nos vamos a la Figura 201 o Cuadro 13.1, da como resultado un periodo de retorno de 82 años.

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

13.1.2 Caudales e hidrogramas para el diseño de las Obras de Defensa Ribereñas

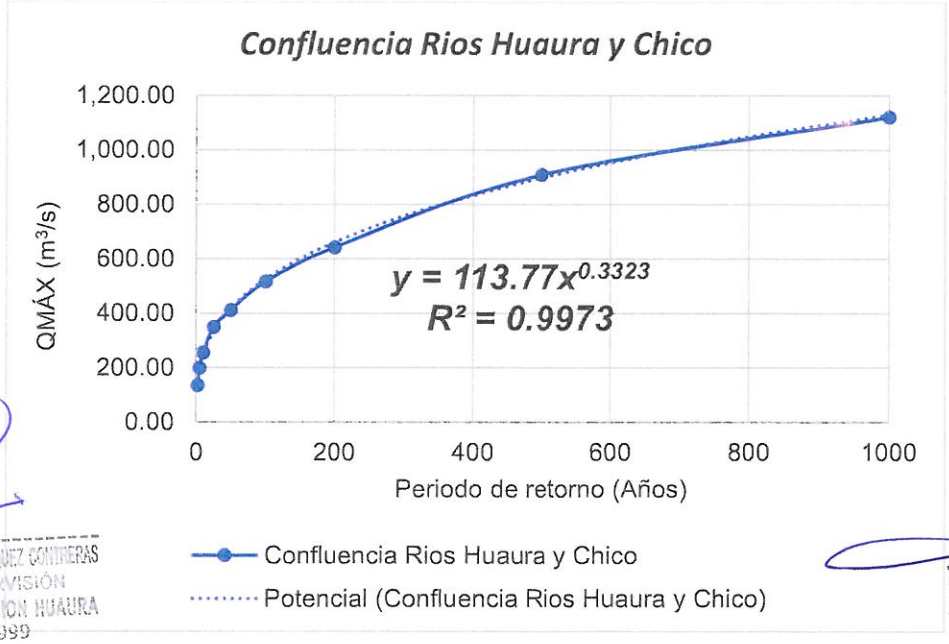
a) Dimensionamiento del Dique

Según recomendaciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) para obras de defensas ribereñas, considerar el periodo de retorno de 140 años, en consecuencia, el valor obtenido es de 590 m3/s, dicho valor ha sido determinado considerando la curva QMax vs TR obtenido del modelo HEC HMS, siendo la siguiente:

Cuadro 13-3: Resultados del HEC HMS en la sección confluencias ríos Huaura y Chico – Elemento J196

TR	Confluencia Ríos Huaura y Chico
2	134.60
5	198.50
10	255.30
25	349.10
50	412.10
100	516.20
200	643.10
500	909.00
1000	1,121.30

Fuente: Modelo HEC HMS.



ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58989

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

De la ecuación potencial obtenida se puede determinar el Caudal Máximo para un periodo de retorno de 140 años. siendo de: 587.7 m3/s. redondeando será de 590 m3/s.

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N° 30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

b) Caudal para el cálculo de la socavación del dique enrocado

En cuanto a la socavación el Manual de la FHWA (Department of Transportation Federal Highway Administration de 1998), recomienda diseñar los puentes contra socavación para una inundación con periodo de retorno de 500 años.

Para defensas ribereñas la socavación se sugiere que sea como mínimo el periodo de retorno de 200 años, siendo este de 643.10 m3/s.

c) Caudales de diseño en tramos del río

Cabe mencionar que en el Componente A del Plan se tiene previsto la proyección de defensas ribereñas, desde la confluencia de los ríos Huaura-Chico hasta la desembocadura en el Mar; en dicho tramo los valores de las descargas máximas obtenidas en el modelo HEC HMS son muy similares. Por lo tanto, el caudal de diseño será el mayor valor obtenido, siendo de 590 m3/s.

En consecuencia, para las obras de defensas ribereñas del Componente A, se ha seleccionado el periodo de retorno de 140 años, y para el cálculo de la socavación el periodo de retorno de 200 años; el resumen se muestra en el cuadro siguiente.

Cuadro 13-4: Periodo de retorno y caudal de diseño seleccionado para los tres proyectos de defensas ribereñas del Componente A

TRAMO	Progresiva Eje De Río		Tipo de Proyecto	CAUDAL MÍNIMO		CAUDAL SOCAVACIÓN	
	Inicio	Fin		TR (Años)	CAUDAL (m3/s)	TR (Años)	CAUDAL (m3/s)
Hacienda Chambara hasta la Confluencia Ríos Huaura/Chico	33+000	49+250	DEFENSAS RIBEREÑAS	140	590	200	643.1
Puente Panamericana hasta Hacienda Chambara	5+250	33+000	DEFENSAS RIBEREÑAS	140	590	200	643.1
Desembocadura hasta Puente Panamericana	0+000	5+250	DEFENSAS RIBEREÑAS	140	590	200	643.1

Fuente: Elaboración propia en base a resultados del Estudio Hidrológico

Siendo el objetivo del Plan la integralidad de los proyectos (Componentes A, B y C) los mismos que en conjunto reducirán al 100% el nivel de riesgo alto de inundación para un periodo de retorno de 100 años; para lo cual es necesario que las obras de laminación estén definidos los aspectos siguientes:

- La proyección final de las presas laminación del Componente C.
- El dimensionamiento de las alturas de las presas, longitud de aliviaderos y descargas de fondo.

Manuel J. Reyes Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. Carlos Roberto Vaquez Contreras
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISIÓN HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrología
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

El volumen del almacenamiento de los tres embalses del Componente C, obtenido con información topografía mediante LIDAR y DRON y ubicación óptima del cierre de la Presa, considerando aspectos básicos de geología e hidrología.

- La simulación hidrológica del tránsito de avenidas para un periodo de retorno de 100, 200 y 500 años.

En versiones posteriores los diseños de las Obras del Componente A, serán precisadas, optimizadas y actualizadas en función de la simulación hidráulica con proyecto, es decir, considerando la integralidad de los Componentes A, B y C.

La simulación hidrodinámica del río, deberá considerar los hidrogramas de las avenidas de TR: 100, 200 y 500 años; y con la inclusión de obras de defensa, no deberá generar riesgo por inundación.

d) Hidrogramas de Avenidas

A continuación, se presenta los hidrogramas de máximas avenidas para los periodos de retorno de 100, 200, 500 y 1000 años del tramo comprendido confluencia ríos Huaura-Chico hasta la desembocadura en el Mar.

DÍA	TIEMPO	CAUDALES MÁXIMOS (m3/s) PARA DIVERSOS PERIODOS DE RETORNO (AÑOS)			
		100 años	200 años	500 años	1000 años
01-01-19	1/01/2019 00:00	7.40	7.40	7.40	7.40
01-01-19	1/01/2019 00:10	7.40	7.40	7.40	7.40
01-01-19	1/01/2019 00:20	7.40	7.40	7.40	7.40
01-01-19	1/01/2019 00:30	7.40	7.40	7.40	7.40
01-01-19	1/01/2019 00:40	7.40	7.40	7.40	7.40
01-01-19	1/01/2019 00:50	7.40	7.40	7.40	7.40
01-01-19	1/01/2019 01:00	7.40	7.40	7.40	7.40
01-01-19	1/01/2019 01:10	7.40	7.40	7.40	7.40
01-01-19	1/01/2019 01:20	7.40	7.40	7.40	7.40
01-01-19	1/01/2019 01:30	7.40	7.40	7.40	7.40
01-01-19	1/01/2019 01:40	7.40	7.40	7.40	7.40
01-01-19	1/01/2019 01:50	7.40	7.40	7.40	7.40
01-01-19	1/01/2019 02:00	7.40	7.40	7.40	7.40
01-01-19	1/01/2019 02:10	7.40	7.40	7.40	7.40
01-01-19	1/01/2019 02:20	7.40	7.40	7.40	7.40
01-01-19	1/01/2019 02:30	7.40	7.40	7.40	7.40
01-01-19	1/01/2019 02:40	7.40	7.40	7.40	7.40
01-01-19	1/01/2019 02:50	7.40	7.40	7.40	7.40
01-01-19	1/01/2019 03:00	7.40	7.40	7.40	7.40
01-01-19	1/01/2019 03:10	7.40	7.40	7.40	7.40
01-01-19	1/01/2019 03:20	7.40	7.40	7.40	7.40
01-01-19	1/01/2019 03:30	7.40	7.40	7.40	7.40
01-01-19	1/01/2019 03:40	7.40	7.40	7.40	7.40
01-01-19	1/01/2019 03:50	7.40	7.40	7.40	7.40

Manuel J. Elías Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS ALBERTO VASQUEZ CORNEJO
JEFE DE SUPERVISION
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 56999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

DÍA	TIEMPO	CAUDALES MÁXIMOS (m3/s) PARA DIVERSOS PERIODOS DE RETORNO (AÑOS)			
		100 años	200 años	500 años	1000 años
01-01-19	1/01/2019 04:00	7.40	7.40	7.40	7.40
01-01-19	1/01/2019 04:10	7.40	7.40	7.40	7.40
01-01-19	1/01/2019 04:20	7.40	7.40	7.40	7.40
01-01-19	1/01/2019 04:30	7.40	7.40	7.40	7.40
01-01-19	1/01/2019 04:40	7.40	7.40	7.40	7.40
01-01-19	1/01/2019 04:50	7.40	7.40	7.40	7.40
01-01-19	1/01/2019 05:00	7.40	7.40	7.40	7.40
01-01-19	1/01/2019 05:10	7.40	7.40	7.40	7.40
01-01-19	1/01/2019 05:20	7.40	7.40	7.40	7.40
01-01-19	1/01/2019 05:30	7.40	7.40	7.40	7.40
01-01-19	1/01/2019 05:40	7.30	7.30	7.30	7.30
01-01-19	1/01/2019 05:50	7.30	7.30	7.30	7.30
01-01-19	1/01/2019 06:00	7.30	7.30	7.30	7.30
01-01-19	1/01/2019 06:10	7.30	7.30	7.30	7.30
01-01-19	1/01/2019 06:20	7.20	7.20	7.20	7.20
01-01-19	1/01/2019 06:30	7.20	7.20	7.20	7.20
01-01-19	1/01/2019 06:40	7.10	7.10	7.10	7.10
01-01-19	1/01/2019 06:50	7.10	7.10	7.10	7.10
01-01-19	1/01/2019 07:00	7.00	7.00	7.00	7.00
01-01-19	1/01/2019 07:10	6.90	6.90	6.90	6.90
01-01-19	1/01/2019 07:20	6.80	6.80	6.80	6.80
01-01-19	1/01/2019 07:30	6.70	6.70	6.70	6.70
01-01-19	1/01/2019 07:40	6.60	6.60	6.60	6.60
01-01-19	1/01/2019 07:50	6.60	6.60	6.60	6.60
01-01-19	1/01/2019 08:00	6.50	6.50	6.50	6.50
01-01-19	1/01/2019 08:10	6.40	6.40	6.40	6.40
01-01-19	1/01/2019 08:20	6.30	6.30	6.30	6.30
01-01-19	1/01/2019 08:30	6.20	6.20	6.20	6.20
01-01-19	1/01/2019 08:40	6.10	6.10	6.10	6.10
01-01-19	1/01/2019 08:50	6.10	6.10	6.10	6.10
01-01-19	1/01/2019 09:00	6.00	6.00	6.00	6.00
01-01-19	1/01/2019 09:10	5.90	5.90	5.90	5.90
01-01-19	1/01/2019 09:20	5.80	5.80	5.80	5.80
01-01-19	1/01/2019 09:30	5.70	5.70	5.70	5.70
01-01-19	1/01/2019 09:40	5.60	5.60	5.60	5.60
01-01-19	1/01/2019 09:50	5.50	5.50	5.50	5.50
01-01-19	1/01/2019 10:00	5.50	5.50	5.50	5.50
01-01-19	1/01/2019 10:10	5.40	5.40	5.40	5.40
01-01-19	1/01/2019 10:20	5.30	5.30	5.30	5.30
01-01-19	1/01/2019 10:30	5.20	5.20	5.20	5.20
01-01-19	1/01/2019 10:40	5.10	5.10	5.10	5.10

Manuel J. Escobar Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN RÍO HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISIÓN HUAURA
CIP N° 19999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrología
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

DÍA	TIEMPO	CAUDALES MÁXIMOS (m3/s) PARA DIVERSOS PERIODOS DE RETORNO (AÑOS)			
		100 años	200 años	500 años	1000 años
01-01-19	1/01/2019 10:50	5.00	5.00	5.00	5.00
01-01-19	1/01/2019 11:00	4.90	4.90	4.90	4.90
01-01-19	1/01/2019 11:10	4.90	4.90	4.90	4.90
01-01-19	1/01/2019 11:20	4.80	4.80	4.80	4.80
01-01-19	1/01/2019 11:30	4.70	4.80	4.90	5.00
01-01-19	1/01/2019 11:40	4.90	5.00	5.40	5.70
01-01-19	1/01/2019 11:50	5.50	5.80	6.70	7.40
01-01-19	1/01/2019 12:00	6.90	7.50	9.20	10.50
01-01-19	1/01/2019 12:10	9.20	10.20	13.10	15.30
01-01-19	1/01/2019 12:20	12.20	13.70	18.10	21.30
01-01-19	1/01/2019 12:30	15.80	18.00	24.20	28.70
01-01-19	1/01/2019 12:40	20.00	23.00	31.20	37.20
01-01-19	1/01/2019 12:50	24.80	28.70	39.10	46.80
01-01-19	1/01/2019 13:00	30.00	34.90	48.00	57.70
01-01-19	1/01/2019 13:10	35.70	41.80	57.80	69.80
01-01-19	1/01/2019 13:20	41.90	49.20	68.50	83.00
01-01-19	1/01/2019 13:30	48.40	57.20	80.10	97.50
01-01-19	1/01/2019 13:40	55.70	66.00	93.00	113.60
01-01-19	1/01/2019 13:50	64.00	76.10	107.60	131.60
01-01-19	1/01/2019 14:00	73.50	87.60	124.00	151.70
01-01-19	1/01/2019 14:10	83.90	100.10	141.70	173.50
01-01-19	1/01/2019 14:20	95.10	113.60	160.50	196.30
01-01-19	1/01/2019 14:30	106.80	127.50	179.80	219.70
01-01-19	1/01/2019 14:40	118.70	141.60	199.20	243.20
01-01-19	1/01/2019 14:50	130.40	155.60	218.20	266.00
01-01-19	1/01/2019 15:00	141.70	169.00	236.30	287.80
01-01-19	1/01/2019 15:10	152.30	181.50	253.10	308.00
01-01-19	1/01/2019 15:20	161.90	193.00	268.40	326.40
01-01-19	1/01/2019 15:30	170.70	203.30	282.30	343.00
01-01-19	1/01/2019 15:40	178.60	212.70	294.80	358.10
01-01-19	1/01/2019 15:50	185.70	221.20	306.10	371.80
01-01-19	1/01/2019 16:00	192.00	228.70	316.20	384.20
01-01-19	1/01/2019 16:10	197.50	235.30	325.20	395.30
01-01-19	1/01/2019 16:20	202.40	241.20	333.20	405.20
01-01-19	1/01/2019 16:30	206.60	246.30	340.40	414.30
01-01-19	1/01/2019 16:40	210.30	250.90	347.00	422.80
01-01-19	1/01/2019 16:50	213.70	255.30	353.30	431.10
01-01-19	1/01/2019 17:00	217.00	259.50	359.60	439.50
01-01-19	1/01/2019 17:10	220.20	263.70	366.10	448.30
01-01-19	1/01/2019 17:20	223.50	268.10	373.10	457.80
01-01-19	1/01/2019 17:30	226.90	272.70	380.60	468.00

Manuel J. Egos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISION
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 59990

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Euroconsult Proes NEXO

DÍA	TIEMPO	CAUDALES MÁXIMOS (m3/s) PARA DIVERSOS PERIODOS DE RETORNO (AÑOS)			
		100 años	200 años	500 años	1000 años
01-01-19	1/01/2019 17:40	230.70	277.90	388.80	479.20
01-01-19	1/01/2019 17:50	234.80	283.40	397.70	491.20
01-01-19	1/01/2019 18:00	239.30	289.50	407.30	504.10
01-01-19	1/01/2019 18:10	244.20	296.00	417.40	517.40
01-01-19	1/01/2019 18:20	249.40	302.80	427.70	531.00
01-01-19	1/01/2019 18:30	254.80	309.80	438.10	544.40
01-01-19	1/01/2019 18:40	260.20	316.70	448.10	557.30
01-01-19	1/01/2019 18:50	265.50	323.40	457.70	569.80
01-01-19	1/01/2019 19:00	270.60	329.70	466.60	581.80
01-01-19	1/01/2019 19:10	275.30	335.50	475.00	594.20
01-01-19	1/01/2019 19:20	279.60	340.70	483.30	608.00
01-01-19	1/01/2019 19:30	283.50	345.40	492.20	625.00
01-01-19	1/01/2019 19:40	286.80	349.80	503.20	647.30
01-01-19	1/01/2019 19:50	289.70	354.30	517.60	676.90
01-01-19	1/01/2019 20:00	292.50	359.50	537.40	715.30
01-01-19	1/01/2019 20:10	295.30	366.50	563.90	762.40
01-01-19	1/01/2019 20:20	298.70	376.40	597.90	816.80
01-01-19	1/01/2019 20:30	303.30	390.30	638.80	875.00
01-01-19	1/01/2019 20:40	310.00	409.20	684.60	932.60
01-01-19	1/01/2019 20:50	319.70	433.50	732.10	985.20
01-01-19	1/01/2019 21:00	333.30	462.50	777.60	1,029.50
01-01-19	1/01/2019 21:10	351.10	494.90	817.80	1,063.80
01-01-19	1/01/2019 21:20	372.90	528.10	850.40	1,088.20
01-01-19	1/01/2019 21:30	397.70	559.60	874.70	1,104.40
01-01-19	1/01/2019 21:40	423.80	587.00	891.40	1,114.20
01-01-19	1/01/2019 21:50	449.00	608.90	901.70	1,119.40
01-01-19	1/01/2019 22:00	471.30	624.80	907.20	1,121.30
01-01-19	1/01/2019 22:10	489.20	635.10	909.00	1,120.60
01-01-19	1/01/2019 22:20	502.30	640.80	908.20	1,117.80
01-01-19	1/01/2019 22:30	510.70	643.10	905.20	1,113.00
01-01-19	1/01/2019 22:40	515.00	642.60	900.20	1,106.20
01-01-19	1/01/2019 22:50	516.20	640.20	893.60	1,097.70
01-01-19	1/01/2019 23:00	515.10	636.20	885.50	1,087.40
01-01-19	1/01/2019 23:10	512.30	630.90	875.90	1,075.50
01-01-19	1/01/2019 23:20	508.20	624.60	865.10	1,062.10
01-01-19	1/01/2019 23:30	503.10	617.30	853.20	1,047.30
01-01-19	1/01/2019 23:40	497.20	609.30	840.40	1,031.40
01-01-19	1/01/2019 23:50	490.80	600.60	826.80	1,014.60
02-01-19	2/01/2019 00:00	483.90	591.40	812.60	996.80
02-01-19	2/01/2019 00:10	476.60	581.90	798.00	978.40
02-01-19	2/01/2019 00:20	469.00	572.10	783.20	959.40

Manuel J. Flores Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 59959

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Mario Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

DÍA	TIEMPO	CAUDALES MÁXIMOS (m3/s) PARA DIVERSOS PERIODOS DE RETORNO (AÑOS)			
		100 años	200 años	500 años	1000 años
02-01-19	2/01/2019 00:30	461.30	562.00	768.10	940.00
02-01-19	2/01/2019 00:40	453.40	551.90	753.00	920.30
02-01-19	2/01/2019 00:50	445.50	541.70	737.90	900.60
02-01-19	2/01/2019 01:00	437.50	531.50	722.90	880.90
02-01-19	2/01/2019 01:10	429.50	521.30	708.00	861.40
02-01-19	2/01/2019 01:20	421.50	511.30	693.30	842.30
02-01-19	2/01/2019 01:30	413.60	501.30	678.90	823.70
02-01-19	2/01/2019 01:40	405.70	491.40	664.60	805.50
02-01-19	2/01/2019 01:50	397.90	481.60	650.60	787.80
02-01-19	2/01/2019 02:00	390.20	471.90	636.80	770.60
02-01-19	2/01/2019 02:10	382.50	462.30	623.30	753.80
02-01-19	2/01/2019 02:20	374.90	452.90	609.90	737.30
02-01-19	2/01/2019 02:30	367.40	443.60	596.80	721.10
02-01-19	2/01/2019 02:40	359.80	434.30	583.80	705.20
02-01-19	2/01/2019 02:50	352.40	425.10	571.00	689.40
02-01-19	2/01/2019 03:00	344.90	416.00	558.30	673.90
02-01-19	2/01/2019 03:10	337.60	407.00	545.80	658.60
02-01-19	2/01/2019 03:20	330.20	398.00	533.50	643.60
02-01-19	2/01/2019 03:30	323.00	389.20	521.40	628.80
02-01-19	2/01/2019 03:40	315.90	380.50	509.40	614.20
02-01-19	2/01/2019 03:50	308.90	372.00	497.70	599.90
02-01-19	2/01/2019 04:00	302.00	363.60	486.20	585.90
02-01-19	2/01/2019 04:10	295.20	355.40	474.90	572.10
02-01-19	2/01/2019 04:20	288.60	347.30	463.80	558.60
02-01-19	2/01/2019 04:30	282.10	339.40	453.00	545.50
02-01-19	2/01/2019 04:40	275.70	331.60	442.50	532.60
02-01-19	2/01/2019 04:50	269.50	324.10	432.10	520.00
02-01-19	2/01/2019 05:00	263.40	316.70	422.10	507.80
02-01-19	2/01/2019 05:10	257.50	309.50	412.20	495.80
02-01-19	2/01/2019 05:20	251.70	302.40	402.60	484.10
02-01-19	2/01/2019 05:30	246.00	295.50	393.30	472.70
02-01-19	2/01/2019 05:40	240.40	288.80	384.10	461.50
02-01-19	2/01/2019 05:50	235.00	282.10	375.10	450.60
02-01-19	2/01/2019 06:00	229.60	275.60	366.20	439.90
02-01-19	2/01/2019 06:10	224.30	269.20	357.50	429.30
02-01-19	2/01/2019 06:20	219.10	262.90	348.90	418.90
02-01-19	2/01/2019 06:30	213.80	256.60	340.50	408.60
02-01-19	2/01/2019 06:40	208.60	250.40	332.00	398.40
02-01-19	2/01/2019 06:50	203.50	244.30	323.70	388.20
02-01-19	2/01/2019 07:00	198.30	238.10	315.40	378.20
02-01-19	2/01/2019 07:10	193.10	232.00	307.10	368.20

Manuel J. Exos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
JEFE DE SUPERVISION
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

DÍA	TIEMPO	CAUDALES MÁXIMOS (m3/s) PARA DIVERSOS PERIODOS DE RETORNO (AÑOS)			
		100 años	200 años	500 años	1000 años
02-01-19	2/01/2019 07:20	187.90	225.90	298.90	358.20
02-01-19	2/01/2019 07:30	182.70	219.80	290.60	348.20
02-01-19	2/01/2019 07:40	177.50	213.60	282.40	338.20
02-01-19	2/01/2019 07:50	172.30	207.40	274.10	328.20
02-01-19	2/01/2019 08:00	167.10	201.20	265.90	318.20
02-01-19	2/01/2019 08:10	161.90	194.90	257.60	308.30
02-01-19	2/01/2019 08:20	156.80	188.60	249.40	298.30
02-01-19	2/01/2019 08:30	151.60	182.30	241.20	288.40
02-01-19	2/01/2019 08:40	146.50	176.00	233.00	278.50
02-01-19	2/01/2019 08:50	141.50	169.80	224.90	268.80
02-01-19	2/01/2019 09:00	136.40	163.60	216.90	259.10
02-01-19	2/01/2019 09:10	131.50	157.50	208.90	249.60
02-01-19	2/01/2019 09:20	126.60	151.50	201.00	240.20
02-01-19	2/01/2019 09:30	121.70	145.60	193.20	231.00
02-01-19	2/01/2019 09:40	117.00	139.90	185.60	222.00
02-01-19	2/01/2019 09:50	112.40	134.30	178.00	213.20
02-01-19	2/01/2019 10:00	107.90	128.90	170.70	204.60
02-01-19	2/01/2019 10:10	103.60	123.70	163.50	196.30
02-01-19	2/01/2019 10:20	99.30	118.60	156.50	188.10
02-01-19	2/01/2019 10:30	95.20	113.70	149.80	180.20
02-01-19	2/01/2019 10:40	91.30	109.00	143.40	172.50
02-01-19	2/01/2019 10:50	87.40	104.40	137.30	165.00
02-01-19	2/01/2019 11:00	83.80	100.00	131.40	157.90
02-01-19	2/01/2019 11:10	80.20	95.80	125.80	151.00
02-01-19	2/01/2019 11:20	76.80	91.70	120.50	144.40
02-01-19	2/01/2019 11:30	73.60	87.90	115.40	138.20
02-01-19	2/01/2019 11:40	70.50	84.20	110.50	132.20
02-01-19	2/01/2019 11:50	67.50	80.60	105.80	126.60
02-01-19	2/01/2019 12:00	64.70	77.30	101.40	121.30
02-01-19	2/01/2019 12:10	62.00	74.00	97.10	116.20
02-01-19	2/01/2019 12:20	59.50	71.00	93.10	111.30
02-01-19	2/01/2019 12:30	57.00	68.00	89.20	106.70
02-01-19	2/01/2019 12:40	54.70	65.30	85.60	102.40
02-01-19	2/01/2019 12:50	52.50	62.60	82.10	98.20
02-01-19	2/01/2019 13:00	50.40	60.10	78.80	94.30
02-01-19	2/01/2019 13:10	48.40	57.70	75.60	90.50
02-01-19	2/01/2019 13:20	46.50	55.40	72.60	86.90
02-01-19	2/01/2019 13:30	44.70	53.30	69.80	83.50
02-01-19	2/01/2019 13:40	43.00	51.20	67.10	80.30
02-01-19	2/01/2019 13:50	41.40	49.30	64.50	77.20
02-01-19	2/01/2019 14:00	39.90	47.40	62.10	74.30

Manuel J. Ríos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS ALBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISIÓN HUAURA
CIP N° 73959

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marco Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

DÍA	TIEMPO	CAUDALES MÁXIMOS (m3/s) PARA DIVERSOS PERIODOS DE RETORNO (AÑOS)			
		100 años	200 años	500 años	1000 años
02-01-19	2/01/2019 14:10	38.40	45.70	59.80	71.50
02-01-19	2/01/2019 14:20	37.10	44.00	57.50	68.90
02-01-19	2/01/2019 14:30	35.80	42.50	55.40	66.40
02-01-19	2/01/2019 14:40	34.50	41.00	53.40	64.00
02-01-19	2/01/2019 14:50	33.40	39.50	51.50	61.70
02-01-19	2/01/2019 15:00	32.30	38.10	49.70	59.40
02-01-19	2/01/2019 15:10	31.20	36.80	47.90	57.30
02-01-19	2/01/2019 15:20	30.20	35.60	46.20	55.30
02-01-19	2/01/2019 15:30	29.30	34.40	44.60	53.30
02-01-19	2/01/2019 15:40	28.50	33.30	43.10	51.50
02-01-19	2/01/2019 15:50	27.70	32.20	41.60	49.80
02-01-19	2/01/2019 16:00	27.00	31.30	40.30	48.10
02-01-19	2/01/2019 16:10	26.40	30.40	39.00	46.50
02-01-19	2/01/2019 16:20	25.90	29.50	37.70	45.00
02-01-19	2/01/2019 16:30	25.50	28.80	36.60	43.60
02-01-19	2/01/2019 16:40	25.10	28.10	35.50	42.20
02-01-19	2/01/2019 16:50	24.70	27.40	34.40	40.90
02-01-19	2/01/2019 17:00	24.40	26.90	33.40	39.70
02-01-19	2/01/2019 17:10	24.20	26.40	32.50	38.50
02-01-19	2/01/2019 17:20	23.90	26.00	31.60	37.40
02-01-19	2/01/2019 17:30	23.70	25.70	30.90	36.30
02-01-19	2/01/2019 17:40	23.40	25.40	30.10	35.30
02-01-19	2/01/2019 17:50	23.20	25.10	29.50	34.40
02-01-19	2/01/2019 18:00	23.00	24.90	28.90	33.50
02-01-19	2/01/2019 18:10	22.80	24.60	28.40	32.70
02-01-19	2/01/2019 18:20	22.60	24.40	28.00	31.90
02-01-19	2/01/2019 18:30	22.40	24.20	27.60	31.30
02-01-19	2/01/2019 18:40	22.20	24.00	27.30	30.60
02-01-19	2/01/2019 18:50	22.00	23.80	27.00	30.10
02-01-19	2/01/2019 19:00	21.90	23.60	26.70	29.60
02-01-19	2/01/2019 19:10	21.70	23.40	26.50	29.20
02-01-19	2/01/2019 19:20	21.50	23.20	26.20	28.80
02-01-19	2/01/2019 19:30	21.40	23.00	26.00	28.50
02-01-19	2/01/2019 19:40	21.20	22.80	25.80	28.30
02-01-19	2/01/2019 19:50	21.10	22.70	25.60	28.00
02-01-19	2/01/2019 20:00	20.90	22.50	25.40	27.80
02-01-19	2/01/2019 20:10	20.80	22.40	25.20	27.50
02-01-19	2/01/2019 20:20	20.70	22.20	25.00	27.30
02-01-19	2/01/2019 20:30	20.50	22.10	24.80	27.10
02-01-19	2/01/2019 20:40	20.40	21.90	24.60	26.90
02-01-19	2/01/2019 20:50	20.30	21.80	24.40	26.70

Manuel J. Reos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO ANGULO CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISIÓN HUAURA
CIP N° 43999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcial Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

DÍA	TIEMPO	CAUDALES MÁXIMOS (m3/s) PARA DIVERSOS PERIODOS DE RETORNO (AÑOS)			
		100 años	200 años	500 años	1000 años
02-01-19	2/01/2019 21:00	20.20	21.60	24.30	26.50
02-01-19	2/01/2019 21:10	20.00	21.50	24.10	26.30
02-01-19	2/01/2019 21:20	19.90	21.40	23.90	26.10
02-01-19	2/01/2019 21:30	19.80	21.20	23.80	25.90
02-01-19	2/01/2019 21:40	19.70	21.10	23.60	25.70
02-01-19	2/01/2019 21:50	19.60	21.00	23.50	25.50
02-01-19	2/01/2019 22:00	19.50	20.90	23.30	25.40
02-01-19	2/01/2019 22:10	19.40	20.80	23.20	25.20
02-01-19	2/01/2019 22:20	19.30	20.70	23.00	25.00
02-01-19	2/01/2019 22:30	19.20	20.50	22.90	24.90
02-01-19	2/01/2019 22:40	19.10	20.40	22.80	24.70
02-01-19	2/01/2019 22:50	19.00	20.30	22.60	24.60
02-01-19	2/01/2019 23:00	18.90	20.20	22.50	24.40
02-01-19	2/01/2019 23:10	18.80	20.10	22.40	24.30
02-01-19	2/01/2019 23:20	18.70	20.00	22.30	24.10
02-01-19	2/01/2019 23:30	18.60	19.90	22.10	24.00
02-01-19	2/01/2019 23:40	18.50	19.80	22.00	23.90
02-01-19	2/01/2019 23:50	18.40	19.70	21.90	23.70
03-01-19	3/01/2019 00:00	18.30	19.60	21.80	23.60
03-01-19	3/01/2019 00:10	18.30	19.50	21.70	23.50
03-01-19	3/01/2019 00:20	18.20	19.40	21.60	23.30
03-01-19	3/01/2019 00:30	18.10	19.30	21.40	23.20
03-01-19	3/01/2019 00:40	18.00	19.20	21.30	23.10
03-01-19	3/01/2019 00:50	17.90	19.20	21.20	22.90
03-01-19	3/01/2019 01:00	17.90	19.10	21.10	22.80
03-01-19	3/01/2019 01:10	17.80	19.00	21.00	22.70
03-01-19	3/01/2019 01:20	17.70	18.90	20.90	22.60
03-01-19	3/01/2019 01:30	17.60	18.80	20.80	22.40
03-01-19	3/01/2019 01:40	17.60	18.70	20.70	22.30
03-01-19	3/01/2019 01:50	17.50	18.60	20.60	22.20
03-01-19	3/01/2019 02:00	17.40	18.60	20.50	22.10
03-01-19	3/01/2019 02:10	17.30	18.50	20.40	22.00
03-01-19	3/01/2019 02:20	17.30	18.40	20.30	21.90
03-01-19	3/01/2019 02:30	17.20	18.30	20.20	21.80
03-01-19	3/01/2019 02:40	17.10	18.20	20.10	21.60
03-01-19	3/01/2019 02:50	17.00	18.20	20.00	21.50
03-01-19	3/01/2019 03:00	17.00	18.10	19.90	21.40
03-01-19	3/01/2019 03:10	16.90	18.00	19.80	21.30
03-01-19	3/01/2019 03:20	16.80	17.90	19.70	21.20
03-01-19	3/01/2019 03:30	16.80	17.90	19.60	21.10
03-01-19	3/01/2019 03:40	16.70	17.80	19.60	21.00

Manuel J. Reyes Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISIÓN HUAURA
C.I.P. N° 58099

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

DÍA	TIEMPO	CAUDALES MÁXIMOS (m3/s) PARA DIVERSOS PERIODOS DE RETORNO (AÑOS)			
		100 años	200 años	500 años	1000 años
03-01-19	3/01/2019 03:50	16.60	17.70	19.50	20.90
03-01-19	3/01/2019 04:00	16.60	17.60	19.40	20.80
03-01-19	3/01/2019 04:10	16.50	17.60	19.30	20.70
03-01-19	3/01/2019 04:20	16.40	17.50	19.20	20.60
03-01-19	3/01/2019 04:30	16.40	17.40	19.10	20.50
03-01-19	3/01/2019 04:40	16.30	17.40	19.10	20.40
03-01-19	3/01/2019 04:50	16.20	17.30	19.00	20.40
03-01-19	3/01/2019 05:00	16.20	17.20	18.90	20.30
03-01-19	3/01/2019 05:10	16.10	17.10	18.80	20.20
03-01-19	3/01/2019 05:20	16.00	17.10	18.70	20.10
03-01-19	3/01/2019 05:30	16.00	17.00	18.70	20.00
03-01-19	3/01/2019 05:40	15.90	16.90	18.60	19.90
03-01-19	3/01/2019 05:50	15.80	16.90	18.50	19.80
03-01-19	3/01/2019 06:00	15.80	16.80	18.40	19.70
03-01-19	3/01/2019 06:10	15.70	16.70	18.30	19.70
03-01-19	3/01/2019 06:20	15.70	16.60	18.30	19.60
03-01-19	3/01/2019 06:30	15.60	16.60	18.20	19.50
03-01-19	3/01/2019 06:40	15.50	16.50	18.10	19.40
03-01-19	3/01/2019 06:50	15.50	16.40	18.00	19.30
03-01-19	3/01/2019 07:00	15.40	16.40	17.90	19.20
03-01-19	3/01/2019 07:10	15.30	16.30	17.90	19.10
03-01-19	3/01/2019 07:20	15.30	16.20	17.80	19.00
03-01-19	3/01/2019 07:30	15.20	16.20	17.70	18.90
03-01-19	3/01/2019 07:40	15.20	16.10	17.60	18.90
03-01-19	3/01/2019 07:50	15.10	16.00	17.60	18.80
03-01-19	3/01/2019 08:00	15.00	16.00	17.50	18.70
03-01-19	3/01/2019 08:10	15.00	15.90	17.40	18.60
03-01-19	3/01/2019 08:20	14.90	15.80	17.30	18.50
03-01-19	3/01/2019 08:30	14.80	15.80	17.20	18.40
03-01-19	3/01/2019 08:40	14.80	15.70	17.20	18.30
03-01-19	3/01/2019 08:50	14.70	15.60	17.10	18.30
03-01-19	3/01/2019 09:00	14.60	15.60	17.00	18.20
03-01-19	3/01/2019 09:10	14.60	15.50	16.90	18.10
03-01-19	3/01/2019 09:20	14.50	15.40	16.90	18.00
03-01-19	3/01/2019 09:30	14.40	15.40	16.80	17.90
03-01-19	3/01/2019 09:40	14.30	15.30	16.70	17.90
03-01-19	3/01/2019 09:50	14.30	15.20	16.60	17.80
03-01-19	3/01/2019 10:00	14.20	15.10	16.60	17.70
03-01-19	3/01/2019 10:10	14.10	15.10	16.50	17.60
03-01-19	3/01/2019 10:20	14.10	15.00	16.40	17.50
03-01-19	3/01/2019 10:30	14.00	14.90	16.30	17.40

Manuel J. Reyes Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISIÓN HUAURA
CIP N° 139999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

DÍA	TIEMPO	CAUDALES MÁXIMOS (m3/s) PARA DIVERSOS PERIODOS DE RETORNO (AÑOS)			
		100 años	200 años	500 años	1000 años
03-01-19	3/01/2019 10:40	13.90	14.80	16.30	17.40
03-01-19	3/01/2019 10:50	13.80	14.80	16.20	17.30
03-01-19	3/01/2019 11:00	13.80	14.70	16.10	17.20
03-01-19	3/01/2019 11:10	13.70	14.60	16.00	17.10
03-01-19	3/01/2019 11:20	13.60	14.50	15.90	17.00
03-01-19	3/01/2019 11:30	13.60	14.50	15.90	16.90
03-01-19	3/01/2019 11:40	13.50	14.40	15.80	16.90
03-01-19	3/01/2019 11:50	13.40	14.30	15.70	16.80
03-01-19	3/01/2019 12:00	13.40	14.20	15.60	16.70
03-01-19	3/01/2019 12:10	13.30	14.20	15.50	16.60
03-01-19	3/01/2019 12:20	13.20	14.10	15.40	16.50
03-01-19	3/01/2019 12:30	13.20	14.00	15.40	16.40
03-01-19	3/01/2019 12:40	13.10	13.90	15.30	16.30
03-01-19	3/01/2019 12:50	13.00	13.90	15.20	16.20
03-01-19	3/01/2019 13:00	13.00	13.80	15.10	16.20
03-01-19	3/01/2019 13:10	12.90	13.70	15.00	16.10
03-01-19	3/01/2019 13:20	12.80	13.70	15.00	16.00
03-01-19	3/01/2019 13:30	12.80	13.60	14.90	15.90
03-01-19	3/01/2019 13:40	12.70	13.50	14.80	15.80
03-01-19	3/01/2019 13:50	12.60	13.40	14.70	15.70
03-01-19	3/01/2019 14:00	12.60	13.40	14.70	15.70
03-01-19	3/01/2019 14:10	12.50	13.30	14.60	15.60
03-01-19	3/01/2019 14:20	12.40	13.20	14.50	15.50
03-01-19	3/01/2019 14:30	12.40	13.20	14.40	15.40
03-01-19	3/01/2019 14:40	12.30	13.10	14.30	15.30
03-01-19	3/01/2019 14:50	12.20	13.00	14.30	15.20
03-01-19	3/01/2019 15:00	12.20	13.00	14.20	15.20
03-01-19	3/01/2019 15:10	12.10	12.90	14.10	15.10
03-01-19	3/01/2019 15:20	12.00	12.80	14.00	15.00
03-01-19	3/01/2019 15:30	12.00	12.80	14.00	14.90
03-01-19	3/01/2019 15:40	11.90	12.70	13.90	14.80
03-01-19	3/01/2019 15:50	11.80	12.60	13.80	14.70
03-01-19	3/01/2019 16:00	11.80	12.50	13.70	14.70
03-01-19	3/01/2019 16:10	11.70	12.50	13.70	14.60
03-01-19	3/01/2019 16:20	11.60	12.40	13.60	14.50
03-01-19	3/01/2019 16:30	11.60	12.30	13.50	14.40
03-01-19	3/01/2019 16:40	11.50	12.30	13.40	14.30
03-01-19	3/01/2019 16:50	11.40	12.20	13.40	14.30
03-01-19	3/01/2019 17:00	11.40	12.10	13.30	14.20
03-01-19	3/01/2019 17:10	11.30	12.10	13.20	14.10
03-01-19	3/01/2019 17:20	11.20	12.00	13.10	14.00

Manuel J. Cees Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 50059

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marco Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR ME
REPRESENTANTE LEGA

DÍA	TIEMPO	CAUDALES MÁXIMOS (m3/s) PARA DIVERSOS PERIODOS DE RETORNO (AÑOS)			
		100 años	200 años	500 años	1000 años
03-01-19	3/01/2019 17:30	11.10	11.90	13.10	14.00
03-01-19	3/01/2019 17:40	11.00	11.80	13.00	13.90
03-01-19	3/01/2019 17:50	11.00	11.80	12.90	13.80
03-01-19	3/01/2019 18:00	10.90	11.70	12.90	13.70
03-01-19	3/01/2019 18:10	10.80	11.60	12.80	13.60
03-01-19	3/01/2019 18:20	10.70	11.50	12.70	13.60
03-01-19	3/01/2019 18:30	10.60	11.40	12.60	13.50
03-01-19	3/01/2019 18:40	10.50	11.40	12.60	13.40
03-01-19	3/01/2019 18:50	10.50	11.30	12.50	13.30
03-01-19	3/01/2019 19:00	10.40	11.20	12.40	13.30
03-01-19	3/01/2019 19:10	10.30	11.10	12.30	13.20
03-01-19	3/01/2019 19:20	10.20	11.00	12.20	13.10
03-01-19	3/01/2019 19:30	10.10	10.90	12.10	13.00
03-01-19	3/01/2019 19:40	10.00	10.80	12.00	12.90
03-01-19	3/01/2019 19:50	9.90	10.70	12.00	12.80
03-01-19	3/01/2019 20:00	9.80	10.60	11.90	12.80
03-01-19	3/01/2019 20:10	9.70	10.50	11.80	12.70
03-01-19	3/01/2019 20:20	9.60	10.40	11.70	12.60
03-01-19	3/01/2019 20:30	9.50	10.30	11.60	12.50
03-01-19	3/01/2019 20:40	9.40	10.20	11.50	12.40
03-01-19	3/01/2019 20:50	9.30	10.10	11.40	12.30
03-01-19	3/01/2019 21:00	9.20	10.00	11.30	12.20
03-01-19	3/01/2019 21:10	9.10	9.90	11.20	12.10
03-01-19	3/01/2019 21:20	9.00	9.80	11.10	12.00
03-01-19	3/01/2019 21:30	8.90	9.70	11.00	11.90
03-01-19	3/01/2019 21:40	8.80	9.60	10.90	11.80
03-01-19	3/01/2019 21:50	8.70	9.50	10.80	11.70
03-01-19	3/01/2019 22:00	8.60	9.40	10.70	11.60
03-01-19	3/01/2019 22:10	8.50	9.30	10.60	11.50
03-01-19	3/01/2019 22:20	8.40	9.20	10.50	11.40
03-01-19	3/01/2019 22:30	8.30	9.10	10.40	11.30
03-01-19	3/01/2019 22:40	8.20	9.00	10.20	11.20
03-01-19	3/01/2019 22:50	8.10	8.90	10.10	11.00
03-01-19	3/01/2019 23:00	8.00	8.80	10.00	10.90
03-01-19	3/01/2019 23:10	7.90	8.70	9.90	10.80
03-01-19	3/01/2019 23:20	7.80	8.60	9.80	10.70
03-01-19	3/01/2019 23:30	7.70	8.50	9.70	10.60
03-01-19	3/01/2019 23:40	7.60	8.40	9.60	10.50
03-01-19	3/01/2019 23:50	7.50	8.30	9.50	10.40
04-01-19	4/01/2019 00:00	7.40	8.20	9.40	10.30
	Promedio	**92.802**	**112.681**	**154.665**	**189.033**

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CHRISTIANO VÁSQUEZ CORREAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISIÓN HUAURA
CIP N° 53959

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

DÍA	TIEMPO	CAUDALES MÁXIMOS (m3/s) PARA DIVERSOS PERIODOS DE RETORNO (AÑOS)			
		100 años	200 años	500 años	1000 años
	Máximo	516.200	643.100	909.000	1,121.300
	Mínimo	4.700	4.800	4.800	4.800

14 CURVAS DE DURACIÓN DE LAS ESTACIONES HIDROMÉTRICAS TRATADAS COMPLETADAS Y EXTENDIDAS

Se ha caracterizado la serie de las descargas registradas para fines de establecer la frecuencia de ocurrencia de caudales en diversas secciones de la cuenca; para lo cual se realizó lo siguiente: primero el tratamiento estadístico de la información hidrométrica, obteniendo un registro común para las 08 estaciones (1964-2018) analizadas; y segundo se ha realizado el ordenamiento de las descargas medias anuales para determinar las probabilidades de ocurrencia de los caudales y construir la curva de duración en cada estación estudiada.

El ordenamiento de la serie tratada, completada y extendida para un periodo común 1964-2018 de las estaciones Puente-Alco (JJUU), Alco-Sayán (SENAMHI), Casa Blanca (SENAMHI), Picoy (SENAMHI), Santo Domingo (JJUU), Sayán-Chico (SENAMHI), Sayán (SENAMHI) y Yanapampa (JJUU); se muestran en los cuadros siguientes:

Cuadro 14-1: Ordenamiento de las series de caudales (tratadas, completadas y extendidas) de estaciones hidrométricas Alco-Sayán (JJUU), Alco-Sayán (SENAMHI), Casa Blanca (SENAMHI) y Picoy (SENAMHI)

ORDEN	Puente-Alco (JJUU)			Alco-Sayán (SENAMHI)			Casa-Blanca (SENAMHI)			Picoy (SENAMHI)		
	AÑO	P (%)	Q (m^3/s)	AÑO	P (%)	Q (m^3/s)	AÑO	P (%)	Q (m^3/s)	AÑO	P (%)	Q (m^3/s)
1	1986	1.79	49.03	1984	1.79	41.25	1967	1.79	50.53	2002	1.79	8.57
2	1989	3.57	46.56	1989	3.57	40.51	1986	3.57	50.02	1984	3.57	8.28
3	1984	5.36	43.94	2012	5.36	40.21	1989	5.36	48.09	1985	5.36	8.15
4	2012	7.14	43.72	1986	7.14	38.96	2017	7.14	46.51	1986	7.14	7.67
5	2017	8.93	42.17	2017	8.93	38.09	2012	8.93	44.89	2003	8.93	7.61
6	2009	10.71	41.09	2015	10.71	38.01	1964	10.71	44.26	2012	10.71	7.18
7	2015	12.50	39.95	1973	12.50	37.67	1973	12.50	43.79	1974	12.50	7.16
8	1985	14.29	39.69	2013	14.29	37.06	1984	14.29	42.09	1976	14.29	7.08
9	1973	16.07	39.35	2014	16.07	36.81	2011	16.07	40.07	2015	16.07	7.05
10	2011	17.86	39.19	2011	17.86	36.42	2015	17.86	39.93	1975	17.86	6.75
11	2013	19.64	38.30	2009	19.64	35.53	1972	19.64	39.75	2009	19.64	6.75
12	1998	21.43	36.31	1985	21.43	35.10	2013	21.43	39.23	2006	21.43	6.73
13	2014	23.21	35.54	1964	23.21	33.87	1966	23.21	37.93	2014	23.21	6.66
14	2007	25.00	34.46	1974	25.00	33.58	2014	25.00	37.59	1967	25.00	6.62
15	1974	26.79	34.34	2010	26.79	33.12	2007	26.79	37.56	2011	26.79	6.56

Manuel Jesús Vásquez Representante Común del Consorcio SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS INNOCENTO VASQUEZ CONTRERAS JEFE DE SUPERVISION CONSORCIO SUPERVISION HUAURA CIP N° 54550

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Mario Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

CONSORCIO CONSULTOR CUENCA DE RÍO HUAURA

Euroconsult Proes NEXO

ORDEN	Puente-Alco (JJUU)			Alco-Sayán (SENAMHI)			Casa-Blanca (SENAMHI)			Picoy (SENAMHI)		
	AÑO	P (%)	Q (m^3/s)	AÑO	P (%)	Q (m^3/s)	AÑO	P (%)	Q (m^3/s)	AÑO	P (%)	Q (m^3/s)
16	1972	28.57	33.70	1967	28.57	32.36	1998	28.57	37.30	2017	28.57	6.53
17	2010	30.36	33.45	1972	30.36	32.16	1965	30.36	36.92	1973	30.36	6.52
18	1967	32.14	32.88	1987	32.14	30.92	1987	32.14	34.92	2013	32.14	6.46
19	2000	33.93	32.28	1994	33.93	30.08	1994	33.93	34.85	1989	33.93	6.24
20	1987	35.71	32.25	2000	35.71	29.85	1985	35.71	34.36	1998	35.71	6.12
21	1994	37.50	30.77	1976	37.50	29.67	2000	37.50	32.88	1994	37.50	6.05
22	1976	39.29	29.92	1998	39.29	29.65	1991	39.29	32.85	1972	39.29	5.90
23	2001	41.07	29.86	1991	41.07	29.00	1971	41.07	32.20	2001	41.07	5.89
24	1999	42.86	29.55	1975	42.86	28.88	2001	42.86	32.06	2010	42.86	5.85
25	2018	44.64	29.31	1981	44.64	28.66	2018	44.64	31.80	1981	44.64	5.83
26	1991	46.43	28.98	2018	46.43	28.62	1999	46.43	31.00	2007	46.43	5.82
27	1975	48.21	28.44	1970	48.21	28.27	1981	48.21	30.67	1993	48.21	5.70
28	1981	50.00	28.32	2002	50.00	28.19	1988	50.00	29.76	1988	50.00	5.60
29	1970	51.79	28.12	1965	51.79	27.15	1970	51.79	29.59	1978	51.79	5.57
30	1964	53.57	27.38	1966	53.57	27.06	1974	53.57	29.20	2018	53.57	5.50
31	1983	55.36	26.88	1983	55.36	27.04	2016	55.36	28.45	1987	55.36	5.48
32	1988	57.14	26.73	1982	57.14	25.93	2010	57.14	28.20	1971	57.14	5.47
33	2002	58.93	26.02	1999	58.93	25.77	1983	58.93	28.16	1977	58.93	5.43
34	2003	60.71	25.48	1988	60.71	25.70	2002	60.71	27.65	1970	60.71	5.43
35	1971	62.50	25.05	1971	62.50	24.75	2003	62.50	26.85	1980	62.50	5.32
36	2006	64.29	24.87	1978	64.29	24.34	2006	64.29	26.77	1995	64.29	5.18
37	1982	66.07	24.82	2003	66.07	24.22	2008	66.07	25.92	1983	66.07	5.09
38	2008	67.86	24.25	2006	67.86	23.98	1977	67.86	25.50	1996	67.86	5.03
39	1978	69.64	23.76	1977	69.64	23.58	1996	69.64	24.93	2000	69.64	5.00
40	2016	71.43	23.06	2016	71.43	23.57	1990	71.43	24.38	1982	71.43	4.95
41	1977	73.21	22.13	1980	73.21	22.07	1978	73.21	24.30	1999	73.21	4.92
42	1990	75.00	21.24	1968	75.00	21.95	2009	75.00	24.29	2008	75.00	4.75
43	1996	76.79	21.00	1996	76.79	21.92	1982	76.79	24.19	1990	76.79	4.48
44	1980	78.57	20.77	1993	78.57	21.67	1976	78.57	23.86	1991	78.57	4.45
45	1969	80.36	20.69	1990	80.36	21.41	1993	80.36	23.33	1969	80.36	4.45
46	1965	82.14	20.66	1969	82.14	20.93	1975	82.14	22.76	2004	82.14	4.39
47	1968	83.93	19.79	2007	83.93	20.39	1969	83.93	21.31	2016	83.93	4.32
48	1966	85.71	19.74	2001	85.71	19.70	1979	85.71	20.95	1965	85.71	4.30
49	1993	87.50	19.36	1997	87.50	19.61	2004	87.50	20.55	1966	87.50	4.19
50	2004	89.29	18.75	1979	89.29	17.81	1997	89.29	19.84	2005	89.29	4.17
51	2005	91.07	18.48	2008	91.07	16.51	2005	91.07	19.47	1968	91.07	4.08
52	1997	92.86	17.97	1992	92.86	16.13	1968	92.86	19.06	1979	92.86	4.04
53	1979	94.64	14.99	1995	94.64	15.56	1980	94.64	18.94	1997	94.64	3.98
54	1995	96.43	14.31	2005	96.43	14.07	1995	96.43	18.33	1992	96.43	3.63
55	1992	98.21	13.13	2004	98.21	14.06	1992	98.21	16.05	1964	98.21	3.39

Marcel J. Ellos Vásquez
Representante común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISION
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 59929

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Mardel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 14-2: Ordenamiento de las series de caudales (tratadas, completadas y extendidas) de estaciones hidrométricas Santo Domingo (JJUU), Sayán-Chico (SENAMHI), Sayán (SENAMHI) y Yanapampa (JJUU)

ORDEN	Santo Domingo (JJUU)			Sayán-Chico (SENAMHI)			Sayán (SENAMHI)			Yanapampa (JJUU)		
	AÑO	P (%)	Q (m^3/s)	AÑO	P (%)	Q (m^3/s)	AÑO	P (%)	Q (m^3/s)	AÑO	P (%)	Q (m^3/s)
1	1972	1.79	33.48	1973	1.79	4.73	1986	1.79	49.74	1973	1.79	64.71
2	1967	3.57	30.12	1986	3.57	4.66	1989	3.57	49.15	1984	3.57	61.81
3	2013	5.36	28.21	1967	5.36	4.31	1984	5.36	46.98	2001	5.36	59.02
4	2014	7.14	26.38	1989	7.14	4.24	1998	7.14	43.81	1981	7.14	58.74
5	2012	8.93	25.42	1998	8.93	4.23	2017	8.93	41.93	1970	8.93	57.28
6	2015	10.71	25.30	2012	10.71	4.16	2007	10.71	41.48	1987	10.71	54.39
7	1973	12.50	25.13	1984	12.50	3.88	2012	12.50	41.25	1972	12.50	52.78
8	2001	14.29	24.46	2017	14.29	3.84	1985	14.29	40.82	1989	14.29	52.55
9	2011	16.07	23.28	2009	16.07	3.78	1973	16.07	39.41	1971	16.07	52.24
10	2018	17.86	22.62	1972	17.86	3.75	2000	17.86	39.02	1967	17.86	52.01
11	2009	19.64	22.13	1985	19.64	3.74	2013	19.64	38.33	1974	19.64	50.82
12	1998	21.43	21.81	2015	21.43	3.63	2015	21.43	38.23	1975	21.43	49.71
13	2010	23.21	21.31	2013	23.21	3.60	1972	23.21	37.64	1993	23.21	48.87
14	2017	25.00	20.99	2011	25.00	3.58	2009	25.00	37.51	1998	25.00	48.39
15	2003	26.79	20.68	2014	26.79	3.53	2014	26.79	37.31	1994	26.79	47.83
16	1974	28.57	20.33	1974	28.57	3.14	2011	28.57	35.93	2017	28.57	46.26
17	2007	30.36	19.72	2010	30.36	3.07	2001	30.36	35.79	1999	30.36	46.20
18	1981	32.14	19.35	1970	32.14	2.97	1999	32.14	35.24	1982	32.14	45.39
19	1986	33.93	18.42	2007	33.93	2.88	1994	33.93	34.59	2012	33.93	45.06
20	1989	35.71	18.28	1987	35.71	2.86	1974	35.71	34.37	2009	35.71	44.93
21	1970	37.50	18.28	1976	37.50	2.78	1987	37.50	33.87	1983	37.50	44.78
22	1964	39.29	18.20	1991	39.29	2.73	2018	39.29	33.03	1964	39.29	44.30
23	1965	41.07	18.05	2008	41.07	2.68	1991	41.07	32.45	2011	41.07	43.73
24	1984	42.86	17.97	1971	42.86	2.63	1967	42.86	31.62	1976	42.86	42.82
25	1983	44.64	17.86	1994	44.64	2.61	2002	44.64	31.20	1988	44.64	42.60
26	2000	46.43	17.63	1981	46.43	2.58	2010	46.43	31.19	2013	46.43	42.52
27	1994	48.21	16.79	1975	48.21	2.58	2003	48.21	30.34	2015	48.21	42.38
28	2006	50.00	16.75	1988	50.00	2.57	2016	50.00	29.96	2014	50.00	41.48
29	1999	51.79	16.63	1982	51.79	2.54	1976	51.79	29.92	1969	51.79	41.33
30	2002	53.57	16.55	2001	53.57	2.53	1983	53.57	29.86	2000	53.57	41.27
31	2016	55.36	16.14	1983	55.36	2.46	2006	55.36	29.23	2002	55.36	40.77
32	1971	57.14	15.96	2018	57.14	2.46	1988	57.14	28.98	2010	57.14	40.46
33	1976	58.93	15.41	1995	58.93	2.43	1975	58.93	28.48	1978	58.93	39.98
34	1977	60.71	15.28	2000	60.71	2.36	2008	60.71	28.47	2018	60.71	39.13

Manuel G. Egoavil Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISOR HUAURA
CIP N° 58169

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

ORDEN	Santo Domingo (JJUU)			Sayán-Chico (SENAMHI)			Sayán (SENAMHI)			Yanapampa (JJUU)		
	AÑO	P (%)	Q (m^3/s)	AÑO	P (%)	Q (m^3/s)	AÑO	P (%)	Q (m^3/s)	AÑO	P (%)	Q (m^3/s)
35	1987	62.50	14.89	1978	62.50	2.23	1970	62.50	28.09	1977	62.50	38.37
36	1996	64.29	14.58	1977	64.29	2.18	1982	64.29	27.78	1966	64.29	38.00
37	1982	66.07	14.53	1990	66.07	2.16	1964	66.07	27.41	1965	66.07	37.96
38	2008	67.86	13.84	1965	67.86	2.11	1981	67.86	27.00	1986	67.86	36.84
39	1969	69.64	13.65	2016	69.64	2.10	1971	69.64	25.05	1991	69.64	35.78
40	1975	71.43	13.63	1980	71.43	2.03	1996	71.43	24.04	1979	71.43	35.57
41	1993	73.21	13.37	2002	73.21	2.03	1990	73.21	24.00	1995	73.21	35.23
42	2005	75.00	13.32	1996	75.00	1.98	1978	75.00	23.74	2006	75.00	35.03
43	1988	76.79	13.13	2006	76.79	1.92	2005	76.79	22.78	2007	76.79	34.97
44	1985	78.57	12.45	1966	78.57	1.92	1993	78.57	22.31	2003	78.57	34.29
45	1997	80.36	11.36	1999	80.36	1.84	1977	80.36	22.15	2016	80.36	33.77
46	1979	82.14	11.30	1969	82.14	1.71	1997	82.14	22.07	1996	82.14	33.58
47	2004	83.93	11.23	1993	83.93	1.68	2004	83.93	21.41	1980	83.93	31.42
48	1995	85.71	10.50	2003	85.71	1.53	1965	85.71	20.73	1997	85.71	30.52
49	1966	87.50	10.48	2004	87.50	1.45	1969	87.50	20.69	2008	87.50	30.29
50	1991	89.29	10.04	1997	89.29	1.38	1980	89.29	20.49	1985	89.29	30.18
51	1978	91.07	10.03	2005	91.07	1.33	1966	91.07	19.76	1968	91.07	29.50
52	1980	92.86	9.48	1979	92.86	1.31	1968	92.86	18.86	2004	92.86	27.43
53	1968	94.64	8.24	1964	94.64	1.22	1995	94.64	16.82	2005	94.64	26.75
54	1990	96.43	7.15	1992	96.43	1.07	1992	96.43	15.77	1990	96.43	25.79
55	1992	98.21	5.19	1968	98.21	1.00	1979	98.21	15.44	1992	98.21	22.13

Fuente: Elaboración propia

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

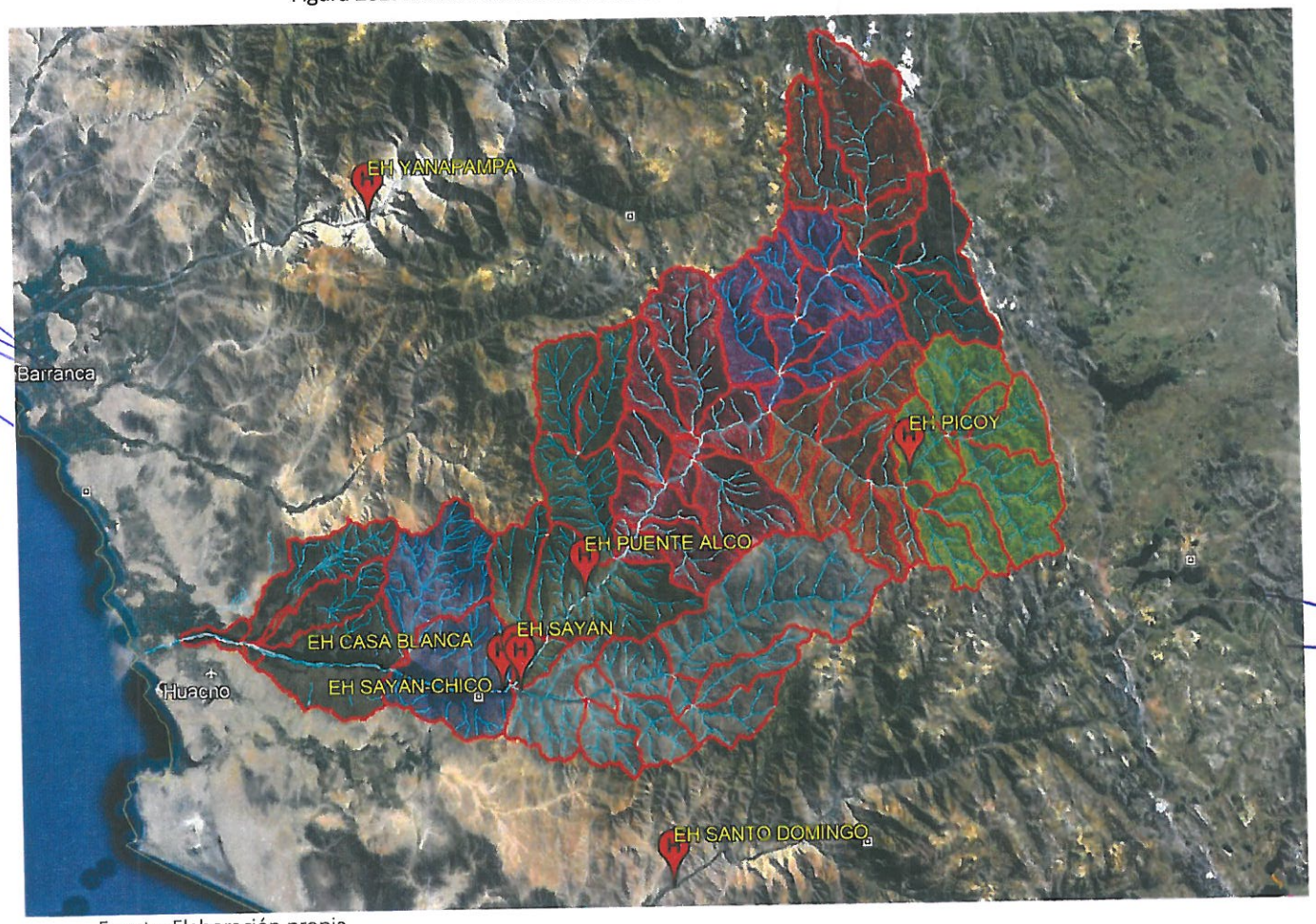
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pelez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 202: Localización de estaciones hidrométricas utilizadas en el estudio



Fuente: Elaboración propia

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

14.1 CURVA DE DURACIÓN DEL RÍO HUAURA – ESTACIÓN PUENTE-ALCO (JJUU)

Se ha realizado la clasificación de los años húmedos, normales y secos en base a la probabilidad de ocurrencia de dichos caudales; siendo los siguientes:

- AÑO HÚMEDO: Para una probabilidad de ocurrencia ≥ 12.5%, las descargas anuales promedio oscilan entre los 39.95 m3/s a 49.03 m3/s con una media de 43.78 m3/s.
- AÑO NORMAL: Para una probabilidad de ocurrencia que oscila entre los 12.5% < Q < 85%; las descargas anuales promedio oscilan entre los 39.69 m3/s a 19.79 m3/s con una media de 28.74 m3/s.
- AÑO SECO: Para una probabilidad de ocurrencia ≤ 85%; las descargas anuales promedio oscilan entre los 19.74 m3/s a 13.13 m3/s con una media de 17.09 m3/s.

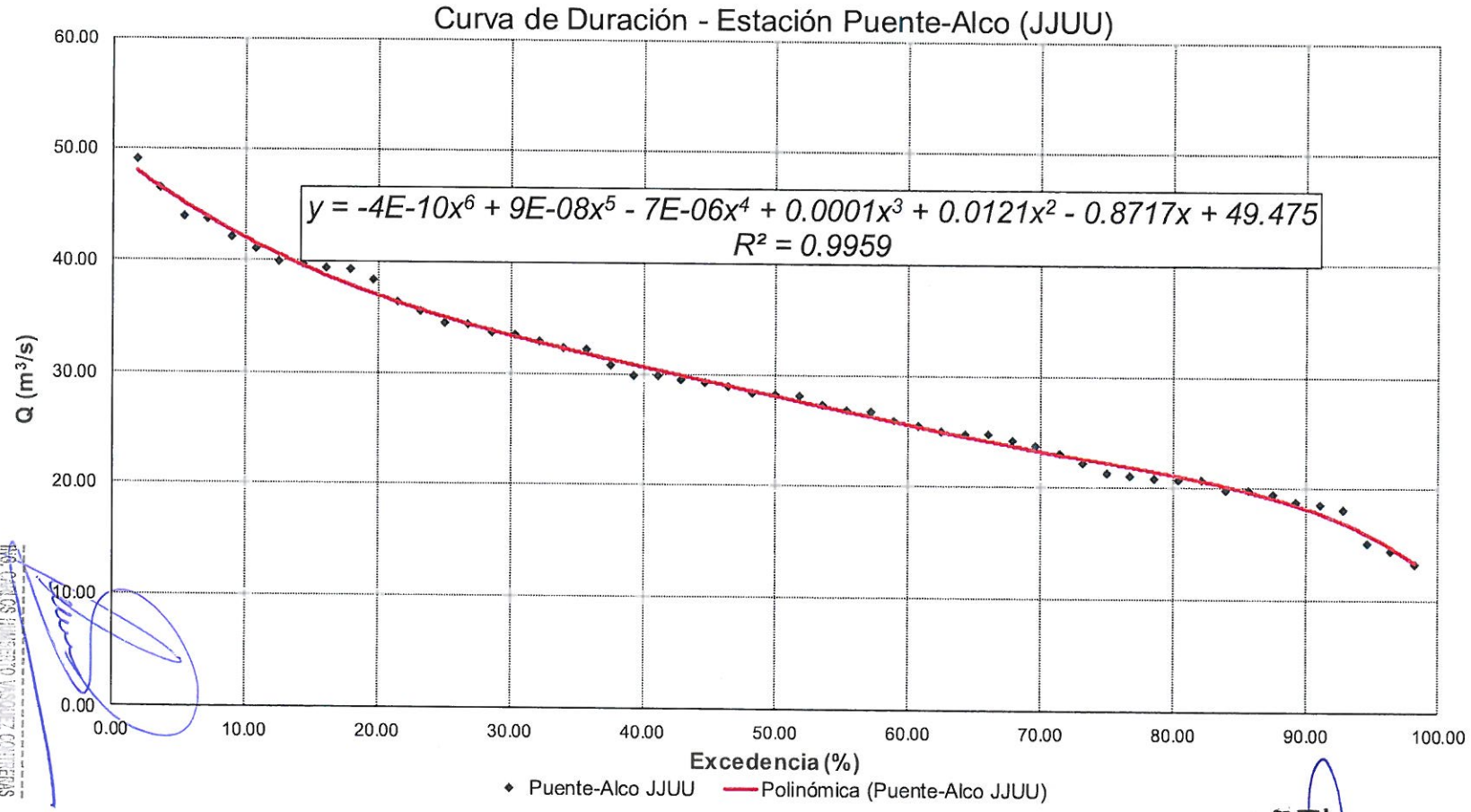
En la Figura 203, se representa el gráfico característico de la curva de duración de los caudales medios anuales, correspondiente al período 1964-2018; con la respectiva ecuación polinomial de sexto orden para la tendencia de la serie, con un coeficiente de correlación $R^2 = 0.9959$.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 53999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Figura 203: Curva de duración del río Huaura – Estación Puente-Alco (JJUU)



Fuente: Elaboración propia

14.2 CURVA DE DURACIÓN DEL RÍO HUAURA – ESTACIÓN ALCO-SAYÁN (SENAMHI)

Se ha realizado la clasificación de los años húmedos, normales y secos en base a la probabilidad de ocurrencia de dichos caudales; siendo los siguientes:

- **AÑO HÚMEDO:** Para una probabilidad de ocurrencia ≥ 12.5%, las descargas anuales promedio oscilan entre los 37.67 m3/s a 41.25 m3/s con una media de 39.24 m3/s.
- **AÑO NORMAL:** Para una probabilidad de ocurrencia que oscila entre los 12.5% < Q < 85%, las descargas anuales promedio oscilan entre los 37.06 m3/s a 20.39 m3/s con una media de 28.03 m3/s.
- **AÑO SECO:** Para una probabilidad de ocurrencia ≤ 85%, las descargas anuales promedio oscilan entre los 19.70 m3/s a 14.06 m3/s con una media de 16.68 m3/s.

En la Figura 204, se representa el gráfico característico de la curva de duración de los caudales medios anuales, correspondiente al período 1964-2018; con la respectiva ecuación polinomial de sexto orden para la tendencia de la serie, con un coeficiente de correlación $R^2 = 0.997$.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

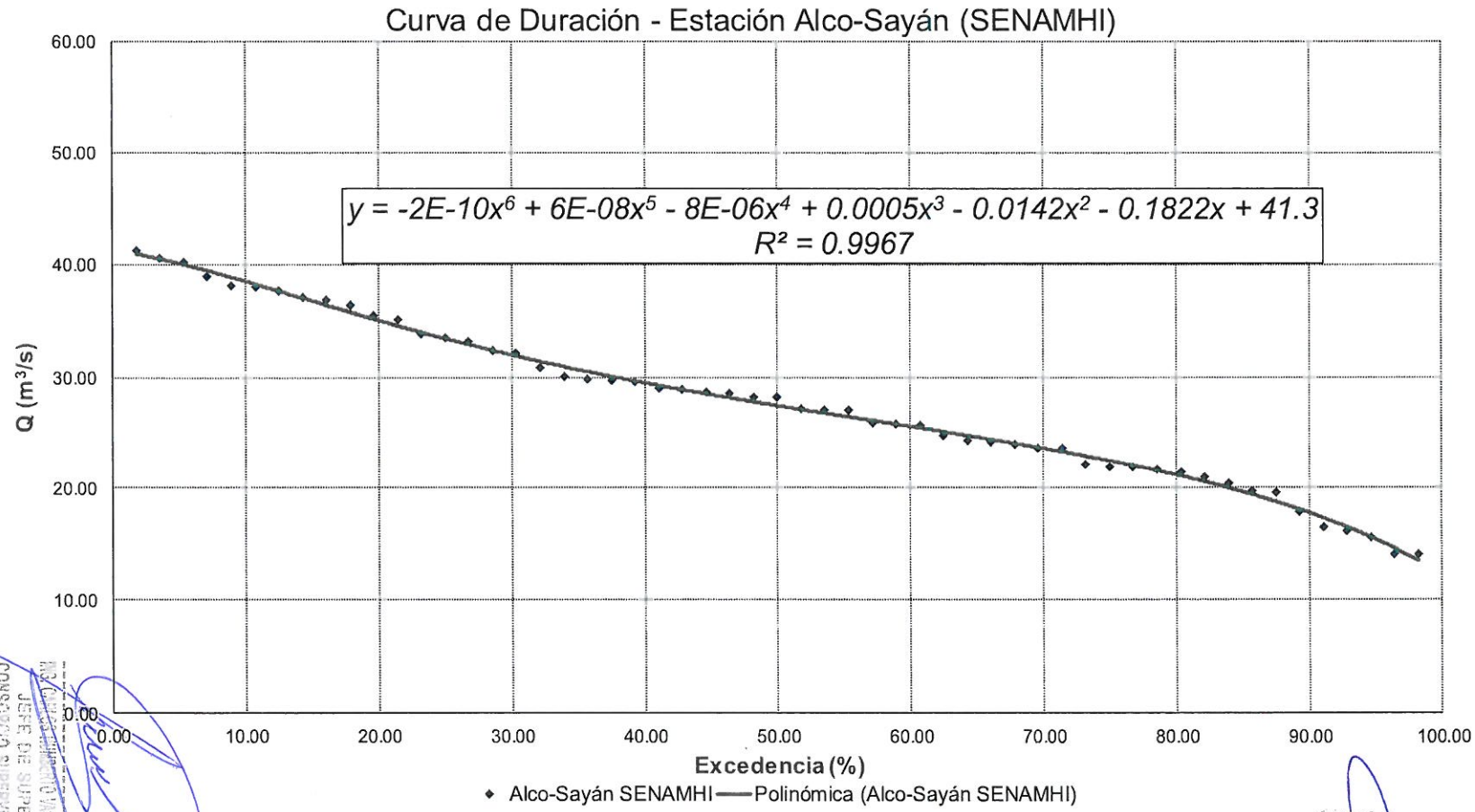
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 204: Curva de duración del río Huaura – Estación Alco-Sayán (SENAMHI)



Fuente: Elaboración propia

14.3 CURVA DE DURACIÓN DEL RÍO HUAURA – ESTACIÓN CASA BLANCA (SENAMHI)

Se ha realizado la clasificación de los años húmedos, normales y secos en base a la probabilidad de ocurrencia de dichos caudales; siendo los siguientes:

- AÑO HÚMEDO: Para una probabilidad de ocurrencia ≥ 12.5%, las descargas anuales promedio oscilan entre los 43.79 m3/s a 50.53 m3/s con una media de 46.87 m3/s.
- AÑO NORMAL: Para una probabilidad de ocurrencia que oscila entre los 12.5% < Q < 85%, las descargas anuales promedio oscilan entre los 42.09 m3/s a 21.31 m3/s con una media de 30.88 m3/s.
- AÑO SECO: Para una probabilidad de ocurrencia ≤ 85%, las descargas anuales promedio oscilan entre los 20.95 m3/s a 16.05 m3/s con una media de 19.15 m3/s.

En la Figura 205, se representa el gráfico característico de la curva de duración de los caudales medios anuales, correspondiente al período 1964-2018; con la respectiva ecuación polinomial de sexto orden para la tendencia de la serie, con un coeficiente de correlación $R^2 = 0.9974$.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

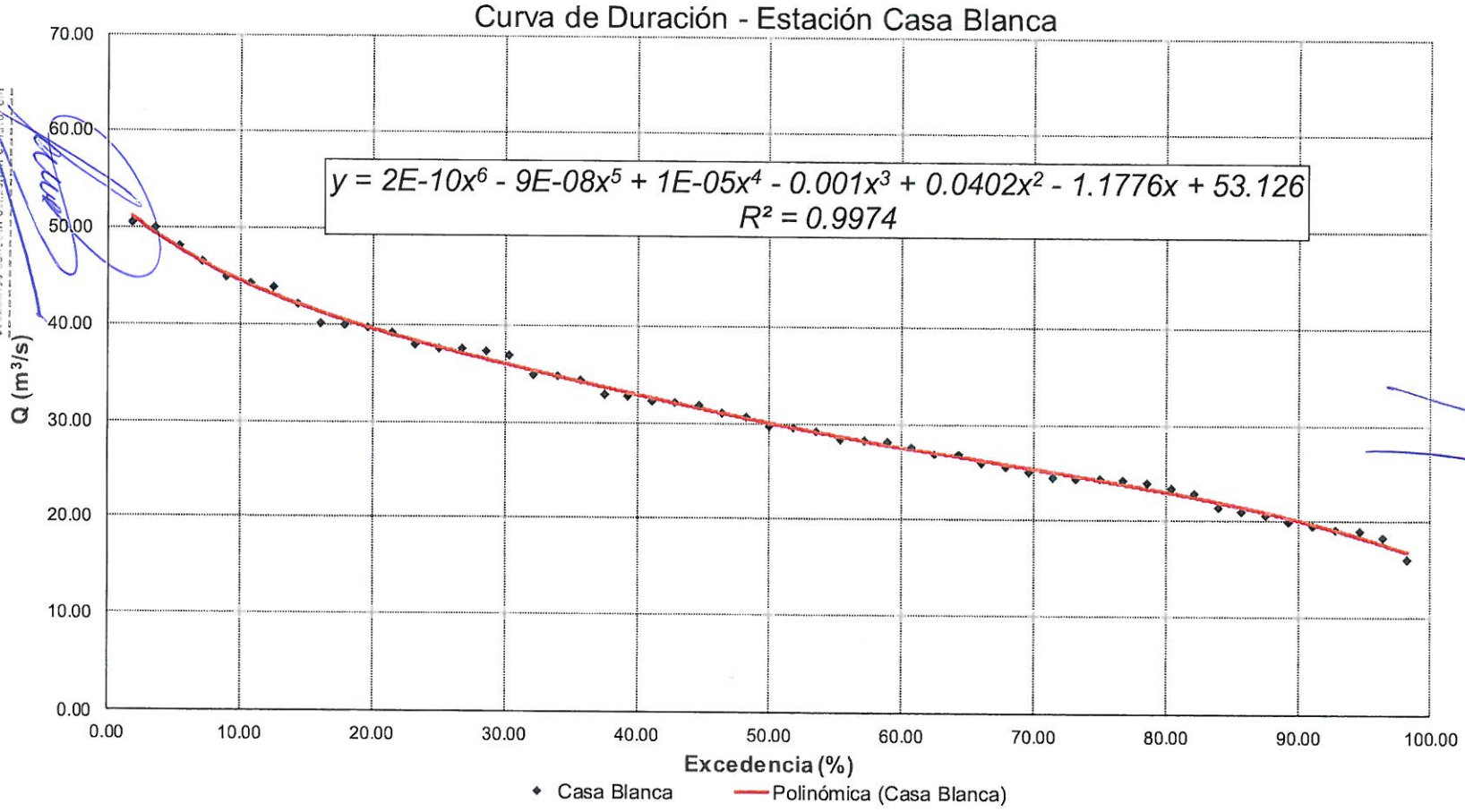
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marlat Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 205: Curva de duración del río Huaura – Estación Casa Blanca (SENAMHI)



Fuente: Elaboración propia

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

ING. CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 55999
JEFE DE SUPERVISION

Ing. Hernán Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrología
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Manuel J. Bcos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

2015

14.4 CURVA DE DURACIÓN DEL RÍO HUAURA – ESTACIÓN PICOY (SENAMHI)

Se ha realizado la clasificación de los años húmedos, normales y secos en base a la probabilidad de ocurrencia de dichos caudales; siendo los siguientes:

- AÑO HÚMEDO: Para una probabilidad de ocurrencia ≥ 12.5%, las descargas anuales promedio oscilan entre los 7.16 m3/s a 8.57 m3/s con una media de 7.80 m3/s.
- AÑO NORMAL: Para una probabilidad de ocurrencia que oscila entre los 12.5% < Q < 85%, las descargas anuales promedio oscilan entre los 7.08 m3/s a 4.32 m3/s con una media de 5.70 m3/s.
- AÑO SECO: Para una probabilidad de ocurrencia ≤ 85%, las descargas anuales promedio oscilan entre los 4.30 m3/s a 3.39 m3/s con una media de 3.97 m3/s.

En la Figura 206, se representa el gráfico característico de la curva de duración de los caudales medios anuales, correspondiente al período 1964-2018; con la respectiva ecuación polinomial de sexto orden para la tendencia de la serie, con un coeficiente de correlación $R^2 = 0.9943$.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

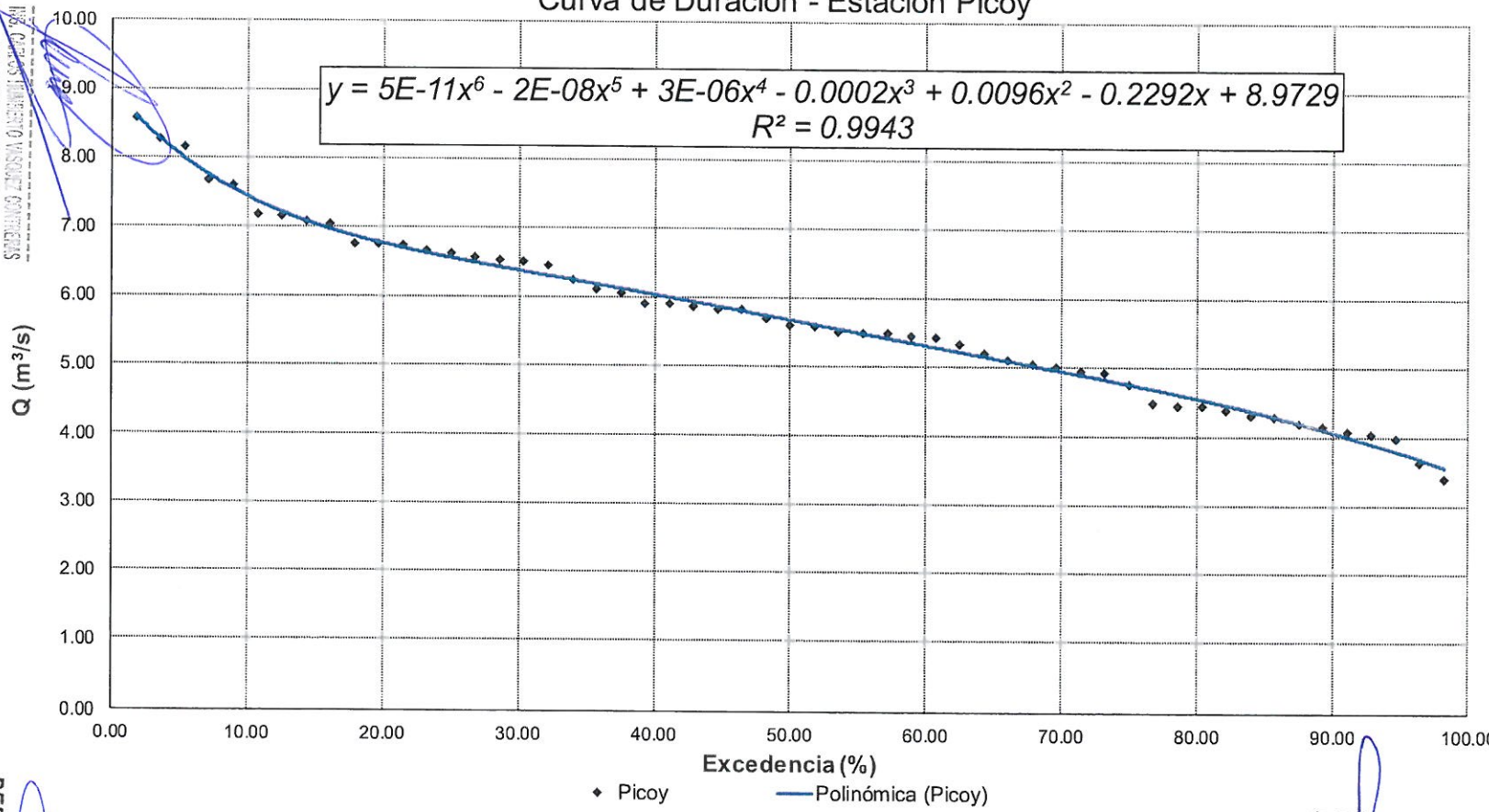
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 206: Curva de duración del río Huaura – Estación Picoy (SENAMHI)



Fuente: Elaboración propia

14.5 CURVA DE DURACIÓN DEL RÍO HUAURA – ESTACIÓN SANTO DOMINGO (SENAMHI)

Se ha realizado la clasificación de los años húmedos, normales y secos en base a la probabilidad de ocurrencia de dichos caudales; siendo los siguientes:

- **AÑO HÚMEDO:** Para una probabilidad de ocurrencia ≥ 12.5%, las descargas anuales promedio oscilan entre los 25.13 m3/s a 33.48 m3/s con una media de 27.72 m3/s.
- **AÑO NORMAL:** Para una probabilidad de ocurrencia que oscila entre los 12.5% < Q < 85%, las descargas anuales promedio oscilan entre los 24.46 m3/s a 11.23 m3/s con una media de 17.05 m3/s.
- **AÑO SECO:** Para una probabilidad de ocurrencia ≤ 85%, las descargas anuales promedio oscilan entre los 10.50 m3/s a 5.19 m3/s con una media de 8.89 m3/s.

En la Figura 207, se representa el gráfico característico de la curva de duración de los caudales medios anuales, correspondiente al período 1964-2018; con la respectiva ecuación polinomial de sexto orden para la tendencia de la serie, con un coeficiente de correlación $R^2 = 0.9942$.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

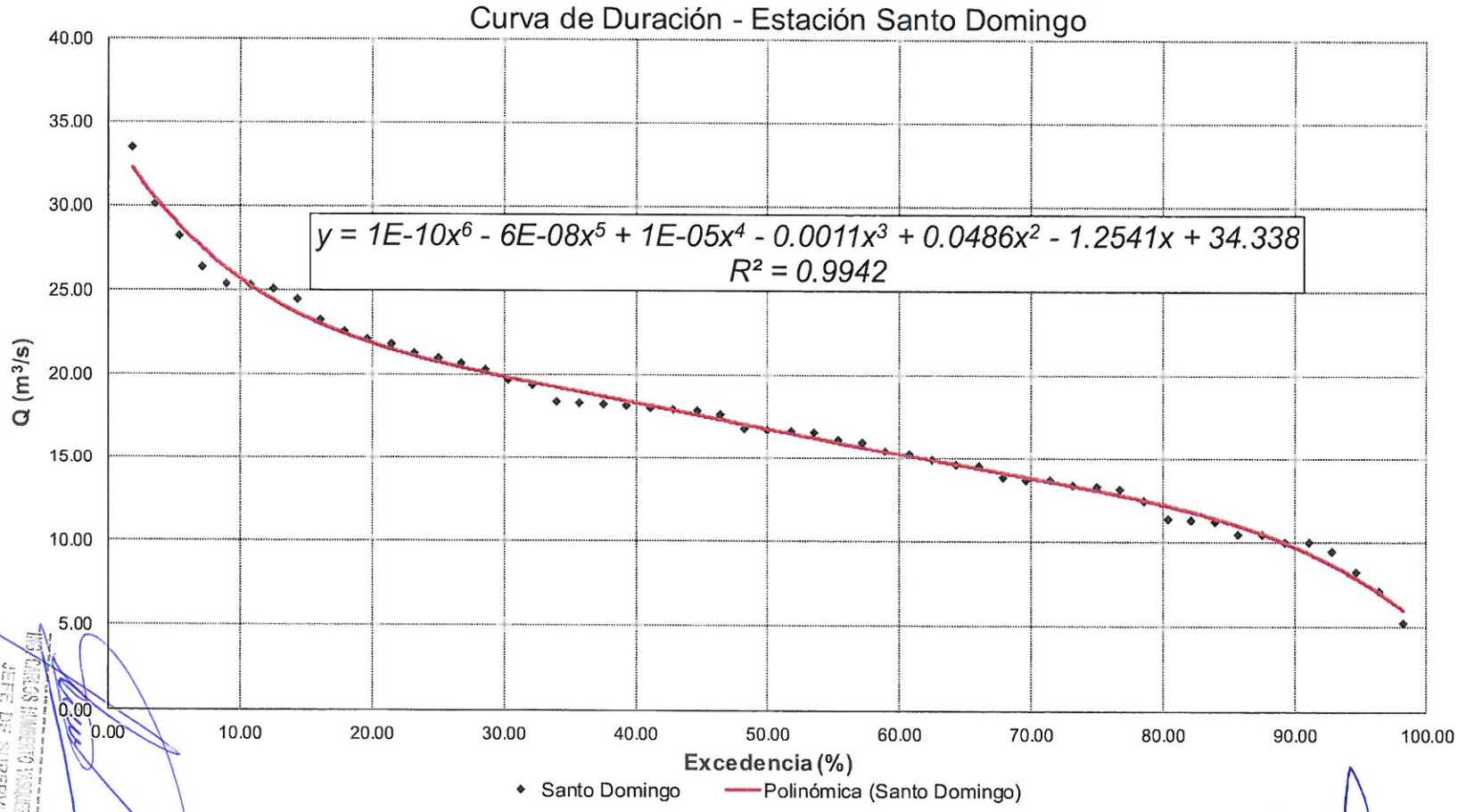
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 207: Curva de duración del río Huaura – Estación Santo Domingo



Fuente: Elaboración propia

14.6 CURVA DE DURACIÓN DEL RÍO HUAURA – ESTACIÓN SAYÁN-CHICO (SENAMHI)

Se ha realizado la clasificación de los años húmedos, normales y secos en base a la probabilidad de ocurrencia de dichos caudales; siendo los siguientes:

- AÑO HÚMEDO: Para una probabilidad de ocurrencia ≥ 12.5%, las descargas anuales promedio oscilan entre los 3.88 m3/s a 4.73 m3/s con una media de 4.31 m3/s.
- AÑO NORMAL: Para una probabilidad de ocurrencia que oscila entre los 12.5% < Q < 85%, las descargas anuales promedio oscilan entre los 3.84 m3/s a 1.68 m3/s con una media de 2.65 m3/s.
- AÑO SECO: Para una probabilidad de ocurrencia ≤ 85%, las descargas anuales promedio oscilan entre los 1.53 m3/s a 1.00 m3/s con una media de 1.29 m3/s.

En la Figura 208, se representa el gráfico característico de la curva de duración de los caudales medios anuales, correspondiente al período 1964-2018; con la respectiva ecuación polinomial de sexto orden para la tendencia de la serie, con un coeficiente de correlación R2 = 0.994.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CORDEROS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

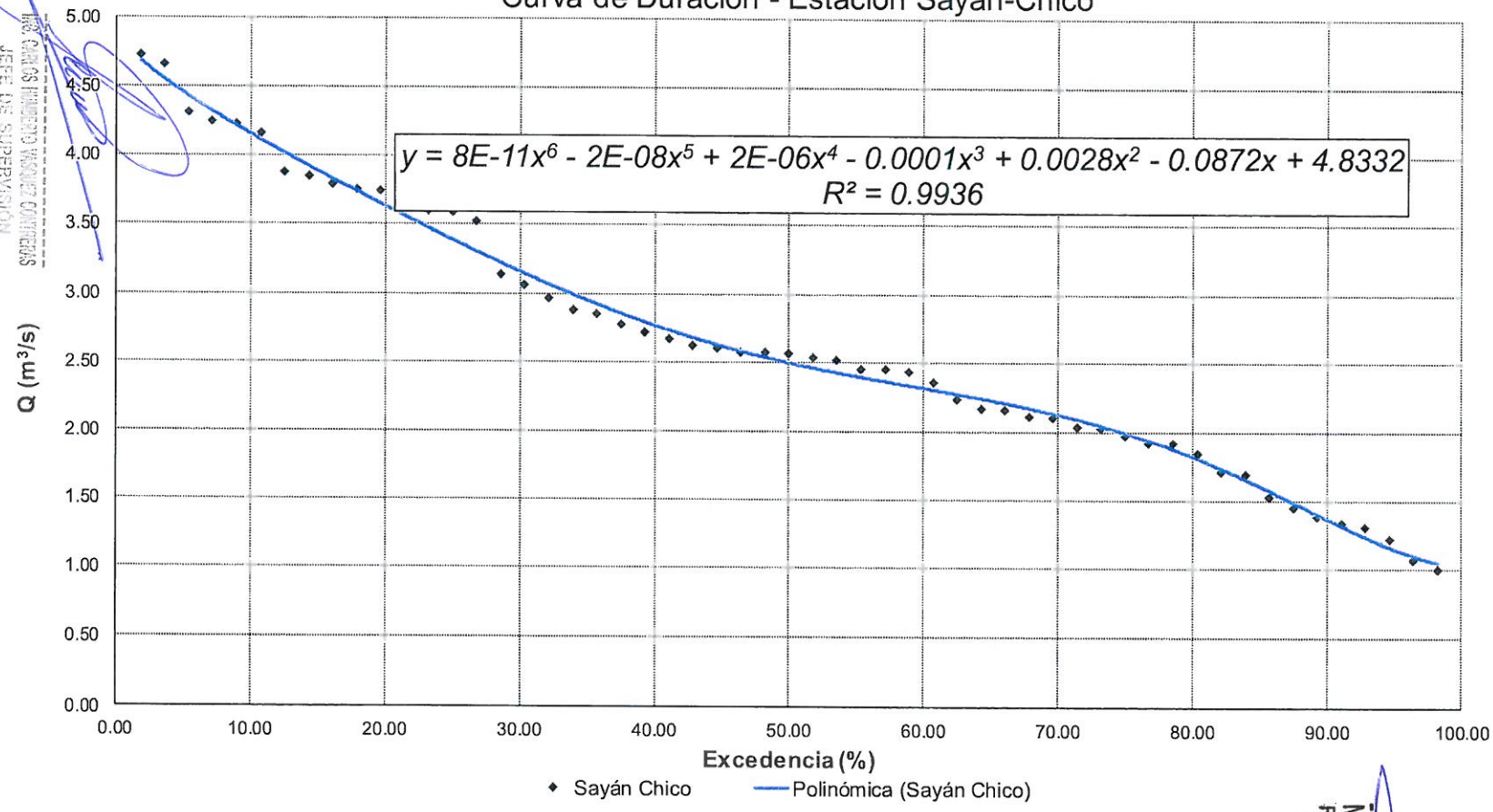
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 208: Curva de duración del río Huaura – Estación Sayán-Chico (SENAMHI)



Fuente: Elaboración propia

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Carlos Alberto Aguilar Meza
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CORDOVA
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISOR HUAURA
CIP Nº 55559

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

2009

14.7 CURVA DE DURACIÓN DEL RÍO HUAURA – ESTACIÓN SAYÁN (SENAMHI)

Se ha realizado la clasificación de los años húmedos, normales y secos en base a la probabilidad de ocurrencia de dichos caudales; siendo los siguientes:

- **AÑO HÚMEDO:** Para una probabilidad de ocurrencia ≥ 12.5%, las descargas anuales promedio oscilan entre los 41.25 m3/s a 49.74 m3/s con una media de 44.91 m3/s.
- **AÑO NORMAL:** Para una probabilidad de ocurrencia que oscila entre los 12.5% < Q < 85%, las descargas anuales promedio oscilan entre los 40.82 m3/s a 21.41 m3/s con una media de 30.76 m3/s.
- **AÑO SECO:** Para una probabilidad de ocurrencia ≤ 85%, las descargas anuales promedio oscilan entre los 20.73 m3/s a 15.44 m3/s con una media de 18.57 m3/s.

En la Figura 209, se representa el gráfico característico de la curva de duración de los caudales medios anuales, correspondiente al período 1964-2018; con la respectiva ecuación polinomial de sexto orden para la tendencia de la serie, con un coeficiente de correlación $R^2 = 0.9949$.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

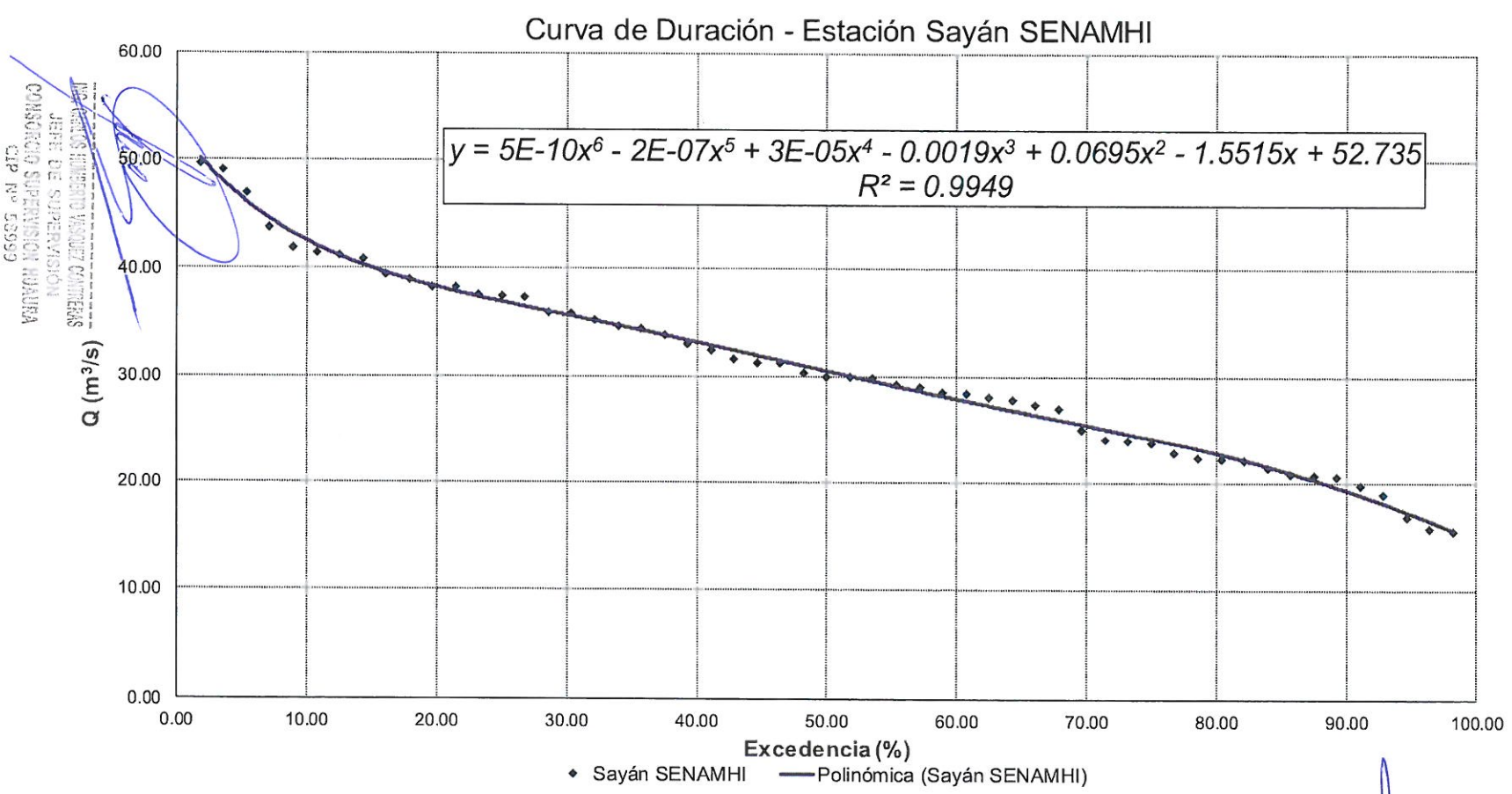
ING. CARLOS ROMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE

Figura 209: Curva de duración del río Huaura – Estación Sayán (SENAMHI)



Fuente: Elaboración propia

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrología
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg. Colegio de Ingenieros N°30021

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

2007

14.8 CURVA DE DURACIÓN DEL RÍO HUAURA – ESTACIÓN YANAPAMPA (JJUU)

Se ha realizado la clasificación de los años húmedos, normales y secos en base a la probabilidad de ocurrencia de dichos caudales; siendo los siguientes:

- AÑO HÚMEDO: Para una probabilidad de ocurrencia ≥ 12.5%, las descargas anuales promedio oscilan entre los 52.78 m3/s a 64.71 m3/s con una media de 58.39 m3/s.
- AÑO NORMAL: Para una probabilidad de ocurrencia que oscila entre los 12.5% < Q < 85%; las descargas anuales promedio oscilan entre los 52.55 m3/s a 31.42 m3/s con una media de 41.97 m3/s.
- AÑO SECO: Para una probabilidad de ocurrencia ≤ 85%, las descargas anuales promedio oscilan entre los 30.52 m3/s a 22.13 m3/s con una media de 27.82 m3/s.

En la Figura 210, se representa el gráfico característico de la curva de duración de los caudales medios anuales, correspondiente al período 1964-2018; con la respectiva ecuación polinomial de sexto orden para la tendencia de la serie, con un coeficiente de correlación $R^2 = 0.9967$.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP Nº 58959

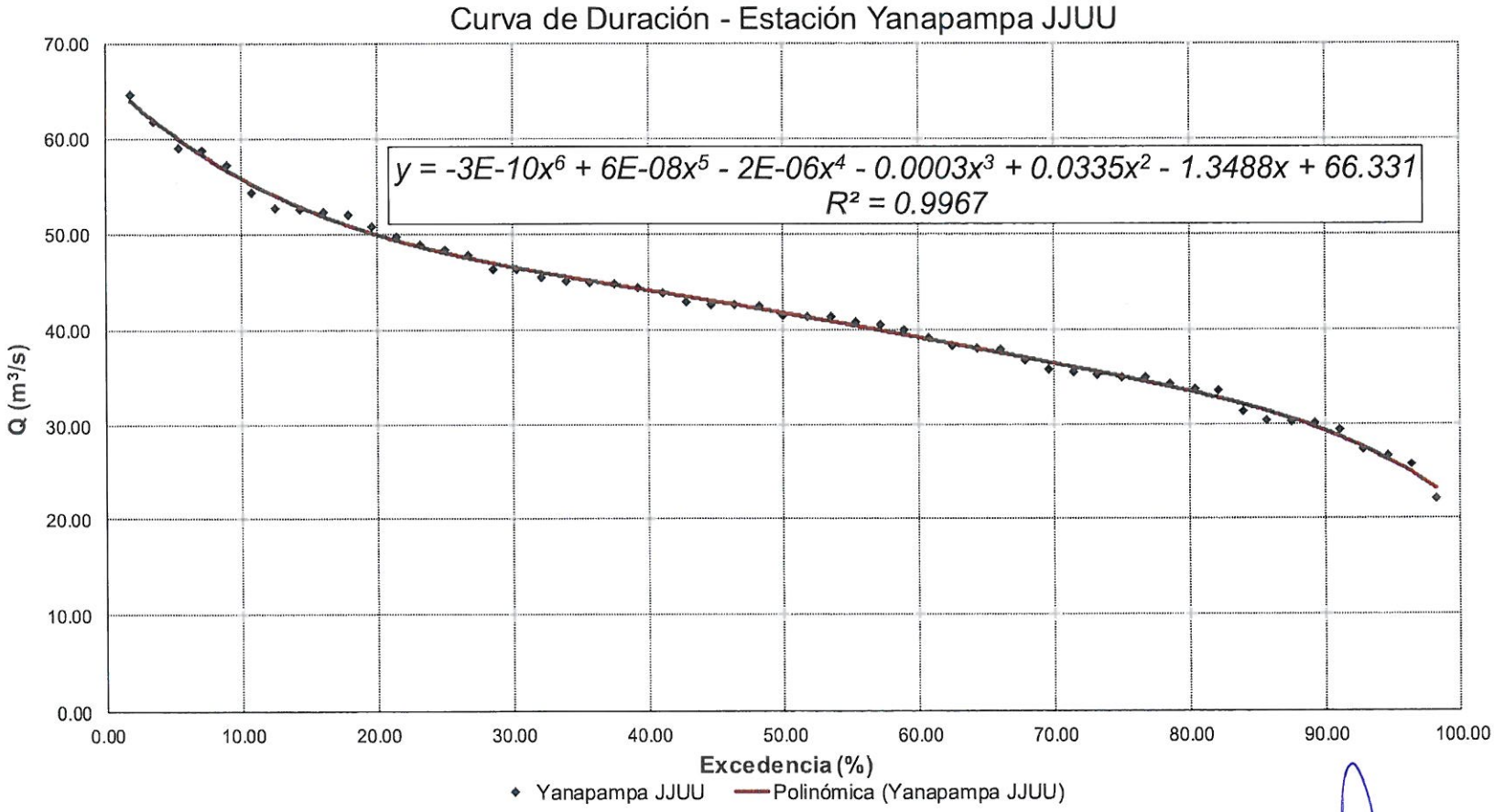
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcial Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 210: Curva de duración del río Huaura – Estación Yanapampa (JJUU)



Fuente: Elaboración propia

15 DISPONIBILIDAD HÍDRICA MEDIA

15.1 EVALUACIÓN DE LAS ESTACIONES HIDROMÉTRICAS

La presente evaluación hidrológica, se ha realizado en base al análisis exploratorio de datos y consistencia de las variables del caudal registrado de un total de 08 estaciones hidrométricas con registro de descargas. La metodología desarrollada se describe a continuación:

- **Análisis e interpretación de los datos hidrométricos:**

  Está basado en la revisión, procesamiento, análisis gráfico y estadístico de las variables de los caudales registrados en las 08 estaciones.

- **Tratamiento de datos por similitud hidrológica:**

  Comprende el análisis exploratorio y consistencia mensual de los caudales en las estaciones seleccionadas como representativas en base a una asociación de similitud hidrológica (comparación de registros, altitud y ubicación geográfica).

- **Análisis temporal y espacial de las variables hidroclimáticas:**

  Es en base a los diagramas lineales elaborados para cada estación y variable analizada, se identifican los eventos que más han influenciado en el comportamiento hidrológico de los ríos analizados y se analiza las crecidas o evolución hidrológica presentada.

- **Experiencia profesional y conocimiento de la cuenca hidrográfica:**

  Este proceso comprende la integración de las herramientas utilizadas y el conocimiento de las características físicas de la cuenca (tiempo de concentración, área de recepción y climatología) ante un suceso de precipitación y su correspondiente repercusión sobre el escurrimiento.

15.2 MODELO HIDROLÓGICO DISTRIBUIDO DE GENERACIÓN DE CAUDALES

Conocer la disponibilidad hídrica en una sección de interés donde no existen caudales aforados, toma gran importancia en el planeamiento de un sistema hidráulico, específicamente en: estructuras de regulación, estructuras de captación, trasvases, abastecimiento de agua, etc. En los cuales es necesaria una serie de descargas, para realizar el dimensionamiento de las estructuras, y también para determinar la satisfacción de la demanda en el sistema.

Por consiguiente, para la determinación de las descargas en diversas secciones de una cuenca que no cuenta con información, amerita establecer en la cuenca, un modelo propio y/o la calibración de un modelo existente, ya que en la cuenca en estudio no se cuenta con estaciones hidrométricas suficientes como para la aplicación de modelos sofisticados y complejos.

El modelo Lutz Scholz, ha sido estudiado y calibrado en 19 cuencas de la sierra, ubicadas entre Cuzco y Cajamarca, y es aplicable para pequeñas y medianas cuenca con escasos datos hidrométricos.

En los siguientes ítems se detalla la calibración del modelo matemático Lutz Scholz y su validación con las estaciones hidrométricas de control, y a la vez haciendo uso de su parte estocástica generar una serie de escorrentía superficial, en base a las precipitaciones areales de cada uno de las cuencas de interés.

15.2.1 Información básica para El Modelo

La información básica para la calibración del modelo consta de lo siguiente:

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Parámetros Físicos. Se hace mención en los numeral 7.2 y 7.3, la determinación de los parámetros físicos de las sub cuencas, que serán necesarios para la alimentación del modelo hidrológico.

Caudales Medios Mensuales. Se ha seguido el procedimiento del ítem 6.3, para la obtención del registro completo de los caudales medios mensuales en las estaciones de interés, como: Alco-Sayán (JJUU), Alco-Sayán (SENAMHI), Casa Blanca (SENAMHI), Picoy (SENAMHI) y Sayán (SENAMHI) del periodo comprendido entre los años 1964 y 2018, dicha información será la base para calibrar el modelo hidrológico en las diversas secciones de las cuencas de estudio. El promedio mensual de los caudales para dicho periodo, se muestran en el Cuadro 15.1.

Serie de Precipitación Areal. Se ha evaluado la metodología expuestas del Polígono de Thiessen para cada una de las sub cuencas de análisis.

En el Cuadro 15.2 se presenta las precipitaciones areales anuales promedio en puntos de interés de la cuenca por el método de Polígono de Thiessen.

Cuadro 15-1: Precipitación Areal Promedio Anual (mm) en puntos de interés

PUNTO DE INTERÉS	PRECIPITACIÓN AREAL ANUAL (mm)
Río Huaura (Estación Casa Blanca)	447.26
Río Auquimarca o Chico (Estación Sayán-Chico)	335.43
Río Huaura (Estación Puente Alco)	333.84
Quebrada Picoy (Estación Picoy)	620.68

Fuente: Elaboración propia

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

15.2.2 Calibración del modelo

El escurrimiento de las aguas en la cuenca de análisis durante el período de avenidas tiene su origen principalmente en la precipitación estacional, y durante la época de estiaje de las descargas provienen de las lagunas nevados y aportes subterráneos de la cuenca.

Para la calibración del modelo, ha sido necesario determinar el valor de cuatros parámetros, como son: el valor del coeficiente de retención R, el coeficiente de escorrentía C, el gasto de retención (bi) que está en función del coeficiente w y el coeficiente de almacenamiento ai para el período seco.

Para esto ha sido necesario iterar con distintitos valores en una hoja de cálculo, preparada para este fin, hasta obtener series de caudales promedios mensuales generados, que comparados visualmente con las series mensuales de caudales aforados sea lo más semejante posible.

Sin embargo, esto no ha sido suficiente, porque nuevamente se realiza una segunda comparación de los caudales promedios mensuales que se generaban estocásticamente, con los caudales promedios mensuales aforados, ya que en el proceso de iteración se observa una diferencia entre su parte determinística y estocástica del modelo.

Los valores generados mediante el modelo Lutz Scholz en las cuencas donde se localizan las estaciones de aforos, fueron comparados con los caudales aforados en dichas estaciones, calibrándose el modelo hasta obtener una buena correlación, los resultados se presentan en los Cuadros del 15.2 al 15.5.

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Concluidas todas las comparaciones de los caudales el modelo queda calibrado y validado. En los siguientes párrafos se explica los detalles de la calibración.

Primeramente, determinar el coeficiente de escorrentía apropiado, mediante el uso de fórmulas empíricas en función del caudal, precipitación areal, evaporación potencial, etc. El resumen de la calibración se muestra en los Cuadros del 15.2 al 15.5, y la descripción de cada columna se da a continuación:

- Columna 1, 2 y 3. En estas columnas se identifican la temporada seca, que en nuestro caso empieza aproximadamente en el mes de abril y termina en septiembre.
- Columna 4: Corresponde a la precipitación areal promedio mensual de la cuenca. Para nuestro caso se ha utilizado el método del Polígono de Thiessen para cada mes.
- Columna 5 y 6: Precipitación efectiva PEII y PEIII, es calculo con las recomendaciones de la metodología, y para la selección de PEI-PEII o PEII-PEIII, se verifica que la curva PE este dentro de estos límites (en caso que exista una extrapolación que no se separe mucho de las curvas).
- Columna 7: Es la precipitación efectiva para cada mes y está dado por la siguiente ecuación:

$$PE = C1*PEII + C2*PEIII \quad (13.1)$$

Donde:

$$C1 = \frac{C*P - \sum PEIII}{\sum PEII - \sum PEIII} \quad (13.2)$$

$$C2 = \frac{C.\sum P - \sum PEII}{\sum PEIII - \sum PEII} \quad (13.3)$$

Para una mejor estimación de la precipitación efectiva se ha calculado la PEII y PEIII para toda la serie de la precipitación areal, obteniendo dos series, posteriormente, utilizando la ecuación 13.1, se pudo obtener otra serie de PE. De esta última serie se calcula el promedio mensual, y estos valores se reemplazaron en la columna 7, lo cual ha permitido ajustar mucho mejor la calibración y lograr su validación.

- Columna 8: Es el gasto de la retención (bi), que inicia al final del periodo lluvioso, y cubre todo el periodo seco, para lo cual se utiliza la siguiente ecuación:

$$b_i = e^{-a*t} \quad (13.4)$$

$$a = -0.00252*\mathrm{Ln}(AR) + w \quad (13.5)$$

Donde: a, es el coeficiente de agotamiento de la cuenca; t, es el número de días desde el inicio de la temporada seca; w, es un coeficiente que se calibrará; y AR, es el área de la cuenca.

- Columna 9: Es el gasto de retención en mm/mes, igual a:

$$G_i = \frac{b_i}{\sum b_i} R \quad (13.6)$$

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP Nº 50999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

- Columna 10: Es el Abastecimiento de la Retención. Este valor se obtiene según la zona donde se ubica la cuenca de acuerdo a la metodología. Para nuestro caso ninguno de los valores recomendados se ha ajustado, por consiguiente, se ha planteado nuevos valores para cada punto de calibración, el resumen se muestra en las Tablas siguientes.
- Columna 11: Es el Abastecimiento de la Retención, en mm/mes, y está dado por la siguiente expresión:

$$A_i = a_i R \qquad (13.7)$$

- Columna 12: Es el balance hídrico de la cuenca, que viene a ser la escorrentía generada, en mm/mes, y está dado por la siguiente expresión.

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i \qquad (13.8)$$

  Donde: PEi, precipitación efectiva del mes i; Gi, gasto de la retención del mes i; Ai, abastecimiento de la retención.

- Columna 13: Es la escorrentía generada, en m3/s.
- Columna 14: Es el Caudal Mensual Aforado, en m3/s.

Este procedimiento se ha seguido para la estación con registro de caudales medios mensuales dentro de las cuencas de análisis.

De los cálculos obtenidos, se deduce que existe variabilidad en los parámetros (C y R). También podemos concluir que el coeficiente de escorrentía C, resulta menor en cuencas grandes en comparación de cuenca pequeñas, esto se le ha atribuido al efecto de la laminación que existe dentro de la cuenca.

En los Cuadros del 15.2 al 15.5, se generaron los caudales medios para las diversas secciones de la cuenca, considerando los parámetros físicos, clima y precipitación areal. En todas las calibraciones y generaciones de caudales realizados, se observa que el modelo matemático adoptado reproduce mucho mejor los caudales de estiaje (mínimos), por lo que es aceptable para este tipo de estudios.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro 15-2: Generación de caudales mensuales en el río Huaura para el año hidrológico promedio multianual – estación Casa Blanca

MESES			PRECIPITACIÓN MENSUAL				CONTRIBUCIÓN DE LA RETENCIÓN				CAUDALES MENSUALES		
			TOTAL	EFECTIVA			GASTO		ABASTECIMIENTO		GENERADOS		E. Casablanca
MES (1)	Nº dias (2)	Acum P. S. (3)	P (mm/mes) (4)	PE I (mm/mes) (5)	PE III (mm/mes) (6)	PE (mm/mes) (7)	b_i (8)	G_i (mm/mes) (9)	a_i (10)	A_i (mm/mes) (11)	(mm/mes) (12)	(m^3/s) (13)	(m^3/s) (14)
Jul	31	122	0.630	-0.028	0.168	0.328	0.746	10.515			10.842	14.358	14.285
Ago	31	153	0.847	-0.031	0.195	0.380	0.692	9.760			10.140	13.429	13.126
Sep	30	183	4.533	-0.048	0.629	1.182	0.644	9.082			10.264	14.045	14.214
Oct	31		18.064	0.267	4.169	7.358		0.000	-0.070	4.618	11.976	15.860	15.751
Nov	30		27.040	0.995	6.999	11.907		0.000	-0.040	2.639	14.546	19.905	19.296
Dic	31		51.166	10.607	17.314	22.796		0.000	0.040	-2.639	20.157	26.694	26.773
Ene	31		87.812	19.807	41.311	58.890		0.000	0.370	-24.410	34.480	45.662	45.516
Feb	28		100.580	26.536	49.519	68.307		0.000	0.370	-24.410	43.897	64.361	64.137
Mar	31		111.037	30.422	56.995	78.717		0.000	0.330	-21.771	56.946	75.413	74.564
Abr	30	30	40.206	1.758	10.481	17.612	0.930	13.115			30.727	46.253	47.220
May	31	61	4.676	-0.022	1.063	1.950	0.864	12.174			14.124	22.445	23.117
Jun	30	91	0.673	-0.029	0.182	0.355	0.804	11.327			11.682	17.585	16.531
AÑO	**365**		**447.263**	**90.234**	**189.027**	**269.783**	**4.681**	**65.972**	**1.000**	**-65.972**	**269.783**	**31.334**	**31.211**

Datos:

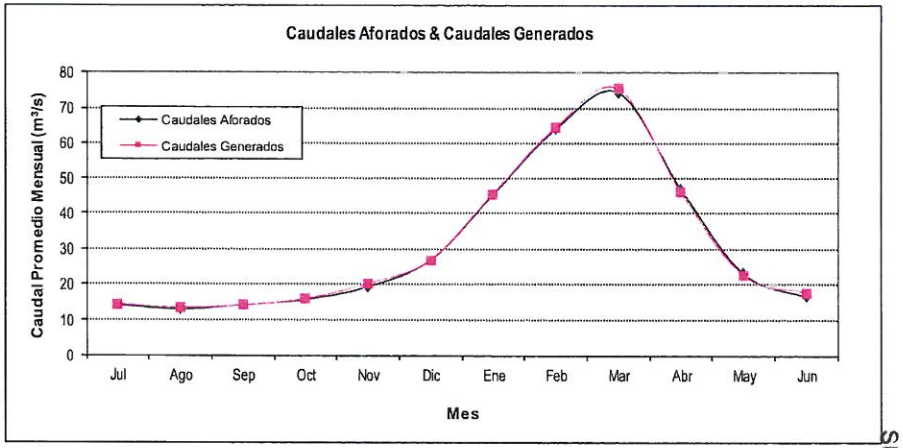
Columna (3) : Temporada seca y días acumulados

Columna (6) : Cuenca con agotamiento mediano

$$a = -0.00252 * L_N AR + 0.026$$

Coeficiente de correlación entre el caudal aforado y caudal registrado es:

r = 1.000



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 15-3: Generación de caudales mensuales en el río Huaura para el año hidrológico promedio multianual – estación Sayán-Chico

MESES			PRECIPITACIÓN MENSUAL				CONTRIBUCIÓN DE LA RETENCIÓN				CAUDALES MENSUALES		
			TOTAL	EFECTIVA			GASTO		ABASTECIMIENTO		GENERADOS		AFORADOS
MES (1)	Nº dias (2)	Acum P. S. (3)	P (mm/mes) (4)	PE I (mm/mes) (5)	PE III (mm/mes) (6)	PE (mm/mes) (7)	b_i (8)	G_i (mm/mes) (9)	a_i (10)	A_i (mm/mes) (11)	(mm/mes) (12)	(m^3/s) (13)	(m^3/s) (14)
Jul	31	122	0.510	-0.026	0.129	0.137	0.451	4.244			4.381	0.906	0.855
Ago	31	153	0.568	-0.027	0.122	0.130	0.369	3.467			3.597	0.929	0.772
Sep	30	183	3.474	-0.040	0.477	0.504	0.303	2.851			3.355	0.896	0.754
Oct	31		13.937	0.144	3.180	3.339		0.000	0.000	0.000	3.339	0.863	0.986
Nov	30		21.335	0.597	5.308	5.553		0.000	0.020	-0.596	4.957	1.323	1.218
Dic	31		38.982	5.214	12.106	12.465		0.000	0.150	-4.471	7.995	2.065	2.051
Ene	31		66.198	12.120	26.568	27.320		0.000	0.350	-10.432	16.888	4.363	4.270
Feb	28		74.959	11.264	30.453	31.452		0.000	0.330	-9.836	21.616	6.183	6.048
Mar	31		81.348	13.730	33.016	34.020		0.000	0.150	-4.471	29.549	7.634	7.636
Abr	30	30	30.199	0.829	7.242	7.576	0.822	7.732			15.308	4.087	4.339
May	31	61	3.411	-0.029	0.764	0.805	0.672	6.317			7.122	1.840	1.915
Jun	30	91	0.512	-0.026	0.130	0.138	0.552	5.195			5.333	1.139	1.150
AÑO	**365**		**335.433**	**43.750**	**119.496**	**123.440**	**3.170**	**29.805**	**1.000**	**-29.805**	**123.440**	**2.686**	**2.666**

Datos:

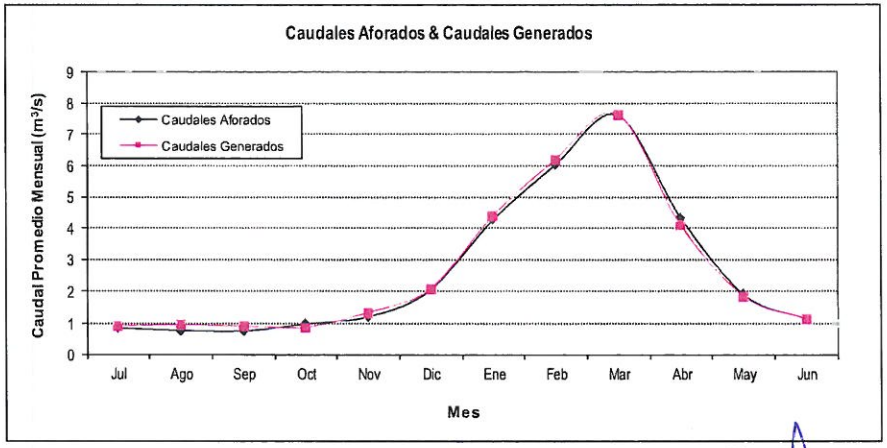
Columna (3) : Temporada seca y días acumulados

Columna (6) : Cuenca con agotamiento mediano

$$a = -0.00252 * L_N AR + 0.026$$

Coeficiente de correlación entre el caudal aforado y caudal registrado es:

r = 0.999



Fuente: Elaboración propia

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP Nº 58999

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

1999

Cuadro 15-4: Generación de caudales mensuales en el río Huaura para el año hidrológico promedio multianual – estación Puente Alco

MESES			PRECIPITACIÓN MENSUAL				CONTRIBUCIÓN DE LA RETENCIÓN				CAUDALES MENSUALES		
			TOTAL	EFECTIVA			GASTO		ABASTECIMIENTO		GENERADOS		AFORADOS
MES (1)	Nº dias (2)	Acum P. S. (3)	P (mm/mes) (4)	PE I (mm/mes) (5)	PE III (mm/mes) (6)	PE (mm/mes) (7)	b_i (8)	G_i (mm/mes) (9)	a_i (10)	A_i (mm/mes) (11)	(mm/mes) (12)	(m^3/s) (13)	(m^3/s) (14)
Jul	31	122	0.884	-0.033	0.251	1.209	0.674	12.320			13.529	12.889	12.247
Ago	31	153	1.214	-0.037	0.296	1.421	0.610	11.145			12.567	11.973	11.236
Sep	30	183	4.189	-0.066	0.614	2.914	0.554	10.116			13.030	12.827	12.107
Oct	31		15.718	0.019	3.449	15.043		0.000	0.000	0.000	15.043	14.332	14.796
Nov	30		19.529	0.121	4.222	18.082		0.000	0.000	0.000	18.082	17.801	18.029
Dic	31		39.050	1.110	9.098	36.091		0.000	0.100	-7.879	28.212	26.878	27.349
Ene	31		62.284	5.768	20.160	68.793		0.000	0.300	-23.637	45.156	43.020	42.047
Feb	28		72.048	8.723	25.340	81.493		0.000	0.300	-23.637	57.856	61.026	60.684
Mar	31		84.405	14.100	33.752	100.158		0.000	0.300	-23.637	76.521	72.902	74.011
Abr	30	30	28.688	0.353	6.104	25.536	0.908	16.586			42.121	45.614	45.796
May	31	61	4.873	-0.064	1.165	5.319	0.821	15.005			20.324	21.299	21.111
Jun	30	91	0.960	-0.034	0.277	1.326	0.745	13.618			14.945	14.712	14.004
AÑO	**365**		**333.843**	**29.959**	**104.728**	**357.385**	**4.311**	**78.790**	**1.000**	**-78.790**	**357.385**	**29.606**	**29.452**

Datos:

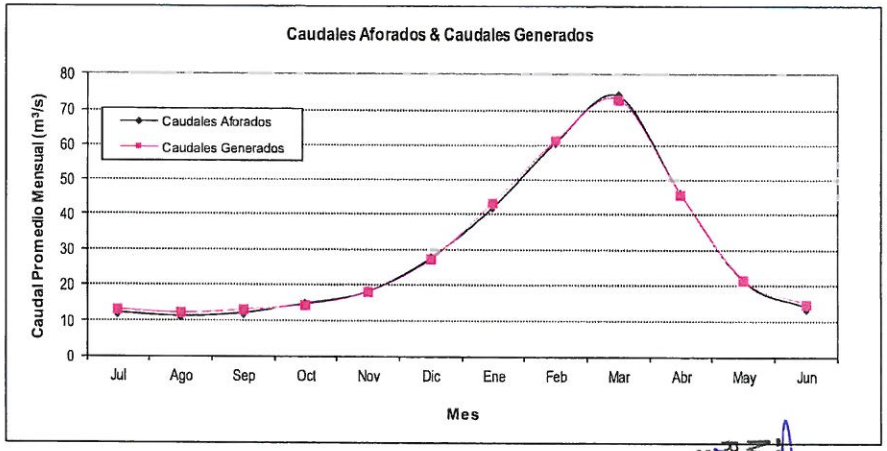
Columna (3) : Temporada seca y días acumulados

Columna (6) : Cuenca con agotamiento mediano

$$a = -0.00252 * L_N AR + 0.026$$

Coeficiente de correlación entre el caudal aforado y caudal registrado es:

r = 1.000



Fuente: Elaboración propia

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Antonio Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Manuel J. Ríos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Cuadro 15-5: Generación de caudales mensuales en el río Huaura para el año hidrológico promedio multianual – estación Picoy

MESES			PRECIPITACIÓN MENSUAL				CONTRIBUCIÓN DE LA RETENCIÓN				CAUDALES MENSUALES		
			TOTAL	EFECTIVA			GASTO		ABASTECIMIENTO		GENERADOS		AFORADOS
MES (1)	Nº dias (2)	Acum P. S. (3)	P (mm/mes) (4)	PE I (mm/mes) (5)	PE III (mm/mes) (6)	PE (mm/mes) (7)	b_i (8)	G_i (mm/mes) (9)	a_i (10)	A_i (mm/mes) (11)	(mm/mes) (12)	(m^3/s) (13)	(m^3/s) (14)
Jul	31	122	2.157	-0.032	0.579	1.353	0.371	18.292			19.645	2.672	2.979
Ago	31	153	2.583	-0.035	0.597	1.397	0.288	14.213			15.611	2.123	2.684
Sep	30	183	11.666	-0.017	1.551	3.539	0.226	11.135			14.673	2.887	3.083
Oct	31		39.429	1.609	10.097	20.853		0.000	0.000	0.000	20.853	3.403	3.494
Nov	30		47.952	4.143	15.229	29.278		0.000	0.000	0.000	29.278	4.114	4.036
Dic	31		85.050	17.382	36.056	59.719		0.000	0.150	-20.385	39.334	5.349	5.465
Ene	31		107.041	30.878	52.464	79.817		0.000	0.150	-20.385	59.432	8.082	7.931
Feb	28		117.022	35.549	62.097	95.739		0.000	0.200	-27.180	68.558	10.322	10.347
Mar	31		135.679	45.364	78.037	119.440		0.000	0.200	-27.180	92.260	12.546	12.278
Abr	30	30	56.567	3.959	16.393	32.150	0.783	38.672			70.822	8.459	8.441
May	31	61	13.523	0.424	3.485	7.364	0.609	30.049			37.414	4.834	4.614
Jun	30	91	2.016	-0.039	0.566	1.332	0.477	23.540			24.872	3.495	3.299
AÑO	**365**		**620.685**	**139.184**	**277.150**	**451.981**	**2.753**	**135.901**	**0.700**	**-95.131**	**492.751**	**5.690**	**5.721**

Datos:

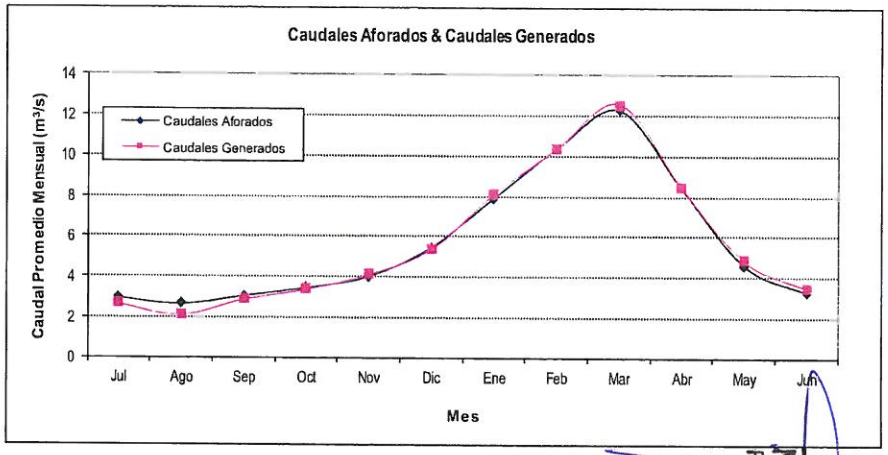
Columna (3) : Temporada seca y días acumulados

Columna (6) : Cuenca con agotamiento mediano

$$a = -0.00252 * L_N AR + 0.026$$

Coeficiente de correlación entre el caudal aforado y caudal registrado es:

r = 0.998



Fuente: Elaboración propia

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Mardel Arturo Paez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Manuel A. Ecos Vasquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

1997

15.2.3 Generación estocástica

Una vez calibrado el modelo, para la generación de la serie se hace uso de la parte estocástica del modelo, que utiliza la siguiente ecuación:

$$CM_t = B_1 + B_2 CM_{t-1} + B_3 PM_t + B_4 PE_t + z.S.(1-r^2)^{1/2}$$

Donde: CM_t, es el caudal del mes t; CMt-1, es el caudal del mes anterior (t-1); PM_t, es la precipitación media del mes t; PEt, es la precipitación efectiva del mes t; B1, B2, B3, B4, son coeficientes que resultan de la regresión múltiple. La constante B1 representa el caudal base en la sección de interés; z, es la variable aleatoria estandarizada, con media cero y desviación estándar igual a uno; S, r, son la desviación estándar y coeficiente de correlación, respectivamente.

Los valores de PM_t y PE_t utilizados en la ecuación mostrada, son calculados para cada mes de cada año del periodo común, esto ha permitido mejorar la generación. El resumen de los parámetros calculados de la regresión múltiple se muestra en el Cuadro 15.6.

Cuadro 15-6: Resumen de los Cálculos de la Regresión Múltiple

SECCIÓN DE LA CUENCA	B_1	B_2	B_3	B_4	r	S
Estación Casa Blanca	6.77716	0.26669	0.04089	0.39772	0.99178	2.62250
Estación Sayán-Chico	1.81449	0.40591	-0.10673	0.69755	0.98116	2.05367
Estación Puente Alco	6.71952	0.33400	-0.43657	0.84818	0.99656	2.04514
Estación Picoy	4.01949	0.52183	0.04353	0.35481	0.98932	4.38208

Fuente: Elaboración propia

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 55999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marco Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

16 PROPUESTA DE NUEVAS ESTACIONES

En la cuenca del rio Huaura es operada por el SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú). Esta red consta de 21 estaciones meteorológicas convencionales, de las cuales 14 están dentro de la cuenca y el resto (7) se localizan cerca de la cuenca, las cuales miden diariamente distintas variables según la configuración de cada de cada estación.

Para conocer la variabilidad temporal y espacial de la precipitación a escala horaria y diaria, sobre la cuenca evaluada con mayor precisión y caudales líquidos y sólidos del cauce principal y tributarios, es indispensable la instalación de nuevas estaciones hidrometeorológicas en la cuenca del rio Huaura.

La finalidad de la instalación de nuevas estaciones de medición tanto del tipo meteorológica como el de tipo hidrológica, es la de obtener registros de valores de los elementos que constituyen la materia prima de los estudios sobre el clima y descarga superficial en los ríos para promover la realización de proyectos de investigación multidisciplinarios que hagan uso de la información hidrometeorológica.

En el Cuadro 3.1 se muestra la relación de estaciones operativas en la cuenca del río Huaura, indicando su nombre, código, periodo de registro de la variable precipitación, y ubicación UTM.

16.1 DENSIDAD DE ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS

El criterio de la OMM (Organización Meteorológica Mundial) para la ubicación de nuevas estaciones es según unidades fisiográficas se tiene que debería de existir una estación por kilómetros dependiendo de la unidad hidrográfica, en el siguiente cuadro resume lo descrito.

Cuadro N° 16-1: Criterio de Densidad de Estaciones

Unidad Fisiográfica	Km2 por estación	
	No registrados	Registrados
Costa	900	9000
Montaña	250	2500
Planicie interior	575	5750
Montes/ondulaciones	575	5750
Islas pequeñas	25	250
Áreas urbanas	-	11 a 20
Polos/tierras áridas	10000	100000

Fuente: Organización Meteorológica Mundial

Manuel J. Ríos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

La cuenca del río Huaura, tiene una superficie 4 277.9 km2, un perímetro de 434 km, la altitud media de 3171 msnm., presenta una pendiente de cauce del 2.90%, una longitud de cauce principal 158 km.

La cuenca se ha subdivido en once (11) subcuencas, denominadas como: Quinchas-Ushpa, Pampahuay-Paton, Huaura-Churin, Cochaquillo-Queruraccra, Checras, Huaura-Paccho-Tingo, Yarucaya, Huaura-Sayán, Chico-Auquimarca, Huaura-Medio y Huaura-Bajo.

- Las características hidroclimáticas y físicas de las sub cuencas aportantes.
- Las propuestas de obras de defensa y laminación.
- Tributarios y quebradas de importancia.

ING. CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISIÓN HUAURA
CIP N° 59959

En la Figura 211, se muestra la localización de las estaciones hidrometeorológicas propuestas en el ámbito de la cuenca del río Huaura.

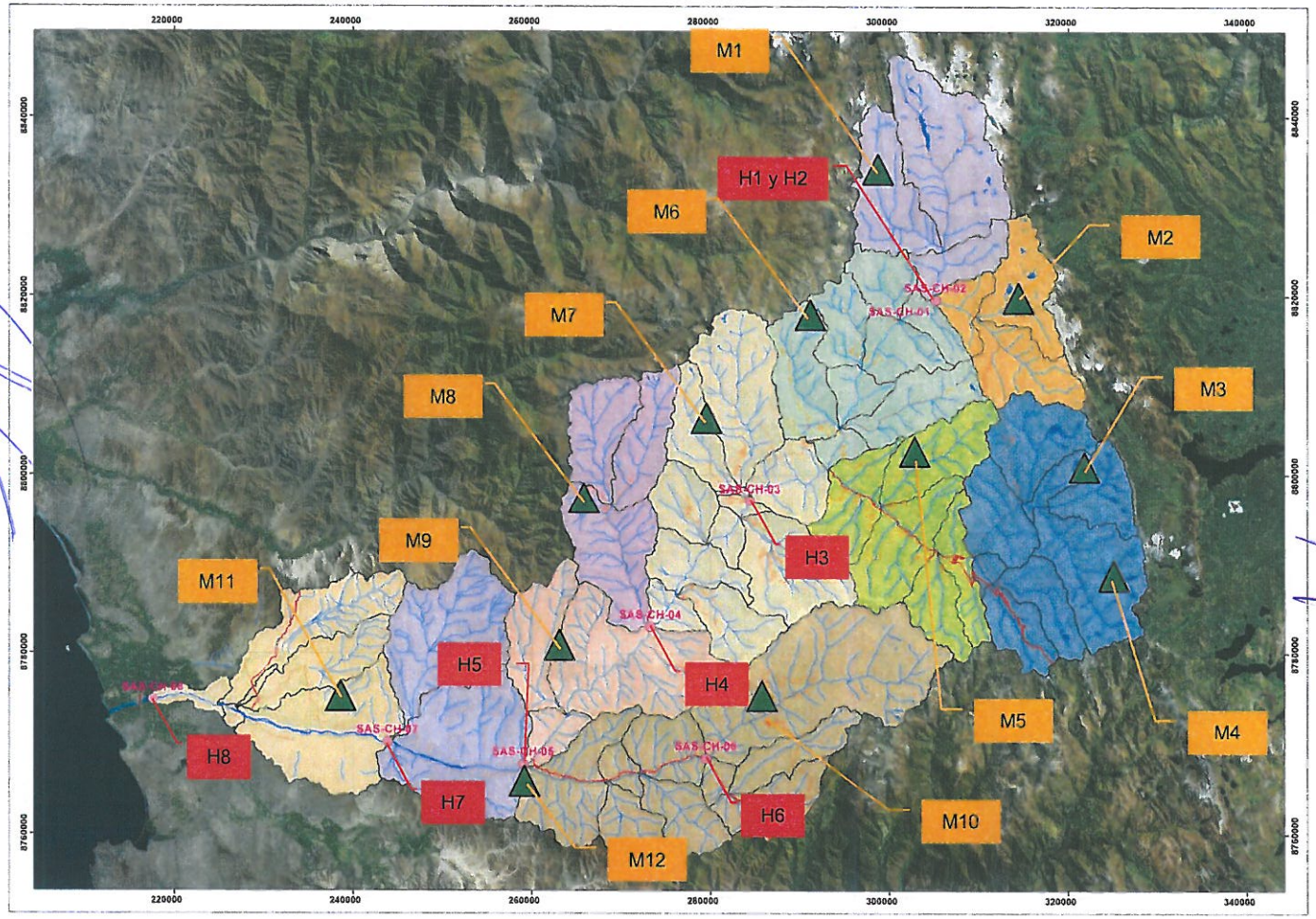
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing Luis Enrique Béndezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 211: Propuesta de localización de estaciones hidrometeorológicas en el ámbito de la cuenca del río Huaura



Fuente: Elaboración propia

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

ING. MARCOS RICARDO VASQUEZ CORTEGAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISIÓN HUAURA
CIP N° 53990

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Manuel J. Egos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

1994

Para realizar el análisis de la densidad de estaciones climatológicas según el criterio de la OMM tenemos que ver que estaciones se encuentran dentro de la cuenca de río Huaura, siendo un total de 08 estaciones: Laguna Surasaca, Oyón, Andajes, Pampa Libre, Parquin, Paccho, Pachamachay y Alcantarilla; ver Mapa de Estaciones en Anexo 13.

Con el objetivo de estimar el número mínimo de estaciones recomendado en cuenca de Huaura, según los criterios de clasificación de la OMM, se han identificados las unidades fisiográficas de la cuenca siguiendo dicha clasificación. Así, se puede decir, que las unidades fisiográficas predominantes en la cuenca son dos: Montaña y Costa.

Luego de que se han identificado las unidades fisiográficas en la cuenca sacamos el número mínimo de estaciones recomendables el cual se realiza: Dividiendo el área de unidad fisiográfica (km2) con la densidad mínima (km2/estación).

Cuadro N° 16-2: Estaciones requeridas según las unidades fisiográficas en la cuenca Huaura.

Unidad Hidrográfica		Cota (msnm)	Unidad Fisiográfica	Área (Km2)	N° Estaciones Vigentes	N° Estaciones Propuestas	N° Total Estaciones	Densidad Obtenida (Km²/estación)	Densidad Mínima (Km²/estación)	Resultado
Huaura	Cuenca Baja	0-700	Costa	325.94	2	1	3	108.65	900	Conforme
	Cuenca Media	700-1400	Costa	428.88	1	1	2	214.44	900	Conforme
	Cuenca Alta	1400-5800	Montaña	3,523.08	5	10	15	234.87	250	Conforme
Total				**4,277.90**	**8**	**12**	**20**			

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos se propone la instalación de 12 estaciones meteorológicas, 01 estación en la cuenca baja, 01 estación en la cuenca media y los 10 restantes corresponden a la cuenca alta.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

16.2 NUEVAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos se propone la instalación de 10 estaciones meteorológicas, distribuidas convenientemente según la localización propuesta en la Figura 211 o Mapa Nuevas Estaciones de Anexo 13. Otras condiciones a tomar en cuenta son las siguientes:

- La medición de variables meteorológicas ha crecido en importancia ya que la información suministrada por las estaciones es vital para monitorear el cambio climático, el comportamiento de las cuencas hidrográficas, así como en el establecimiento de políticas relacionadas con la alerta temprana.
- El registro permanente de variables climáticas durante largos periodos de tiempo en zonas remotas o inhóspitas, sin contar con la presencia de un personal capacitado que se encargue de proporcionar datos presentables con el menor porcentaje de error, hace que aparezca la necesidad de automatizar las estaciones meteorológicas.

ING. CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
JEFE DE SUPERVISION
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 59999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

- Desarrollar un sistema de adquisición, registro y monitoreo inalámbrico de variables climáticas.
- Se propone el desarrollo de un sistema de captación de las variables propias de las condiciones climáticas como: precipitación, temperatura, humedad, radiación solar, dirección y velocidad del viento, entre otras. El equipo debe ajustarse a la operación en condiciones adversas, propias de los ambientes externos.
- También se requiere de un sistema de monitoreo en línea, que permita el acceso permanente y en tiempo real a las condiciones climatológicas de la cuenca donde opere la estación.
- Diseño del hardware del sistema, empleando componentes que se adapten a las necesidades que suple una estación meteorológica, como la de generar registros, almacenar información, transmitirla y visualizarla de la manera más óptima y práctica.
- Tomar en cuenta las recomendaciones de la OMM para la instalación y operación de estaciones; el detalle se muestra en el Anexo 16.

La localización de las nuevas estaciones meteorológicas se muestra en el cuadro siguiente.

Cuadro N° 16-3: Ubicación referencial de estaciones meteorológicas propuestas en la cuenca del río Huaura.

CÓDIGO	NOMBRE	ESTE	NORTE	ALTURA msnm	LUGAR	SECTOR	INFORMACIÓN
M1	Uspha	298634	8831139	4319	Centroide Microcuenca W630	Uspha	Automática meteorológica
M2	Paton	312881	8820405	4090	Centroide Microcuenca W650	Laguna Paton	Automática meteorológica
M3	Morococha	324494	8797452	4445	Centroide Microcuenca W860	Morococha	Automática meteorológica
M4	Yuracyacu	324929	8787990	4413	Centroide Microcuenca W940	Laguna Yanama	Automática meteorológica
M5	Cayash	307743	8804084	4059	Cabecera Microcuenca W790	Quebrada Cayash	Automática meteorológica
M6	Mayo Punco	292538	8817734	4700	Limite Microcuencas W750 y W710	Sector Mayo Punco	Automática meteorológica
M7	Ishpa	277938	8811780	4654	Cabecera Microcuenca W820	Laguna Ispha	Automática meteorológica
M8	Shihuincocha	267036	8798431	3501	Limite Microcuencas W810 y W900	Quebrada Shihuincocha	Automática meteorológica
M9	Pedregal	266195	8776685	957	Centroide Microcuenca W1050	Sayán-Pedegral	Automática meteorológica
M10	Auquimarca	282718	8772346	2270	Microcuenca W1080	Quebrada Auquimarca	Automática meteorológica
M11	Chacarilla	236398	8774050	325	Centroide Microcuenca W1120	Sayán-Chacarilla	Automática meteorológica
M12	Chico	259370	8767285	652	Fin Microcuenca W1200	Sayán-Chico	Automática meteorológica

Fuente: Elaboración propia

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58955

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcial Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

16.3 NUEVAS ESTACIONES HIDROMÉTRICAS

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos se propone la instalación de 8 estaciones hidrométricas, distribuidas convenientemente según la localización de los principales aportantes. Otras condiciones a tomar en cuenta son las siguientes:

- El área adecuada para la instalación de estaciones hidrometeorológicas, deben ser representativos de las condiciones atmosféricas e hidrológicas del área o espacio físico a monitorear, para el caso de las estaciones a instalarse en la cuenca Chancay Lambayeque, además de la representación física también se tuvo en consideración los siguientes lineamientos:
  - El lugar adecuado debe ser en un terreno natural de la zona y no demasiado cercano a zonas edificadas o excesivamente cultivadas.
  - Para asegurar el funcionamiento permanente de las estaciones, se debe identificar los sitios representativos y la accesibilidad a los mismos, cercanos a los centros poblados.
  - Las estaciones deben estar ubicadas en lugares donde sea accesible la toma de datos.
  - También debe estar ubicada en lugares de oportuna vigilancia.
  - Para el caso de las estaciones meteorológicas los espacios no deben tener pendientes o declives pronunciadas u hondonadas.
  - Para el caso de estaciones Hidrométricas, el cauce del Rio debe mantener cierta uniformidad en su sección hidráulica, que permita el funcionamiento correcto de los instrumentos.
  - Según el protocolo del SENAMHI, las estaciones automáticas deben poseer cerco de seguridad de 5 x 5 m.

En la siguiente tabla se muestra la ubicación referencial de las estaciones propuestas:

Cuadro N° 16-4: Ubicación referencial de estaciones hidrométricas propuestas en la cuenca del río Huaura.

CÓDIGO	ESTE	NORTE	LUGAR	SECTOR	INFORMACIÓN
H1	305188.46	8819605.67	Río Pampahuay	Bajo el Puente Michimachay	Registro automatizado de caudales
H2	305161.24	8819635.32	Río Quicha	A 100 m del Puente Michimachay (altura de piscigranja)	Registro automatizado de caudales
H3	284366.98	8797061.05	Río Huaura	Altura de CP Liple	Registro automatizado de caudales
H4	273237.34	8782977.89	Río Huaura	Antes de la desembocadura del río Cochamarca	Registro automatizado de caudales
H5	259023.40	8767717.92	Río Huaura	Aguas abajo de confluencia de río Huanangui con río Huaura - aprox. a 1.00 km abajo del puente Sayán	Registro automatizado de caudales
H6	279459.58	8768350.40	Río Huanangui	CP Huanangui	Registro automatizado de caudales
H7	243867.97	8770161.61	Río Huaura	Aguas debajo de Hacienda Chambara	Registro automatizado de caudales
H8	217600.92	8774888.41	Río Huaura	Puente Panamericana Norte	Registro automatizado de caudales

Fuente: Elaboración propia

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58059

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

16.3.1 Criterios para la selección del punto de observación

La decisión final sobre cual punto físico escoger para la instalación de estaciones hidrológicas debe tomarse teniendo en cuenta:

- Las especificaciones del programa de medición y sus objetivos.
- La metodología de reconstrucción de hidrogramas anuales a partir de curvas de gasto; Las condiciones de accesibilidad y la disponibilidad de observadores de campo.
- El acceso a medios de comunicación.
- El primer ítem es intuitivo, el puesto de la estación debe ser adecuado para el programa de mediciones diseñado y para cumplir los objetivos planteados por la organización que instala la estación. Los factores siguientes son obvia consecuencia del primero, a su vez, el cumplimiento del segundo es de alta prioridad ya que de este depende que los hidrogramas anuales, construidos con base en la información de la estación sean lo suficientemente exactos para cumplir los objetivos de este punto de medición y su programa.
- Tomar en cuenta las recomendaciones de la OMM para la instalación y operación de estaciones; el detalle se muestra en el Anexo 16.

Para darle cumplimiento al segundo ítem es necesario que el punto de medición cumpla con las siguientes especificaciones:

- El régimen de niveles del punto de medición debe ser característico para el tramo en que se ubicará la estación.
- El tramo de río, donde se ubicará la estación, debe ser recto. La longitud del tramo debe ser equivalente a cinco veces el ancho de la sección en periodo de estiaje, el ancho de la sección, y en lo posible su forma, deben ser uniformes a lo largo del trayecto seleccionado.
- El tramo y la sección donde se ubicará la estación deben ser estables.
- En lo posible la sección debe ser de forma regular, sin planicie de inundación (o que el flujo de la corriente no se salga del lecho principal) y estar libre de vegetación acuática.
- El punto de medición no puede estar afectado por fenómenos de remanso.
- En el trayecto donde se ubicará la estación no deben existir bocatomas ni vertimientos (a menos que el objetivo de la estación sea controlar a la magnitud de los mismos).
- En zonas montañosas es necesario, además, que la estación se ubique en el sector con menor turbulencia y donde no exista la presencia o transporte de rocas o fragmentos de rocas grandes.
- Si aguas abajo del tramo seleccionado para la instalación de una estación existe una obra hidráulica o circunstancias naturales que generen remanso es necesario verificar que la ubicación del punto de medición se encuentre fuera del radio de influencia del remanso.
- Si se incumple con alguna o algunas de estas condiciones, es necesario tener en cuenta cual/cuales y tomarlas en consideración al elegir los métodos de construcción de las curvas H=f(Q) y de su respectiva metodología de generación de caudales.

La selección del punto de medición debe estar documentada con los criterios que se tomen en consideración para su elección, así como con los materiales de la prospección de campo para la selección del punto más adecuado. Entre los materiales de campo se debe contar con:

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. CARLOS ROBERTO NÚÑEZ CORREOS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISIÓN HUAURA
CIP N° 56939

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcial Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

- Planos topográficos del tramo de corriente seleccionado y de su respectivo entorno.
- Georreferenciación del punto de instalación con coordenadas X, Y, Z dentro del Sistema Geodésico Nacional.
- Batimetría del tramo seleccionado y perfiles (nivelados con alta precisión) de sus secciones características.
- Fotografías de las secciones características del tramo.
- Los factores tres y cuatro garantizan la continuidad del registro y de las acciones de operación y mantenimiento de la nueva estación. En caso de que estos no se cumplan, pero aun así la estación sea necesaria, se debe buscar alternativas como la instalación de estaciones automáticas con sistema de almacenamiento de datos y/o transmisión de los mismos por canales de comunicación no convencionales (vía satélite, Telemetría terrestre (VHF), Transmisión radial por reflexión en la ionosfera, radio, etc.) a la central de acopio de datos más cercana.

Manuel J. Ecos Vasquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58099

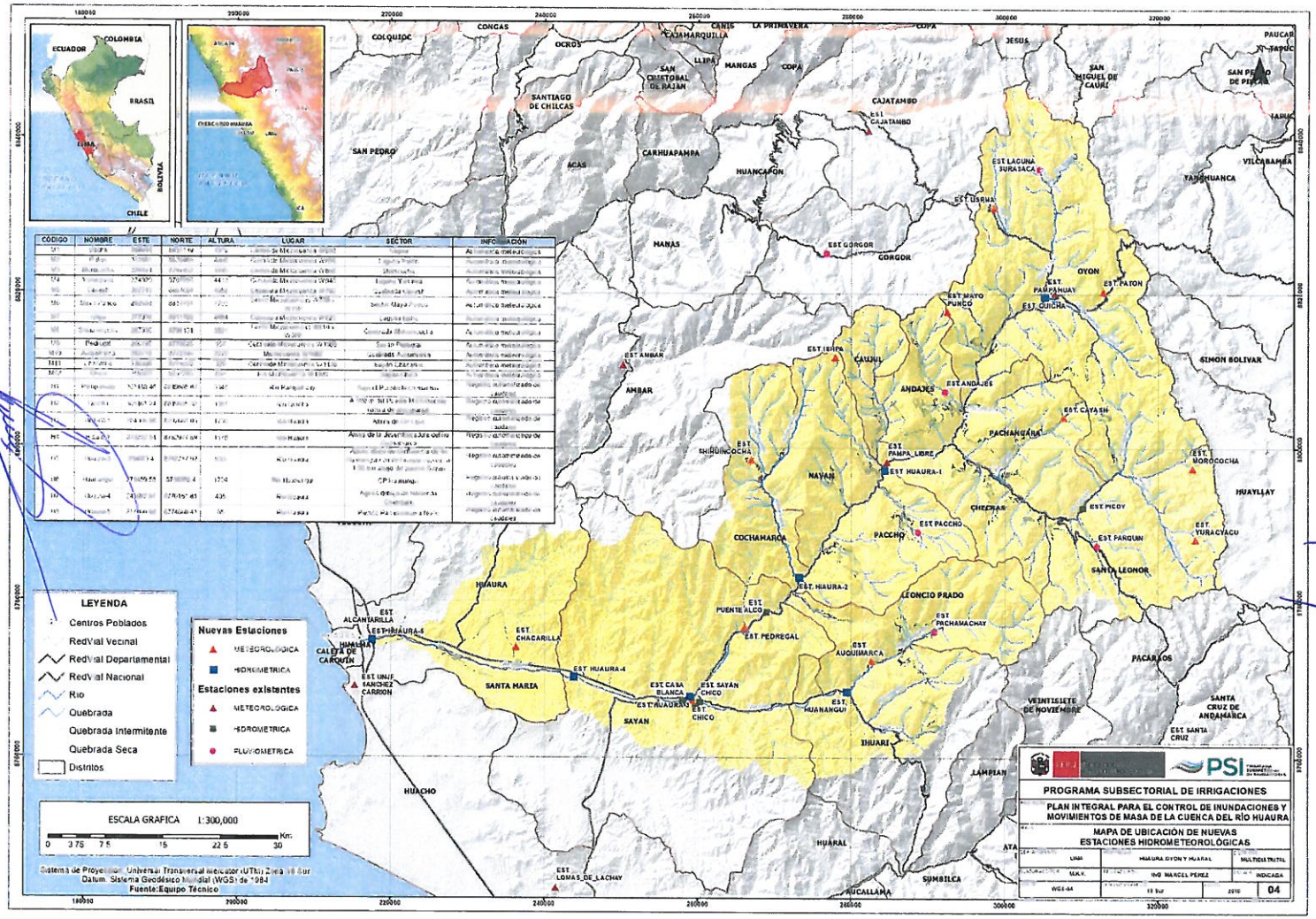
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 212: Mapa de ubicación de estaciones hidrometeorológicas propuestas en el ámbito de la cuenca del río Huaura



PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

ING. CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
JEFE DE SUPERVISION
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 55990

Ing. Manuel Arturo Perez Bocerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

Manuel J. Egos Vasquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

1388

122

17 CAMBIO CLIMÁTICO

17.1 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

Desde la perspectiva de la variación multianual de las temperaturas extremas, las mayores temperaturas se presentan en la costa norte y selva baja, y las menores temperaturas se registran en las zonas altoandinas, principalmente en el Altiplano.

En lo que se refiere a las precipitaciones, en la costa central y sur se presentan de escasas a nulas; en la sierra se registran lluvias moderadas y en la selva norte y sur se presentan precipitaciones muy intensas. Las lluvias en promedio multianual varían entre 1 a 50 mm en la costa, con excepción de la región norte que presenta entre 50 a 200 mm, en la sierra entre 50 a 1000, mientras en la selva entre 1000 a 3000 mm.

La precipitación multitrimestral del período marzo-mayo, nos muestra acumulados de lluvia que disminuyen significativamente en todo el territorio en relación al trimestre anterior, con excepción de la selva norte, donde las precipitaciones se mantienen. Asimismo, el período más seco corresponde al trimestre junio-agosto, donde el acumulado de lluvias para la costa es menor a 5 mm; en la sierra llega hasta 100 mm y en la selva alcanza 900 mm. En el período setiembre-noviembre, las lluvias aumentan ligeramente en la sierra y selva con respecto al trimestre anterior.

Todas las variaciones del clima que el Perú exhibe de un año a otro, conocido como variabilidad interanual, están determinadas en gran medida por la presencia de El Niño/Oscilación Sur (ENOS) y los eventos extremos asociados a éste, los que causan grandes pérdidas económicas por sus impactos.

Manuel J. Evans Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

17.2 CLIMA EN LA CUENCA DEL RÍO HUAURA

El río Huaura tiene una longitud de aproximadamente 158,3 Km, presentando una pendiente promedio de 3%, y la capacidad máxima de captación del valle se estima en 40,68 m3/s, el caudal medio mensual del río Huaura es de 29.5 m3/s, mientras que para el río Chico de 2.9 m3/s. Laguna Surasaca 21.7 MMC útil, Laguna de Cochaquillo 25.7 MMC y Laguna Paton 5.7 MMC.

El clima en las partes altas de la zona de la sierra de Lima, tiene marcadas diferencias de temperatura entre el día y la noche, existe una temperatura media anual de 15ª C. Existe una gran diferencia entre el invierno y el verano son relativamente pequeñas en sus valores mínimos, y son matizadas, durante el día, por la coincidencia del invierno con la estación seca, de modo que aumenta fuertemente la insolación solar y la temperatura, pero mientras en las noches aumenta el frio, hasta tener el peligro de las heladas, bajando al temperatura a 5ªC. Los meses de lluvias corresponden a los meses de octubre a marzo, con un promedio de precipitaciones de 650mm. Conforme la altitud de la zona. Las lluvias según el SENAMHI, en la sierra son estacionales, además variables de 60% a 70%. Según los lugares y las zonas.

ING. CARLOS HUMBERTO PINGO CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

17.2.1 Temperatura del aire

La variación y distribución de las temperaturas medias determina que la temperatura más alta corresponde a la región de la costa, específicamente en la localidad de Humaya, donde para el mes de febrero se registra 23.9ºC y los valores más bajos se presentan en la sierra, concretamente en julio en la localidad de Picoy con 11.3ºC.

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

En la costa la temperatura media más alta, varía desde 20.9ºC en la isla Don Martín, en el mes de febrero, hasta 23.9ºC en Humaya, durante el mismo mes de febrero, apreciándose el efecto termorregulador de las aguas del mar, en el sentido de que las temperaturas se presentan moderadas.

Asimismo, la temperatura media de las Lomas de Lachay y el sector adyacente a la intercuenca sur, es moderadamente inferior que las registradas en la cuenca propiamente dicha, lo que puede atribuirse a sus características orográficas y la influencia de las nieblas de origen marino.

En lo referente a temperaturas medias más bajas, estas se producen en invierno, siendo la menor registrada en Andahuasi en el mes de julio con 15.5ºC.

En la región de la sierra, los valores más altos de temperaturas medias corresponden al período de setiembre - noviembre y los más bajos a los meses de junio julio, variando según la localidad. Asimismo, se observa que las temperaturas en esta región presentan bastante regularidad en el transcurso del año.

El área comprometida entre el litoral y la cota de los 1000 msnm presenta una pequeña oscilación de más o menos 2ºC, en los niveles más altos existe un acentuado gradiente térmico como consecuencia del incremento de la altitud.

En el área comprometida entre los pisos de 1000 y 4000 m las isotermas1 están bastante juntas, lo que puede atribuirse a las características orográficas prevalecientes, es decir, a las pendientes más pronunciadas, causando un ascenso rápido de las masas de aire con el consiguiente gradiente térmico.

Con respecto a los valores extremos, la máxima se presenta en la zona de Humaya, es decir en el área comprometida entre la ex hacienda Alcantarilla, la irrigación Santa Rosa y Sayán.

17.2.2 Precipitación

La precipitación junto con la temperatura determina en forma preponderante el clima de un lugar. En el análisis de este elemento se han considerado los valores medios mensuales y anuales de la zona de estudio.

Con relación a la variación media de la precipitación se puede indicar que en la parte alta de la cuenca, la precipitación media, tiene un régimen bastante regular y está caracterizada por dos épocas diferentes, la primera lluviosa que generalmente se inicia en los meses de setiembre u octubre, con registros moderados y luego al alcanzar los valores máximos en el mes de marzo concluyen en abril, y la segunda de lluvias escasas que se inicia en el mes de mayo y termina en el mes de agosto o setiembre.

Con relación a la distribución de la precipitación media anual, se encuentra como única diferencia la baja densidad en el área comprometida entre los 1000 y 3000 msnm, aproximadamente entre las localidades de Andahuasi y Pampa Libre y Paccho.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP Nº 58990

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

17.2.3 Humedad del aire

El vapor del agua desempeña un rol importante en la evolución de los fenómenos atmosféricos y en las características fundamentales del clima. Una de las formas de expresar el contenido de vapor en el aire es por medio de la humedad relativa.

Con relación a la variación media anual de la humedad relativa, los valores más altos registrados corresponden a Camay con 87% en el mes de agosto y los más bajos a Picoy con 60% en el mes de julio.

La humedad relativa en la región costera presenta bastante regularidad en el transcurso del año, sin embargo, se nota un ligero aumento durante los meses de estación invernal, y por otro lado una disminución en el verano. En la sierra, la variación anual de este elemento es en sentido inverso, por tanto, los valores máximos ocurren en el verano, generalmente en marzo, época de máximas precipitaciones y a partir de este mes se produce un descenso gradual hasta julio o agosto en que se producen los valores mínimos.

17.2.4 Nubosidad

La nubosidad desempeña un papel importante en el balance de la radiación solar y en las características térmicas de un lugar.

La nubosidad de la cuenca presenta una distribución normal, correspondiéndoles los valores más altos en la época de las precipitaciones en la parte alta. Los valores más altos en la región costera corresponden a Camay y Alcantarilla en los meses de julio y setiembre y en Picoy en los meses de enero a marzo en la sierra.

Con respecto a la variación anual de la nubosidad, en la región costera de la cuenca, la nubosidad presenta el valor más bajo en abril y el valor más alto en los meses de junio y setiembre. En la región de la sierra, la menor nubosidad se registra durante los meses de junio y julio y la más alta en los meses de enero a marzo.

Manuel Vargas Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

17.2.5 Viento

El viento es la resultante de los cambios de presión y temperatura entre dos lugares y es un medio de transporte de las características físicas de las masas de aire.

Con respecto a la variación de la dirección y la velocidad del viento, en la isla Don Martín predominan los vientos del sur durante todo el día, alcanzando una velocidad de 4 m/s, se observa también calmas en las primeras horas de la mañana y vientos esporádicos especialmente con dirección sur-este con 3 m/s.

En la localidad de Alcantarilla, en el distrito de Huaura, predominan los vientos con dirección sur-este y sur en las mañanas con una velocidad media de 1,6 m/s. Al medio día, predominan los vientos del sur-oeste y sur-este, con velocidades de 3.8 m/s y en las últimas horas de la tarde prevalecen los vientos del sur y sur-este con una velocidad media de 3.8 m/s.

En las Lomas de Lachay, predominan las calmas, en las primeras horas de la mañana, luego vientos del sur-este con una velocidad media de 4 m/s, y al medio día y en algunas horas de la tarde ocurren vientos del sur con una velocidad media de 3 m/s.

ING. CARLOS ALBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISION
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

En Santa Rosa, predominan en las primeras horas de la mañana vientos del sur-este y sur con una velocidad de 1,5 m/s. Al medio día predominan vientos del oeste y noroeste con velocidades de 3,8 m/s y en las últimas horas de la tarde prevalecen vientos del sur-este con velocidad de 3,7 m/s y vientos esporádicos del noroeste con 2 m/s.

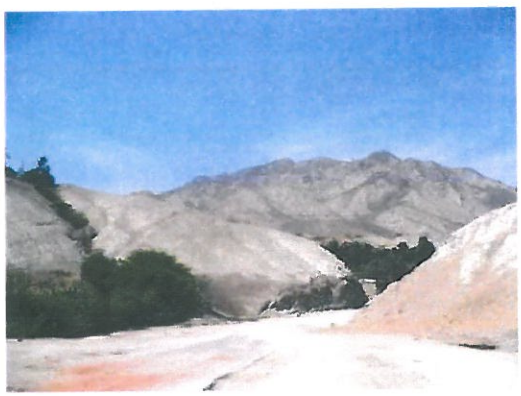
En Andahuasi predominan en las primeras horas de las mañanas, las calmas y vientos esporádicos del oeste con 2,6 m/s. Al medio día predominan vientos del oeste con velocidad media de 7 m/s y en las últimas horas de la tarde ocurren vientos del oeste con una velocidad de 3 m/s.

17.3 FISIOGRAFÍA DE LA CUENCA DEL RÍO HUAURA

La cuenca se extiende desde la Cordillera Occidental de los Andes a 5600 msnm hasta el nivel del mar. En la parte baja y ancha de la cuenca (valle costero) se observa un relieve poco accidentado, constituyendo el valle agrícola, sin embargo, hacia la región sierra, el valle se angosta y el relieve se hace cada vez más accidentado con quebradas profundas y fuertes pendientes, característico de la región andina.

La variación orográfica determina una diferencia climática entre la parte baja costanera y la parte alta de la cuenca. Su mayor largo de este a oeste es de 156 km y su mayor ancho de norte a sur es de 72 km, presentando una pendiente de 3%, dicha pendiente se hace más pronunciada en la cuenca alta y en las quebradas que alimentan el curso principal.

Figura 213: Parte media alta de la figura 2. Parte media de la cuenca del Río Huaura cuenca del Río Huaura



17.4 TENDENCIAS DE PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURAS EXTREMAS, ENFOCADA A LA CUENCA DEL RÍO HUAURA

Durante el Fenómeno El Niño del 87, 98 y del 2017, el cauce del río creció y dejó infértiles terrenos de cultivo, accesos, viviendas e infraestructura en general. Es importante por tanto el entendimiento de dicho fenómeno y su frecuencia, para poder evaluar la recurrencia de movimientos en masa, erosión fluvial e inundaciones en la cuenca Huaura; para determinar las zonas de riesgo: muy alto, alto, medio y bajo

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrología
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Todas las variaciones del clima que el Perú exhibe de un año a otro, conocido como variabilidad interanual, están determinadas en gran medida por la presencia de El Niño/Oscilación Sur (ENOS) y los eventos extremos asociados a éste, los que causan grandes pérdidas económicas por sus impactos

En el Perú, la precipitación total anual muestra incrementos (tendencias positivas) en el período de 1965 al 2006, marcados sobre la costa norte, con valores entre 30 y 40% sobre sus promedios, mientras que la selva norte presenta disminuciones (tendencias negativas) desde la década de 1960 hasta fines del siglo pasado, con valores entre 20 y 30% sobre sus promedios con significancia estadística. El análisis temporal de los últimos 40 años indica que mecanismos de circulación de gran escala modulan la precipitación en períodos, principalmente decadales o mayores para estas regiones. En el caso de la variabilidad interanual, los eventos ENOS son los responsables de esta tendencia, pero su incidencia es mínima, restricta a los eventos más intensos. Por otro lado, la sierra central y sur muestran una variabilidad interanual muy similar, pero con tendencias opuestas, donde los eventos ENOS parecen ser la principal fuente dinámica que modula, con mayor intensidad, estas regiones

Las tendencias lineales de la temperatura máxima media anual y estacional muestran un predominio de valores positivos (aumento) sobre todo el territorio con valores de +0,2°C/década en promedio y, en general, estos son estadísticamente significativos en las zonas altas del sur del Perú. Los eventos ENOS más intensos modulan su comportamiento interanual, generando anomalías positivas de diferente intensidad a lo largo del Perú.

Asimismo, las tendencias anuales y estacionales de las temperaturas mínimas promedio son en su mayoría positivas con valores de 0,1-0,2 °C/década, con excepción de varias estaciones ubicadas al norte del lago Titicaca. Igualmente, las variaciones temporales muestran que el incremento o disminución de esta variable son graduales a lo largo del período del presente análisisysobresaleconbastanteclaridadqueestastemperaturassonmoduladasporoscilaciones mayores que la interanual en mayor intensidad que las observadas en las temperaturas máximas. La distribución temporal de la temperatura mínima muestra su dependencia de las fases del fenómeno ENOS, que altera la variabilidad interanual, dependiendo de su intensidad. Las tendencias de las temperaturas mínimas medias se incrementaron, en promedio, ligeramente en menor proporción que las temperaturas máximas.

Estas tendencias observadas se encuentran dentro del rango estimado por el IPCC4 para todo la Tierra, entre los años de 1981 a 2005 (0,18 °C/década).

También se analiza que estas tendencias de las temperaturas presentan valores regionales muy particulares que, posiblemente, además de la influencia antropogénica, existan otros aspectos tales como las islas de calor, crecimiento de las ciudades, alteraciones de las propiedades del suelo, deforestación, etc., las que originan comportamientos diferenciados en las tendencias observadas en las estaciones meteorológicas de una misma región.

17.5 LOS EVENTOS EXTREMOS ¿SE ESTÁN INCREMENTANDO?

Entre las características de los índices de extremos de precipitación, se destaca que la tendencia del índice de intensidad promedio (SDII) de la precipitación en la sierra central es la más homogénea respecto al de la sierra norte y sur. También se observa que este índice de precipitación es influenciado por las características geográficas locales predominantes. Igualmente, el índice de precipitación máxima (Rx1day) registrada en un día, muestra que, en la sierra norte y central, con tendencias positivas y negativas respectivamente, siguen los patrones observados en las tendencias de los totales de precipitación.

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Por otro lado, el índice que indica la cantidad de precipitación acumulada en cinco días (RX5Day), muestra que la región de la sierra central es la que a través de los años está tornándose en la menos propicia para la ocurrencia de inundaciones y huaicos por la progresiva disminución de lluvias extremas. Al contrario, la sierra norte y sur, particularmente, zonas altas de Arequipa y región centro oeste de Puno, son las que potencialmente podrían tornarse regiones riesgosas para este tipo de eventos hidroclimáticas, principalmente la sierra norte, porque presenta incrementos significativos de días extremadamente lluviosos.

Es de observarse que la tendencia del índice de los períodos secos (CDD) no posee una dirección con características regionales coherentes, sino presenta patrones muy locales o restringidos a pequeñas regiones, donde algunos lugares dispersos muestran valores positivos significativos, como la sierra central occidental entre 2 a 3 días/año.

Es de observarse que la tendencia del índice de los períodos secos (CDD) no posee una dirección con características regionales coherentes, sino presenta patrones muy locales o restringidos a pequeñas regiones, donde algunos lugares dispersos muestran valores positivos significativos, como la sierra central occidental entre 2 a 3 días/año.

Asimismo, la tendencia del índice de los períodos lluviosos (CWD) presenta un predominio de valores positivos sobre nuestro territorio, además de mostrar regiones con tendencias coherentes, como es el caso de incrementos de lluvias abundantes en la sierra norte. Esto indicaría que existe un incremento, aunque no estadísticamente significante de días lluviosos, con días con precipitación acumulada diaria cada vez mayor, pero que la intensidad media es bastante dispersa sobre todo el Perú, desde que en algunos lugares disminuyó y en otros se incrementó, posiblemente debido a efectos orográficos propios de la región.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Los índices de los extremos climáticos de las temperaturas muestran una disminución de días fríos y aumento de días cálidos, entre 0,2-0,6 día/año en la mayoría de las estaciones utilizadas en el presente trabajo, con excepción de la selva norte, donde esta tendencia es opuesta. La característica más sobresaliente de la tendencia del índice de número de días con heladas meteorológicas (FD) y noches frías (TN10p), es la presencia de valores negativos (disminución de días con heladas) en las partes altas de Arequipa, con valores entre 0,4-0,8 días/año, mientras en la zona norte adyacente al Lago Titicaca, la tendencia es positiva (incrementos del número de días con heladas). Este patrón indica que las regiones más altas están cada vez más cálidas, lo cual representa un problema para las regiones altoandinas, pues aceleraría los deshielos de los nevados permanentes. Este fenómeno causaría en primer momento un incremento de caudales y luego una disminución drástica que afectaría la agricultura y el agua para consumo humano en muchas regiones del Perú, donde la principal fuente de agua son los nevados permanentes.

Por otro lado, el patrón del índice de noches cálidas (TN90p) muestra un incremento con valores significativos en la sierra sur, entre 0,2 a 0,6 días/año, pero sin características de bipolaridad observada entre las zonas adyacentes del Titicaca y las zonas altas de Arequipa. Aparentemente, los valores de temperaturas mínimas son afectados por el efecto térmico del lago Titicaca. Al respecto, es necesario profundizar con estudios regionales, donde incluso se tome en cuenta la variabilidad interanual y de largo plazo de la temperatura del Lago.

ING. CARLOS HUMBERTO HINOSTROZA CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISIÓN HUAURA
CIP N° 59959

Respecto a las sequías que a nivel nacional se han presentado durante el período de estudio entre 1965-2006, no presentan tendencia, pero se determinó que las sequías más intensas se presentaron en la fase positiva del ENOS (1982-83, 1991-92). La región de la selva es la zona que presenta mayor frecuencia de sequías moderadas y severas, así como la sierra sur.

17.6 LOS MODELOS GLOBALES

En el Perú se han analizado seis modelos de circulación general (MCG) con dos escenarios de emisión de gases de efecto invernadero, definidos en el Informe Especial sobre Escenarios de Emisiones (IEEE) del IPCC (2007); estos son los escenarios de emisión A2, escenario de alto nivel de incremento de CO2 y el B2, escenario de bajo nivel de incremento de CO2. El cambio en emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI) proveniente de fuentes energéticas y/o industriales para el año 2030, muestran un aumento consistente del 25 – 90% con respecto al año 2000, mientras para el año 2100 desde un 90% hasta 250% (IPCC,2007).

Cuadro 17-1: Los MCG utilizados por el IPCC y analizados en el Perú

CENTRO	PAÍS	ACRÓNIMOS	MODELO
Max Planck Institute für Meteorology	Alemania	MPIfM	ECHAM5/OPYC3
Hadley Centre for Climate Prediction and Research	Inglaterra	HCCPR	HADCM3
Australia's Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization	Australia	CSIRO	CSIRO-Mk2
National Centre for Atmospheric Research	EEUU	NCAR	NCAR-PCM
Canadian Center for Climate Modeling and Analysis	Canadá	CCCma	CGCM2
Center for Climate System Research (CCSR) -National Institute for Environmental Studies (NIES)	Japón/EEUU	CCSR/ NIES	CCSR/NIES AGCM+ CCSR OGCM
Geophysical Fluid Dynamics Laboratory	EEUU	GFDL	R30

Fuente: Información en SENAMHI, 2005.

Todos los modelos analizados presentan un bias seco en la región andina y Amazonía del Perú, siendo particularmente más seco en la región de los Andes (90%).

A nivel de la región sudamericana, de los seis modelos, el NCAR-PCM y el GFDL muestran bias más negativos (secos) en gran parte de la región, no obstante, presentan un bias húmedo o más lluviosos en la costa occidental (70%). En tanto, el HadCM3, registra un bias seco de menor rango en la Amazonía peruana y sierra sur (15-30%). Similares resultados fueron encontrados por Marengo et al. (2007), cuando evaluó los modelos globales sobre Sudamérica entre el período de 1961 a 1990, mostrando que los patrones CCSR/NIES, HadCM3 y CSIRO registraron mejor skill en la representación de las lluvias sobre el Perú, al presentar las menores diferencias de precipitación entre -1 a 1 mm/día.

En lo referente al nivel del Perú, las proyecciones de temperatura máxima en los cinco modelos globales, analizados en este estudio, indican en promedio anomalías positivas, es decir, calentamiento. Según estos modelos, se espera un aumento promedio de la temperatura máxima de hasta 1 ºC hacia el año 2030, y hasta 2 ºC al término del año 2050, en ambos escenarios. En cuanto a la temperatura mínima, el incremento promedio es similar a la temperatura máxima. La alta variabilidad mostrada por el modelo HADCM3, disminuye. El modelo CSIRO es el que presenta mayores fluctuaciones, con un sesgo al enfriamiento en

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

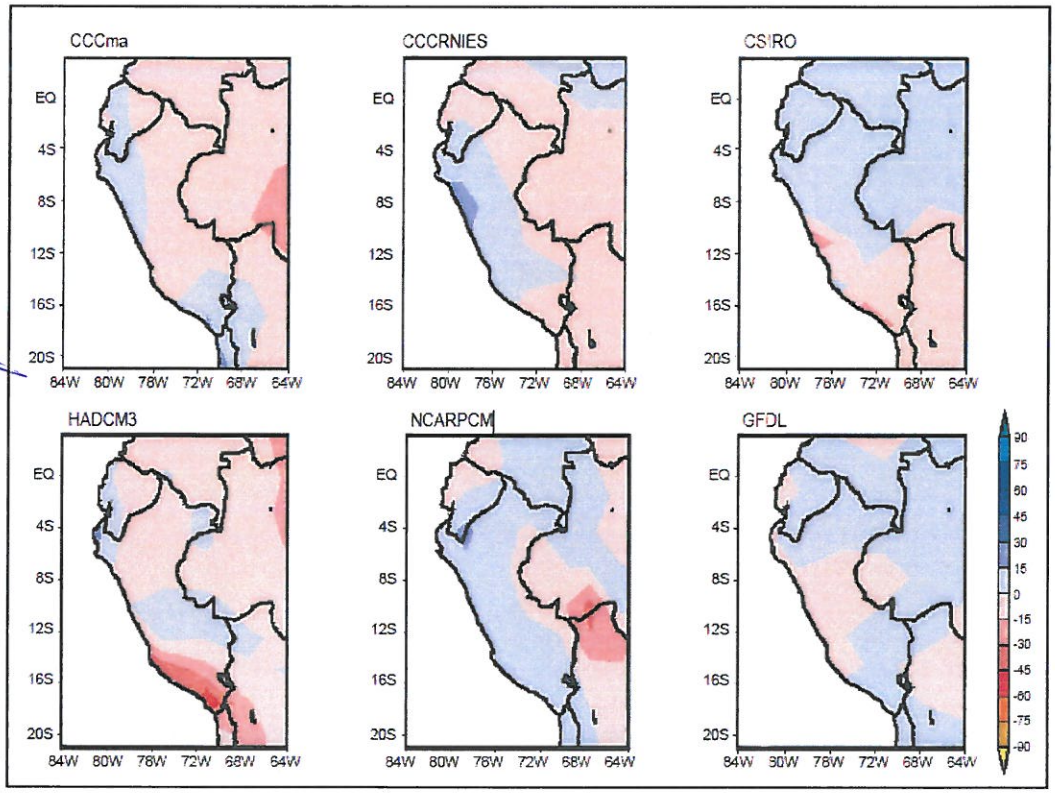
Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

ambos escenarios. Ninguno de los modelos simula las altas temperaturas detectadas durante años de El Niño, excepto el modelo HADCM3, que con cierta habilidad simula El Niño 1982/83, pero sólo en el escenario B2.

Respecto a la precipitación a nivel de Perú, todos los modelos muestran distribución diferente en el país. Solo en la costa norte, todos los modelos están de acuerdo con incrementos hasta del 15% sobre esta zona, situación asociada al aumento de la temperatura superficial de agua de mar (TSM). Similares resultados encontraron Marengo, 2007, con mayor intensidad sobre el período 2041 al 2100. Los modelos en la sierra y selva discrepan, mostrando muchas diferencias entre sí. Solo dos modelos de los seis muestran incrementos hasta del 15%, predominando las deficiencias que llegan hasta un 45% sobre la vertiente occidental de la sierra sur (modelo HADCM3). En la selva se muestran tres modelos de los seis que presentan incrementos hasta del 15%.

Figura 214: Variación porcentual (%) de las precipitaciones anuales simulada por los modelos CCCma, CCSR/NIES, CSIRO, HADCM3 y NCAR-PCM, para la década del 2030 en relación a la climatología 1961-1990



Fuente: Información en SENAMHI.

17.6.1 En las temperaturas extremas

La proyección anual al 2030 de la temperatura máxima es de 1.6 °C respecto a su climatología actual en casi todo el territorio:

Estacionalmente, la temperatura máxima sobre la región de la costa al 2020 y 2030 mostraría variaciones positivas más intensas en el período de invierno (JJA) y primavera (SON), con valores de +1.2 a +2.0 °C y de +1.2 a +1.6 °C, respectivamente, principalmente

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISIÓN HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrología
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

en el extremo norte costero. Las variaciones más importantes en la región sierra se presentarían en las estaciones de otoño (MAM) e invierno (JJA) con valores de hasta +1,6 °C, principalmente en la sierra suroriental en otoño y en la sierra nororiental y sierra central oriental durante el invierno. En la zona del Altiplano, las variaciones no serían muy significativas, excepto en otoño con valores de hasta +1.2 °C. En la región de la selva, las variaciones más intensas se presentarían durante la estación de primavera (SON), principalmente sobre la selva norte, con valores de hasta 2.4 °C. En las otras estaciones, las variaciones presentarían valores de hasta +1.6 °C. En la selva sur, los períodos de mayores variaciones se registrarían en invierno y primavera, con valores de hasta +1.6 °C. En la selva central, las variaciones no son muy marcadas, excepto la selva central baja durante la estación de verano (DEF) con valores de hasta +1,2 °C.

La temperatura mínima del aire cercana a la superficie al 2030, aumentaría en el país respecto al clima actual entre 0.4 y 1.4 °C, principalmente en el sector de la costa y selva norte (Piura, Chiclayo y al este de Iquitos), sector central (Cerro de Pasco, Huancayo, Huancavelica) y parte del sector surandino (Ayacucho, Abancay).

Se proyecta que al 2030, en la región de la selva, el área de temperatura mínima de 22-24 °C configuraría mayor amplitud espacial. En la costa, el área de 20-22 °C presentaría reducción respecto al 2020. En el Altiplano andino la temperatura aumentaría hasta en 2 °C al 2020.

A nivel estacional, los mayores cambios de la temperatura mínima al 2030 se proyectan en las estaciones de otoño e invierno, con aumentos sustanciales hasta de 2 °C respecto al clima actual, principalmente en Chiclayo, Chimbote y al noreste de Iquitos. En tanto, en la estación de primavera, estos cambios llegarían hasta en 1,2 °C (Piura, Chiclayo, al noroeste de San Martín y al este de Iquitos) y en verano hasta 1,6 °C (extremo norte costero, al noreste de Moyabamba, sierra central, Cusco y noreste de Abancay y al sur de Ayacucho).

También existiría una marcada tendencia al incremento de días cálidos a nivel nacional, siendo más intenso en la sierra sur del territorio. Con respecto a las noches cálidas, no existe un patrón sino un comportamiento regionalizado, donde en gran parte de la costa se tendería a la disminución, mientras que en la sierra se tiende al incremento, siendo consistente con la proyección de los cambios positivos en la temperatura mínima al 2030 y con la tendencia actual de aumento de noches cálidas, principalmente en la sierra sur.

Manuel J. Ríos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

17.6.2 En las lluvias

Para el 2020 y 2030 no se evidencian grandes cambios en la distribución espacial de las lluvias y están muy relacionadas a su climatología. Las precipitaciones anuales para el 2030 muestran deficiencias mayormente en la sierra entre -10 y -20% y en la selva norte y central (selva alta) de hasta -10%. Los incrementos más importantes se presentarían en la costa norte y selva sur entre +10% a +20%.

A nivel estacional se presentarían irregularidades en el comportamiento de las lluvias, siendo significativo las deficiencias en gran parte del país en la estación de verano, mientras en otoño las lluvias se presentarían por encima de sus valores normales. En invierno y primavera se alterna incrementos y deficiencias en la distribución espacial entre -30 y + 20% sobre sus promedios.

Ms. CARLOS ROBERTO NUÑEZ GUTIERREZ
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISOR HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

En el caso de las precipitaciones máximas para el 2030, la tendencia es a la disminución en gran parte del país y solo en forma localizada se incrementarían respecto a los valores actuales.

17.6.3 Cambios climáticos en la cuenca del Río Huaura

Para el año 2030 la Cuenca de Huaura presenta cambios importantes en lo que refiere al clima es así que vemos que en la zona costa una variación importante de la temperatura máxima, que llega hasta los 0.8 C° en la sierra de la cuenca. Para la temperatura mínima tenemos una variación de anual que llega hasta los 1.2 C° en la zona de la sierra. De esta forma se puede entender que las variaciones más significativas se presentaran en la sierra de la cuenca.

En cuanto a las precipitaciones el estudio muestra una variación negativa porcentual de las lluvias llegando hasta a un 40%. Este resultado comparado con resultados a nivel nacional, vemos que se es uno de los cambios más bajos a nivel de país, en especial la zona costa de la cuenca.

17.7 CONCLUSIONES

- Las precipitaciones presentaran disminuciones no muy significativas en para la sierra de la cuenca, hasta un -20%, pero si altas en la costa en promedio para la década del 2030, entre -40% en relación a su clima actual, es uno de los cambios más bajos que presenta el país.
- En la costa se presentará una disminución de 30 al 40 % en las precipitaciones, en la sierra centro el cambio negativo será de un 20 a 30%, en la parte alta de la cuenca se presentará una disminución menor en lo que respecta lluvias de un 20 a 10%.
- Las lluvias extremas estimadas mostrarían un probable decrecimiento en los próximos 10 años una de las más bajas del país, en la costa de la cuenca del Río Huaura.
- La Variación de la temperatura, se registraría un incremento de hasta 0.4 y 0.8 °C en promedio para la costa y sierra de la cuenca respectivamente, y de hasta 0.4 y 1.2°C para la temperatura mínima para las mismas zonas respectivamente.
- Los mayores incrementos se presentarían en la zona la cuenca en estudio
- Al considerar las limitaciones de la información histórica disponible, y conociendo además que existen incertidumbres inherentes a los procesos de evaluar nuestro clima actual y proyectar el clima futuro a niveles de escala regional, los resultados del presente estudio deben ser considerados solo como una aproximación, haciéndose énfasis en las tendencias identificadas más que en los valores absolutos, las cuales nos indican los posibles caminos que tomarían en las próximas décadas la precipitación y las temperaturas extremas y en base a estas tendencias evaluar las vulnerabilidades al cambio climático y tomar medidas de prevención ante la evidencia de la intensificación de los extremos climáticos, como están proyectados en el documento técnico.
- Las temperaturas máximas y mínimas se han incrementado hasta en 0.2 °C/ década en casi todo el territorio.
- Los períodos secos (CDD) están incrementándose en mayor intensidad que los períodos húmedos (CWD) a nivel nacional.
- La intensidad de las precipitaciones está disminuyendo en la sierra central.
- La frecuencia de lluvias moderadas e intensas ha disminuido en la sierra central.

SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO MUÑOZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58059

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Mariel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

- En general, el número de días fríos tiene una marcada tendencia a disminuir, mientras que los días cálidos están incrementándose en los últimos 40 años. Con respecto a las noches frías, estas están disminuyendo a la par del incremento de noches cálidas.

A continuación, se presentan los mapas de los cambios climáticos proyectados en la cuenca del río Huaura.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

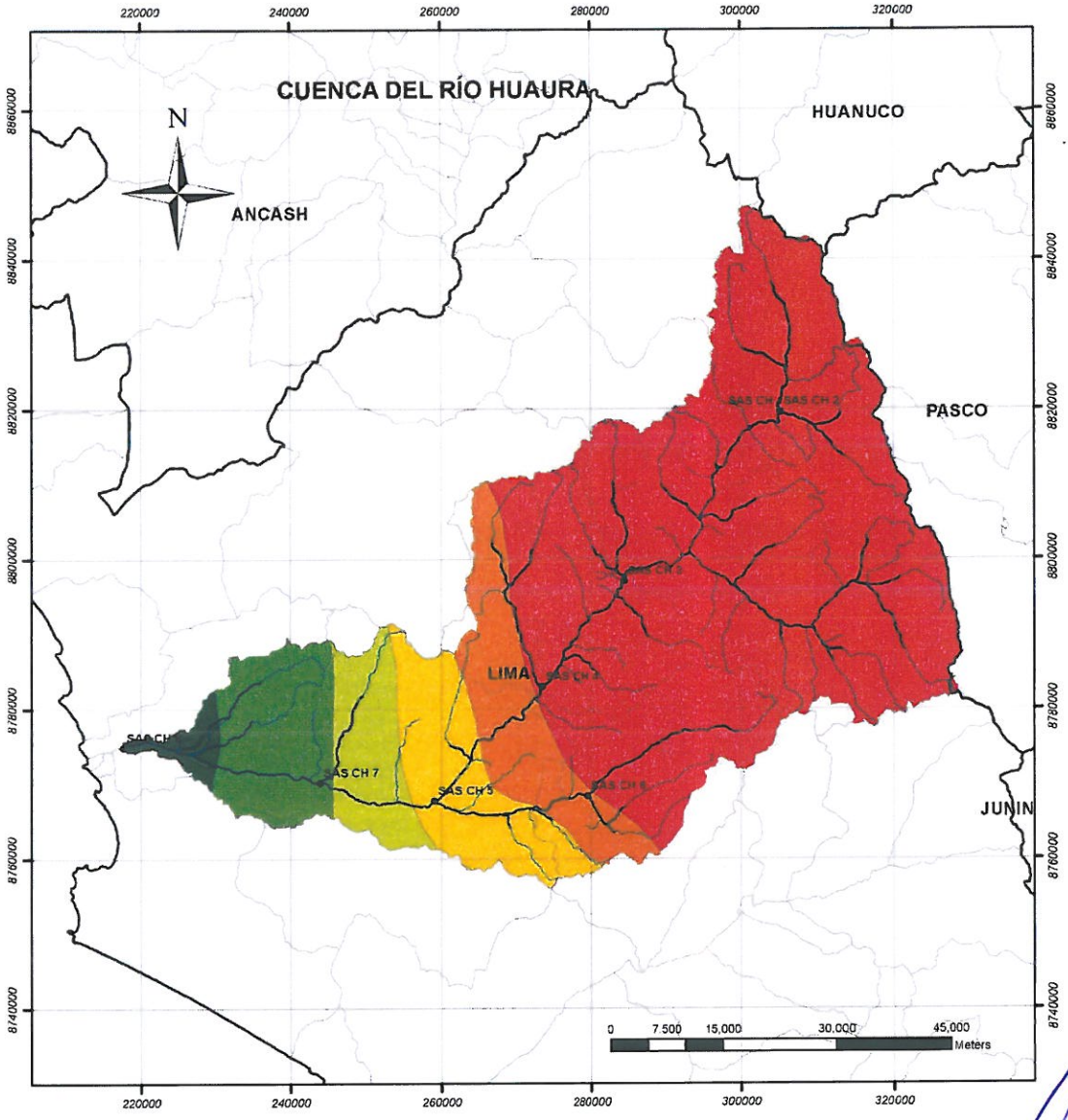
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Ing. Luis Enrique Bendezú Velardr
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL



LEYENDA

Precipitación Total Multianual - 2030 (mm)

RANGO

- 0 - 5
- 5 - 10
- 10 - 50
- 50 - 100
- 100 - 200
- 200 - 500

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

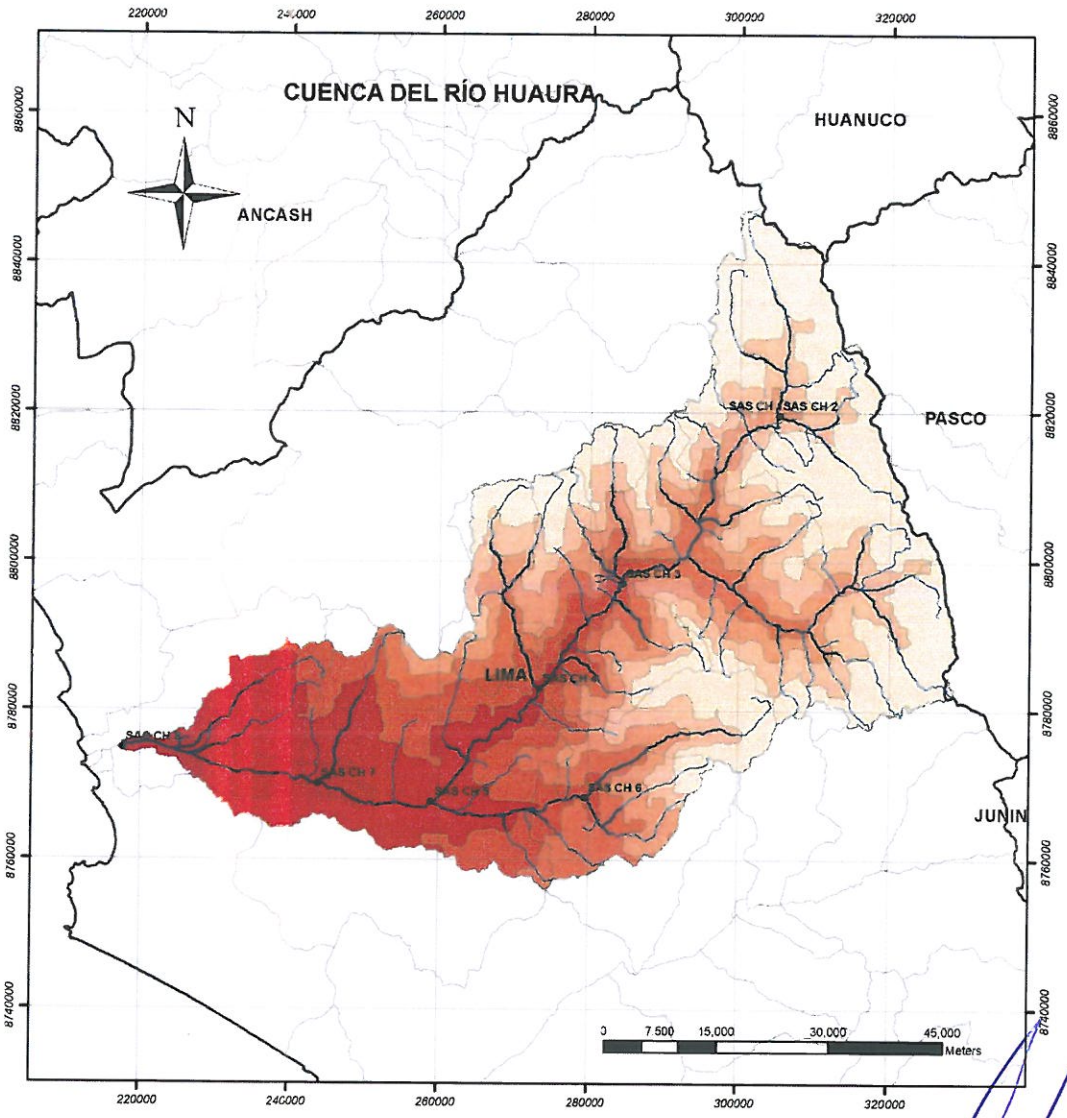
ING. CARLOS HUMBERTO VÁSQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58989

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Arturo Perez Bocerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL



LEYENDA

Temperatura Máxima Promedio Multianual - 2030 (C°)

RANGO

- 12 - 14
- 14 - 16
- 16 - 18
- 18 - 20
- 20 - 22
- 22 - 24
- 24 - 26

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

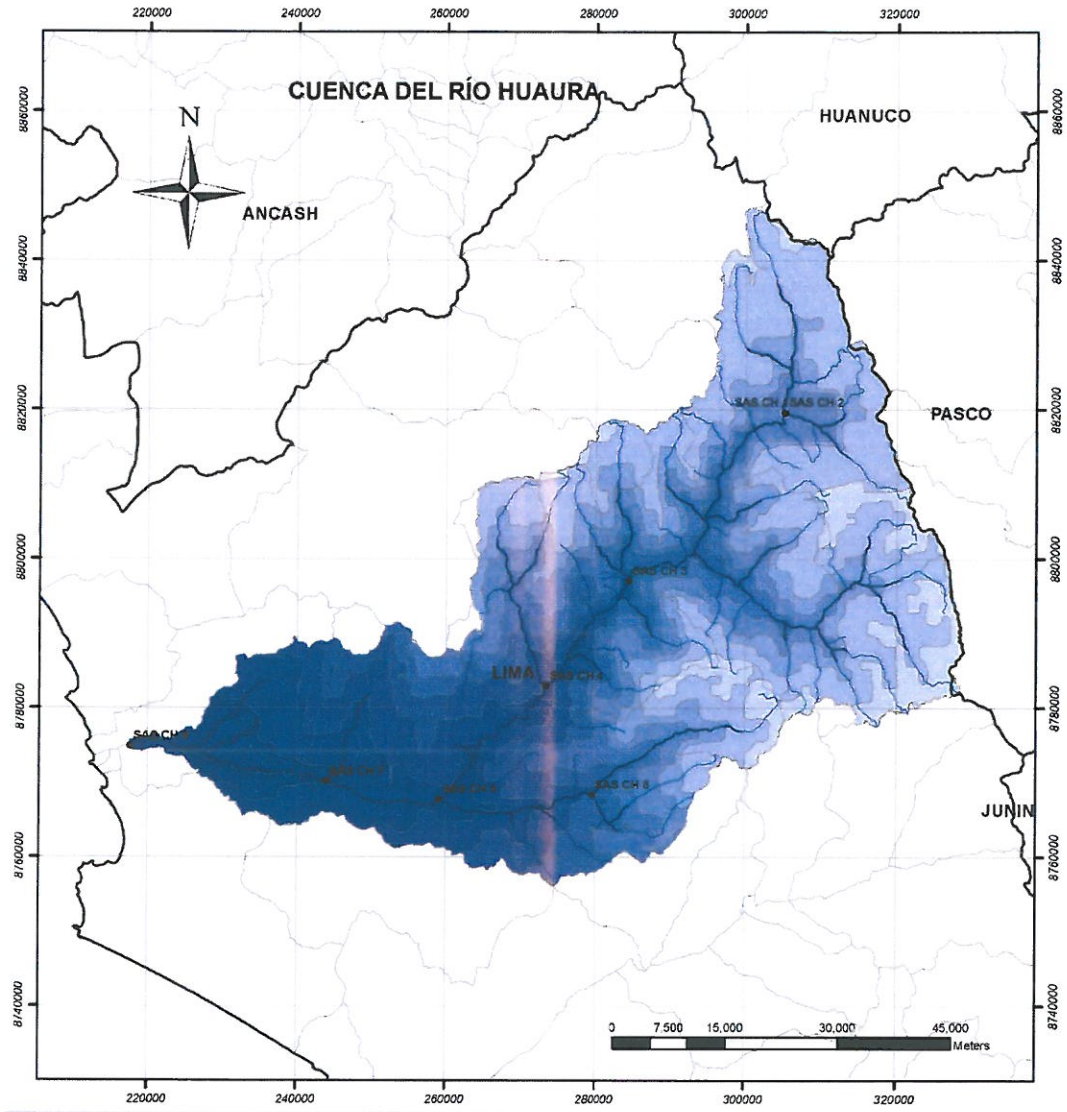
ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL



LEYENDA

Temperatura Mínima Promedio Multianual - 2030 (C°)

RANGO

- -2 - 0
- 0 - 2
- 2 - 4
- 4 - 6
- 6 - 8
- 8 - 10
- 10 - 12
- 12 - 14
- 14 - 16
- 16 - 18

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

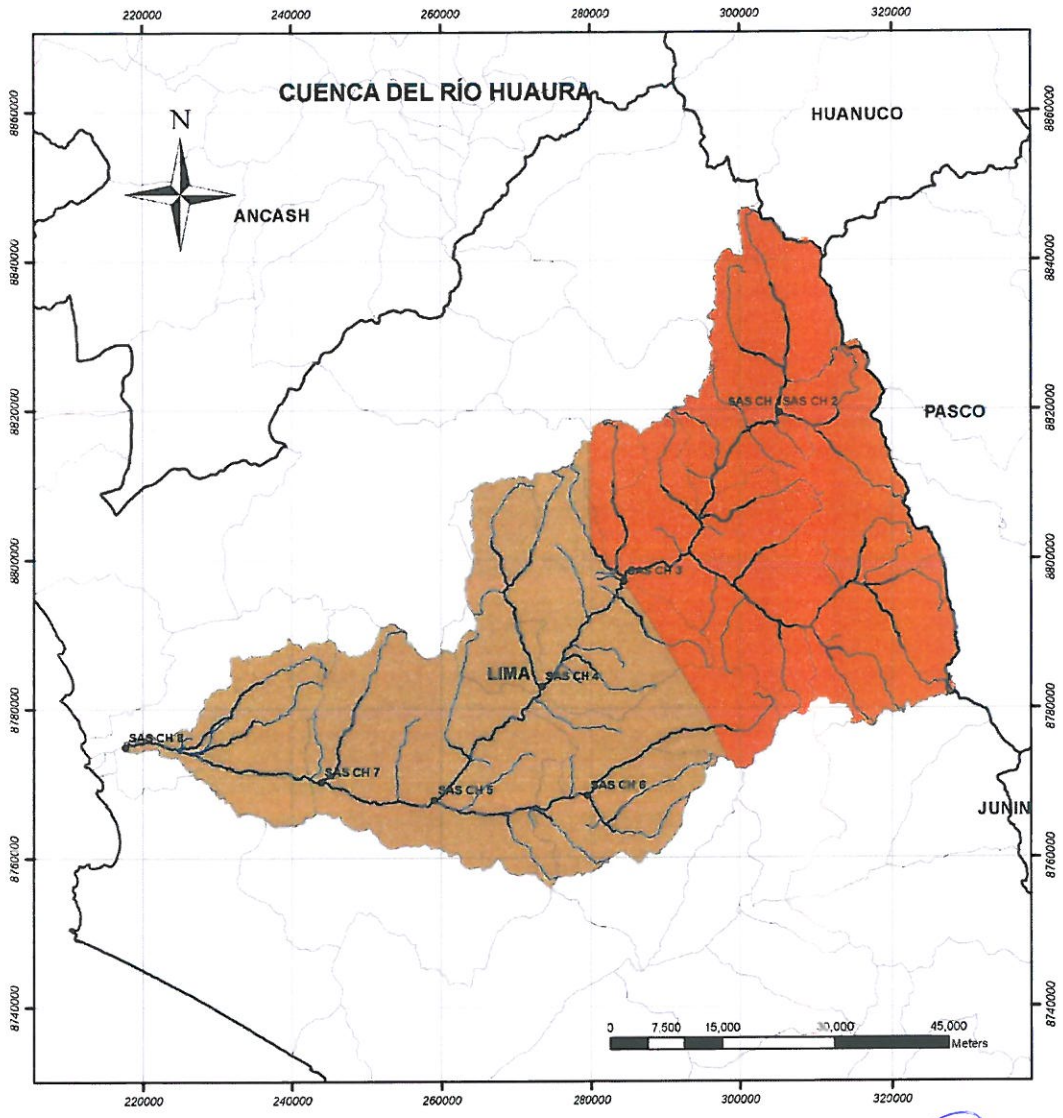
ING. CARLOS HUMBERTO VAQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL



LEYENDA

Variación de la Temperatura Máxima Anual para el año 2030 (C°)

RANGO

0-04

04-08

Mg. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

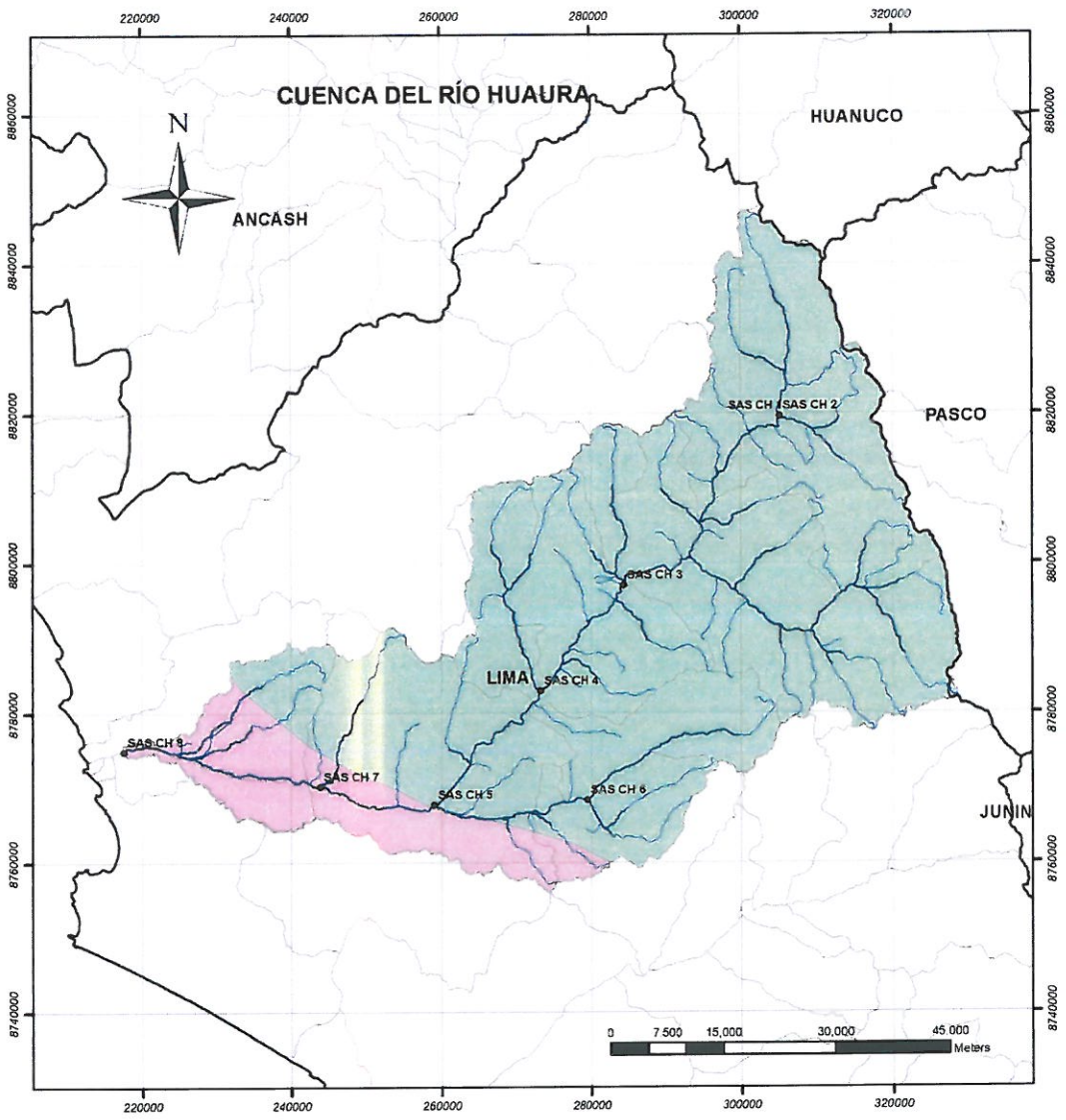
Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrología
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL



LEYENDA

Variación de Temperatura Mínima Anual para el año 2030 (C°)

RANGO

04 - 08

08 - 12

Ing. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 56999

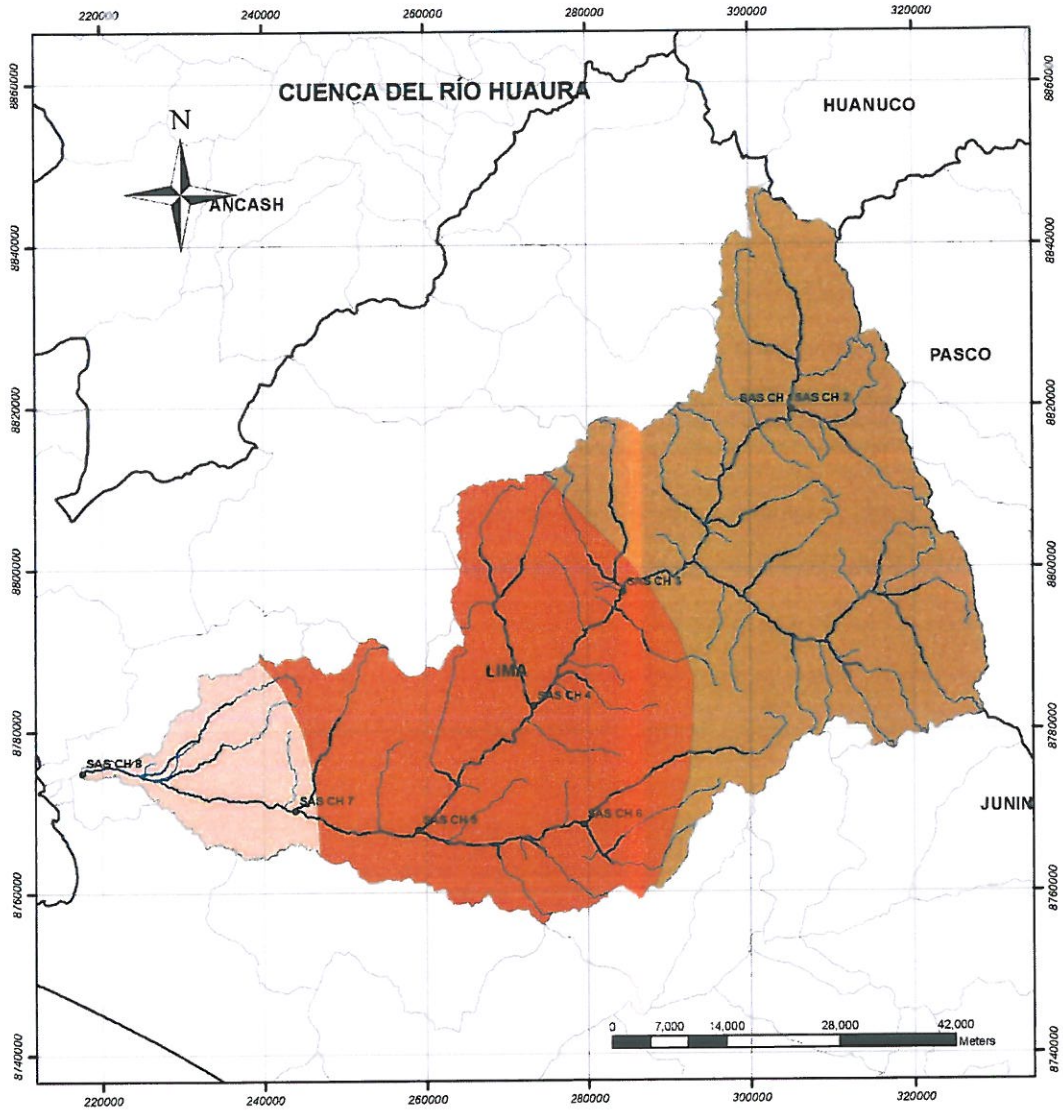
Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL



LEYENDA

Variación Porcentual de la Precipitación para el año 2030 (%)

RANGO

-20 - -10

-30 - -20

-40 - -30

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

18 ESTIMACIÓN DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

18.1 GENERALIDADES

En el Anexo 10 "Campaña de Aforos y Sedimentos", se muestra el detalle del procedimiento desarrollado para estimar el transporte de sedimentos total anual de la cuenca del río Huaura en las secciones de medición que se muestran en el Cuadro 18.1 y su ubicación en la Figura 215.

Cuadro N° 18-1: Coordenadas UTM-WGS84-Zona 18 de las secciones del río analizadas.

PUNTOS DE AFORO Y MUESTREO	ESTE	NORTE	Lugar
SAS-CH-1	305188,46	8819605,67	Río Pampahuay
SAS-CH-2	305161,24	8819635,32	Río Quicha
SAS-CH-3	284366,98	8797061,05	Río Huaura
SAS-CH-4	273237,34	8782977,89	Río Huaura
SAS-CH-5	259023,40	8767717,92	Río Huaura
SAS-CH-6	279459,58	8768350,40	Río Auquimarca o Chico
SAS-CH-7	243867,97	8770161,61	Río Huaura
SAS-CH-8	217600,92	8774888,41	Río Huaura

Fuente: Anexo 10 – "Campaña de Aforos y Sedimentos"

MATTOS R., La determinación de los volúmenes de transporte de sedimentos en canales abiertos es un problema central para el ingeniero Hidráulico. Sus resultados son útiles para el dimensionamiento de obras hidráulicas como obras de toma, canales, para la regulación de ríos y torrentes, etc. Así mismo será información necesaria para establecer la necesidad de incorporar obras complementarias y/o determinar la vida útil de una obra hidráulica.

ROSSELL C., La realización de proyectos de almacenamiento. Al igual que el diseño y operación de sistemas hidráulicos hacen necesario disponer de métodos para estimar el gasto sólido transportado en un cauce.

Se denomina capacidad de transporte de un río a la máxima cantidad de material sólido, que es capaz de transportar el río, dependerá esta capacidad de magnitud de las máximas descargas de la naturaleza de su cuenca y del lecho.

Generalmente las partículas son transportadas en dos formas la primera corresponde al movimiento de las partículas de mayor tamaño, las cuales ruedan sobre el fondo y la segunda corresponde a las partículas finas en suspensión.

ROCHA F., La determinación del gasto sólido está relacionado con las características hidráulicas del río. Como consecuencia de estas características (pendiente, velocidad, tirantes, rugosidad, etc.), este se transportará como de fondo o de suspensión.

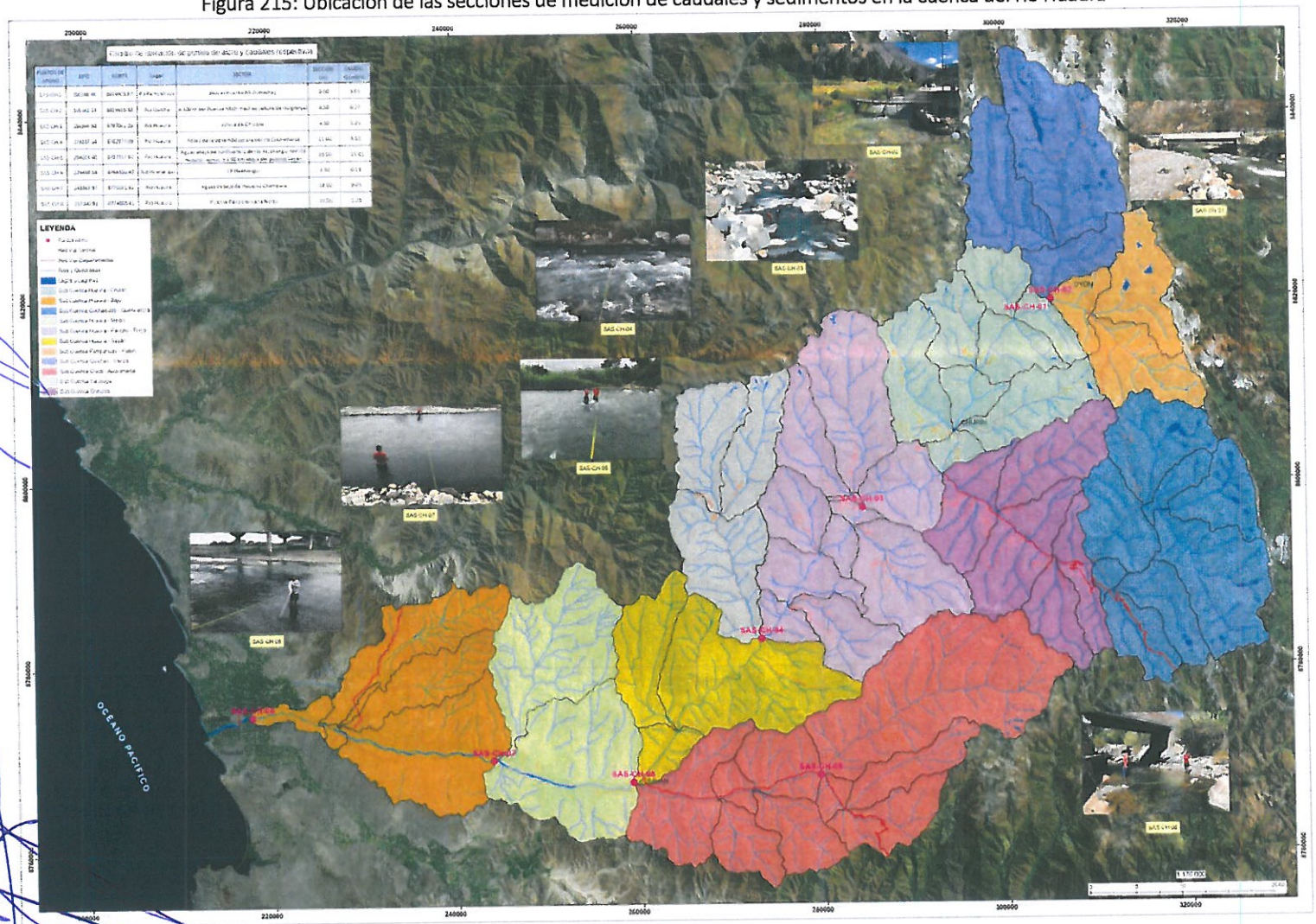
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 215: Ubicación de las secciones de medición de caudales y sedimentos en la cuenca del río Huaura



PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velardr
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

ING. CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58599

Ing. Mardel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISION HUAURA

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

1363

18.2 TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN SUSPENSIÓN

En base a los resultados de las muestras analizadas en laboratorio de los sólidos suspendidos y a los aforos de caudales del río Huaura en los sitios de interés; se ha estructurado en el Cuadro 18.2 que contiene los resultados de la Primera y Segunda Campaña de medición.

Cuadro N° 18-2: Resumen de aforos y sólidos en suspensión de la primera y segunda campaña

MES	PUNTOS DE MUESTREO	RÍO	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN mg/L			SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN x1.5 (mg/L)	Q AF. (m3/s)	VEL. (m/s)	ANCHO CAUCE (m)	S (m/m)	Y (m)	n
JUN.	SAS-CH-1	Río Pampahuay	19,60			29,40	3,65	1,348	9,50	0,079100	0,335	0,094
	SAS-CH-2	Río Quicha	6,80			10,20	5,46	1,772	8,60	0,071400	0,422	0,078
	SAS-CH-3	Río Huaura	0,80			1,20	1,90	0,702	7,30	0,053950	0,436	0,171
	SAS-CH-4	Río Huaura	12,80			19,20	3,00	0,928	13,10	0,040870	0,290	0,092
	SAS-CH-5	Río Huaura	10,00	11,20	10,00	16,80	8,94	1,146	27,00	0,013190	0,340	0,048
	SAS-CH-6	Río Huanangui	2,00			3,00	0,47	0,925	6,00	0,045000	0,100	0,048
	SAS-CH-7	Río Huaura	12,80	8,80	8,40	19,20	7,34	1,071	19,50	0,011803	0,414	0,054
	SAS-CH-8	Río Huaura	2,40	2,80	1,00	4,20	2,40	0,767	21,50	0,010030	0,171	0,040
NOV.	SAS-CH-1	Río Pampahuay	31,20	34,40		51,60	3,65	1,575	9,00	0,079100	0,303	0,076
	SAS-CH-2	Río Quicha	44,00	48,80		73,20	6,37	1,750	8,50	0,071400	0,504	0,087
	SAS-CH-3	Río Huaura	58,40	64,40		96,60	5,25	1,906	4,50	0,053950	0,720	0,076
	SAS-CH-4	Río Huaura	34,40	36,40		54,60	5,12	1,517	11,00	0,040870	0,361	0,064
	SAS-CH-5	Río Huaura	73,60	70,00		110,40	15,41	2,209	19,00	0,013190	0,432	0,029
	SAS-CH-6	Río Huanangui	4,60			6,90	0,13	0,543	3,50	0,045000	0,080	0,070
	SAS-CH-7	Río Huaura	17,60	20,80		31,20	9,03	1,610	18,00	0,011803	0,366	0,033
	SAS-CH-8	Río Huaura	14,40	15,20		22,80	5,28	1,311	15,00	0,010030	0,316	0,034

Fuente: Anexo 10 – "Campaña de Aforos y Sedimentos"

Con la información obtenida, se construyó una ecuación de regresión para describir la relación entre la variable dependiente que son los sólidos en suspensión y las variables dependientes: caudal aforado, velocidad de la corriente, ancho del cauce, pendiente, tirante y rugosidad. La ecuación de regresión es una representación algebraica de la línea de regresión. Los coeficientes de la ecuación de regresión lineal se muestran en el Cuadro 18.3.

En el Cuadro 18.4, se muestran los resultados de los sólidos en suspensión obtenidos con la ecuación de regresión anteriormente mencionada, correspondientes a las descargas medias mensuales en los puntos de muestreo.

De esta manera podemos observar que los valores más altos corresponden a la sección del río SAS-CH-5 con un valor de 3 642 284,4 TN/Año, seguido por la sección SAS-CH-5 con un valor de 2 601 120,2 TN/Año.

En el Cuadro 18.5, se presenta el transporte de sedimentos en suspensión estimadas en las secciones del río evaluadas.

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Manuel J. Egos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Cuadro N° 18-3: Variables hidráulicas correspondientes a las descargas medias mensuales en los puntos de muestreo del río Huaura y coeficientes de la ecuación de regresión

VARIABLES HIDRÁULICAS	PUNTOS DE MUESTREO	AÑO PROMEDIO HISTÓRICO												
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	MEDIA ANUAL
CAUDAL (m^3/s)	SAS-CH-1	14,154	20,244	26,046	16,614	7,890	5,131	4,389	4,047	4,168	5,194	6,116	8,862	10,238
	SAS-CH-2	9,588	13,714	17,644	11,255	5,345	3,476	2,974	2,741	2,824	3,519	4,143	6,003	6,935
	SAS-CH-3	30,513	43,643	56,150	35,817	17,008	11,061	9,463	8,724	8,986	11,197	13,184	19,104	22,071
	SAS-CH-4	40,036	57,263	73,673	46,995	22,316	14,513	12,416	11,447	11,790	14,692	17,299	25,066	28,959
	SAS-CH-5	45,516	64,137	74,564	47,220	23,117	16,531	14,285	13,126	14,214	15,751	19,296	26,773	31,211
	SAS-CH-6	4,270	6,048	7,636	4,339	1,915	1,150	0,855	0,772	0,754	0,986	1,218	2,051	2,666
	SAS-CH-7	40,327	57,679	74,209	47,337	22,479	14,619	12,506	11,530	11,876	14,798	17,424	25,248	29,169
	SAS-CH-8	38,953	55,714	71,680	45,724	21,713	14,121	12,080	11,137	11,471	14,294	16,831	24,388	28,175
VELOCIDAD (m/s)	SAS-CH-1	1,892	2,138	2,342	2,003	1,531	1,304	1,230	1,193	1,206	1,310	1,393	1,597	1,595
	SAS-CH-2	1,685	1,914	2,090	1,784	1,361	1,159	1,093	1,060	1,072	1,165	1,238	1,421	1,420
	SAS-CH-3	1,891	2,134	2,319	1,997	1,541	1,319	1,246	1,209	1,222	1,325	1,406	1,606	1,601
	SAS-CH-4	2,459	2,771	3,009	2,595	2,008	1,721	1,626	1,578	1,595	1,729	1,833	2,091	2,085
	SAS-CH-5	2,992	3,415	3,618	3,035	2,299	2,016	1,903	1,841	1,899	1,978	2,142	2,434	2,464
	SAS-CH-6	1,590	1,801	1,954	1,599	1,184	0,977	0,872	0,839	0,831	0,922	0,998	1,215	1,232
	SAS-CH-7	2,472	2,826	3,103	2,625	1,979	1,677	1,579	1,529	1,547	1,685	1,795	2,069	2,074
	SAS-CH-8	2,516	2,880	3,164	2,673	2,011	1,703	1,602	1,552	1,570	1,711	1,823	2,103	2,109
ANCHO CAUCE (m)	SAS-CH-1	9,500	9,500	9,500	9,500	9,500	9,500	9,500	9,500	9,500	9,500	9,500	9,500	9,500
	SAS-CH-2	8,600	8,600	8,600	8,600	8,600	8,600	8,600	8,600	8,600	8,600	8,600	8,600	8,600
	SAS-CH-3	11,500	11,500	11,500	11,500	11,500	11,500	11,500	11,500	11,500	11,500	11,500	11,500	11,500
	SAS-CH-4	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000	11,000
	SAS-CH-5	27,000	27,000	27,000	27,000	27,000	27,000	27,000	27,000	27,000	27,000	27,000	27,000	27,000
	SAS-CH-6	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
	SAS-CH-7	19,500	19,500	19,500	19,500	19,500	19,500	19,500	19,500	19,500	19,500	19,500	19,500	19,500
	SAS-CH-8	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500
PENDIENTE (m/m)	SAS-CH-1	0,06400	0,06400	0,06400	0,06400	0,06400	0,06400	0,06400	0,06400	0,06400	0,06400	0,06400	0,06400	0,06400
	SAS-CH-2	0,06300	0,06300	0,06300	0,06300	0,06300	0,06300	0,06300	0,06300	0,06300	0,06300	0,06300	0,06300	0,06300
	SAS-CH-3	0,04700	0,04700	0,04700	0,04700	0,04700	0,04700	0,04700	0,04700	0,04700	0,04700	0,04700	0,04700	0,04700
	SAS-CH-4	0,00933	0,00933	0,00933	0,00933	0,00933	0,00933	0,00933	0,00933	0,00933	0,00933	0,00933	0,00933	0,00933

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marco Arturo Perez Bocerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58990

Manuel J. Zeos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

VARIABLES HIDRÁULICAS	PUNTOS DE MUESTREO	AÑO PROMEDIO HISTÓRICO												
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	MEDIA ANUAL
	SAS-CH-5	0,01867	0,01867	0,01867	0,01867	0,01867	0,01867	0,01867	0,01867	0,01867	0,01867	0,01867	0,01867	0,01867
	SAS-CH-6	0,03380	0,03380	0,03380	0,03380	0,03380	0,03380	0,03380	0,03380	0,03380	0,03380	0,03380	0,03380	0,03380
	SAS-CH-7	0,01100	0,01100	0,01100	0,01100	0,01100	0,01100	0,01100	0,01100	0,01100	0,01100	0,01100	0,01100	0,01100
	SAS-CH-8	0,01200	0,01200	0,01200	0,01200	0,01200	0,01200	0,01200	0,01200	0,01200	0,01200	0,01200	0,01200	0,01200
TIRANTE (m)	SAS-CH-1	0,731	0,900	1,054	0,805	0,515	0,397	0,362	0,345	0,351	0,400	0,442	0,552	0,571
	SAS-CH-2	0,617	0,765	0,890	0,680	0,435	0,336	0,306	0,291	0,296	0,338	0,373	0,466	0,483
	SAS-CH-3	1,264	1,565	1,818	1,391	0,891	0,688	0,627	0,597	0,607	0,693	0,765	0,955	0,988
	SAS-CH-4	1,322	1,636	1,899	1,454	0,932	0,720	0,655	0,624	0,635	0,725	0,800	0,999	1,033
	SAS-CH-5	0,552	0,679	0,743	0,564	0,367	0,300	0,275	0,262	0,274	0,292	0,330	0,401	0,420
	SAS-CH-6	0,418	0,516	0,593	0,422	0,258	0,190	0,159	0,150	0,148	0,173	0,197	0,269	0,291
	SAS-CH-7	0,731	0,907	1,055	0,805	0,515	0,397	0,362	0,344	0,351	0,400	0,442	0,552	0,572
	SAS-CH-8	0,698	0,865	1,007	0,768	0,491	0,379	0,345	0,329	0,335	0,382	0,421	0,526	0,545
RUGOSIDAD	SAS-CH-1	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
	SAS-CH-2	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
	SAS-CH-3	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120
	SAS-CH-4	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042
	SAS-CH-5	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
	SAS-CH-6	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060
	SAS-CH-7	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033
	SAS-CH-8	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033
COEFICIENTES REGRESIÓN		X1 = 4,2408		X2 = 18,7061		X3 = -2,1784		X4 = -2,0699		X5 = 59,4386		X6 = -188,9123		7,2453

Fuente: Anexo 10 – "Campaña de Aforos y Sedimentos"

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Mario Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

1366

Cuadro N° 18-4: Generación de sólidos en suspensión (mg/l) correspondientes a las descargas medias mensuales en secciones del río Huaura. Fuente: Anexo 10

SECCIONES	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN EN mg/l												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	MEDIA ANUAL
SAS-CH-1	106,40	146,84	184,42	123,30	60,21	37,31	30,66	27,49	28,61	37,87	45,77	67,79	74,72
SAS-CH-2	78,37	108,93	136,29	91,00	43,45	25,86	20,71	18,24	19,12	26,29	32,39	49,23	54,16
SAS-CH-3	199,35	277,46	348,97	231,38	113,33	71,91	60,09	54,49	56,49	72,90	87,09	127,26	141,73
SAS-CH-4	269,67	367,22	456,90	309,61	162,91	111,84	97,34	90,49	92,93	113,07	130,52	180,13	198,55
SAS-CH-5	224,54	318,93	370,77	233,29	105,59	68,39	55,26	48,37	54,84	63,86	84,21	125,65	146,14
SAS-CH-6	55,49	72,75	86,94	56,20	28,40	17,23	12,17	10,63	10,29	14,49	18,31	30,20	34,43
SAS-CH-7	219,23	309,88	393,97	256,22	121,44	75,49	62,57	56,48	58,65	76,57	92,22	137,08	154,98
SAS-CH-8	207,86	295,71	377,15	243,72	113,03	68,41	55,87	49,95	52,06	69,47	84,66	128,21	145,51

Cuadro N° 18-5: Estimación del transporte sólidos de suspensión (Kg) en secciones del río Huaura. Fuente Anexo 10

SECCIONES	SOLIDOS EN SUSPENSIÓN MENSUAL (KG)												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	ANUAL
SAS-CH-1	38.320.169	68.317.600	122.223.168	50.441.799	12.087.704	4.713.438	3.423.880	2.830.481	2.936.795	5.004.357	6.892.442	15.286.005	332.477.837
SAS-CH-2	17.308.569	31.079.787	55.391.563	22.830.599	5.349.498	2.003.631	1.418.386	1.151.525	1.203.236	2.130.727	2.991.076	6.806.855	149.665.452
SAS-CH-3	187.357.205	336.886.102	603.550.258	247.025.519	59.373.188	23.708.337	17.514.801	14.643.553	15.130.508	25.140.818	34.224.304	74.881.320	1.639.435.912
SAS-CH-4	318.093.686	559.590.012	991.750.273	414.861.148	107.110.230	46.282.146	35.608.469	30.517.417	31.240.759	48.941.016	64.376.377	133.026.116	2.781.397.649
SAS-CH-5	739.070.560	1.336.102.159	1.999.266.679	770.948.537	176.530.149	79.115.477	57.090.023	45.909.894	54.550.326	72.745.789	113.712.220	243.276.651	5.688.318.465
SAS-CH-6	3.807.874	6.386.943	10.668.844	3.792.512	874.333	308.066	167.366	131.781	120.681	229.563	346.661	995.210	27.829.835
SAS-CH-7	461.747.327	843.171.572	1.526.958.922	613.020.374	142.573.416	55.780.559	40.871.139	34.014.724	35.206.180	59.182.817	81.213.345	180.760.456	4.074.500.832
SAS-CH-8	466.265.406	856.914.818	1.556.770.267	621.023.199	141.328.012	53.835.170	38.863.009	32.034.902	33.277.423	57.179.856	79.403.742	180.051.106	4.116.946.912
NRO. DÍAS/MES	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Manuel J. Ecos Vasquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

18.3 SOBRE EL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS DE FONDO

Las fórmulas para estimar la capacidad del transporte sólido de fondo del Río Huaura, se ha obtenido resultados variados los cuales podemos observar en los Cuadros 35 al 42.

Para tener una mejor idea y poder comparar los diferentes resultados de la capacidad de arrastre de fondo, se procede a construir las curvas de variación del transporte sólido de fondo y los caudales líquidos.

Tomando los resultados de las variables hidráulicas (ver Anexo 10), correspondientes al caudal promedio mensual en las secciones del río evaluadas, como también los tamaños característicos del material de fondo en las secciones analizadas; se presentan los siguientes resultados:

18.3.1 Sección del río SAS-CH-1

En el Cuadro 18.6, se observa los valores del transporte de sedimentos de fondo en orden descendente, siendo los siguientes: 1) Fórmula de Schoklitsch se estimó un valor de 12 679 282,5 TN/Año; 2) Fórmula de Meyer–Peter y Müller se estimó un valor de 10 289 389,5 TN/Año; 3) Fórmula de Einstein-Brown se estimó un valor de 7 191 602,3 TN/Año; 4) Fórmula de Sato, Kikkawa y Ashida se estimó un valor de 5 628 298,1 TN/Año; y 5) Fórmula de Frijlink se estimó un valor de 2 044 392,3 TN/Año. Finalmente se obtiene un promedio de 7 566 592,9 TN/Año.

La variación mensual se muestra en la Figura 216.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

18.3.2 Sección del río SAS-CH-2

En el Cuadro 18.7, se observa los valores del transporte de sedimentos de fondo en orden descendente, siendo los siguientes: 1) Fórmula de Schoklitsch se estimó un valor de 8 339 797,4 TN/Año; 2) Fórmula de Meyer–Peter y Müller se estimó un valor de 6 601 727,4 TN/Año; 3) Fórmula de Einstein-Brown se estimó un valor de 5 841 352,8 TN/Año; 4) Fórmula de Sato, Kikkawa y Ashida se estimó un valor de 3 915 272,9 TN/Año; y 5) Fórmula de Frijlink se estimó un valor de 1 446 133,1 TN/Año. Finalmente se obtiene un promedio de 5 228 856,7 TN/Año.

La variación mensual se muestra en la Figura 217.

18.3.3 Sección del río SAS-CH-3

En el Cuadro 18.8, se observa los valores del transporte de sedimentos de fondo en orden descendente, siendo los siguientes: 1) Fórmula de Schoklitsch se estimó un valor de 17 451 274,4 TN/Año; 2) Fórmula de Meyer–Peter y Müller se estimó un valor de 12 155 820,2 TN/Año; 3) Fórmula de Einstein-Brown se estimó un valor de 5 364 071,2 TN/Año; 4) Fórmula de Sato, Kikkawa y Ashida se estimó un valor de 9 026 743,9 TN/Año; y 5) Fórmula de Frijlink se estimó un valor de 187 051,5 TN/Año. Finalmente se obtiene un promedio de 8 836 992,2 TN/Año.

La variación mensual se muestra en la Figura 218.

Ing. CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISIÓN HUAURA
CIP N° 53393

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velardr
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

18.3.4 Sección del río SAS-CH-4

En el Cuadro 18.9, se observa los valores del transporte de sedimentos de fondo en orden descendente, siendo los siguientes: 1) Fórmula de Meyer–Peter y Müller se estimó un valor de 4 946 159,7 TN/Año; 2) Fórmula de Frijlink se estimó un valor de 3 517 208,6 TN/Año; 3) Fórmula de Einstein-Brown se estimó un valor de 2 647 584,5 TN/Año; 4) Fórmula de Schoklitsch se estimó un valor de 1 944 245,4 TN/Año; y 5) Fórmula de Sato, Kikkawa y Ashida se estimó un valor de 797 962,8 TN/Año;. Finalmente se obtiene un promedio de 2 770 632,2 TN/Año.

La variación mensual se muestra en la Figura 219.

18.3.5 Sección del río SAS-CH-5

En el Cuadro 18.10, se observa los valores del transporte de sedimentos de fondo en orden descendente, siendo los siguientes: 1) Fórmula de Frijlink se estimó un valor de 16 414 363,8 TN/Año; 2) Fórmula de Meyer–Peter y Müller se estimó un valor de 14 479 838,8 TN/Año; 3) Fórmula de Einstein-Brown se estimó un valor de 6 667 477,2 TN/Año; 4) Fórmula de Schoklitsch se estimó un valor de 5 917 293,9 TN/Año; 5) Fórmula de Sato, Kikkawa y Ashida se estimó un valor de 1 835 493,7 TN/Año;. Finalmente se obtiene un promedio de 9 062 893,5 TN/Año.

La variación mensual se muestra en la Figura 220.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

18.3.6 Sección del río SAS-CH-6

En el Cuadro 18.11, se observa los valores del transporte de sedimentos de fondo en orden descendente, siendo los siguientes: 1) Fórmula de Meyer–Peter y Müller se estimó un valor de 1 846 447,3 TN/Año; 3) Fórmula de Einstein-Brown se estimó un valor de 1 807 118,5 TN/Año; 2) Fórmula de Frijlink se estimó un valor de 1 266 877,0 TN/Año; 4) Fórmula de Schoklitsch se estimó un valor de 1 205 828,9 TN/Año; 5) Fórmula de Sato, Kikkawa y Ashida se estimó un valor de 522 777,2 TN/Año;. Finalmente se obtiene un promedio de 1 329 809,8 TN/Año.

La variación mensual se muestra en la Figura 221.

18.3.7 Sección del río SAS-CH-7

En el Cuadro 18.12, se observa los valores del transporte de sedimentos de fondo en orden descendente, siendo los siguientes: 1) Fórmula de Frijlink se estimó un valor de 15 723 180,3 TN/Año; 2) Fórmula de Meyer–Peter y Müller se estimó un valor de 6 708 673,3 TN/Año; 3) Fórmula de Einstein-Brown se estimó un valor de 3 795 241,6 TN/Año; 4) Fórmula de Schoklitsch se estimó un valor de 2 313 634,0 TN/Año; 5) Fórmula de Sato, Kikkawa y Ashida se estimó un valor de 912 041,7 TN/Año;. Finalmente se obtiene un promedio de 5 890 554,2 TN/Año.

La variación mensual se muestra en la Figura 222.

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58959

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

18.3.8 Sección del río SAS-CH-8

En el Cuadro 18.13, se observa los valores del transporte de sedimentos de fondo en orden descendente, siendo los siguientes: 1) Fórmula de Frijlink se estimó un valor de 17 935 232,3 TN/Año; 2) Fórmula de Meyer–Peter y Müller se estimó un valor de 6 015 279,5 TN/Año; 3) Fórmula de Einstein-Brown se estimó un valor de 4 515 335,3 TN/Año; 4) Fórmula de Schoklitsch se estimó un valor de 2 312 286,8 TN/Año; 5) Fórmula de Sato, Kikkawa y Ashida se estimó un valor de 1 082 373,3 TN/Año;. Finalmente se obtiene un promedio de 6 372 101,4 TN/Año.

La variación mensual se muestra en la Figura 223.

Cuadro N° 18-6: Estimación de los sedimentos de fondo (Kg) en la sección SAS-CH-1.

MES	TRANSPORTE DE FONDO PROMEDIO MENSUAL (kg)					
	Schoklitsch	Meyer –Peter y Müller	Einstein-Brown	Sato, Kikkawa y Ashida	Frijlink	Promedio
ENERO	1.507.704.497,6	1.209.459.488,5	669.580.961,1	650.855.72,9	193.700.503,7	**846.260.232,8**
FEBRERO	1.958.168.683,9	1.501.124.224,6	628.117.790,3	766.633.650,2	191.230.785,5	**1.009.055.026,9**
MARZO	2.796.944.128,0	2.115.740.082,4	712.330.540,0	1.033.264.136,1	227.378.594,4	**1.377.131.496,2**
ABRIL	1.717.190.821,0	1.356.643.822,6	660.112.129,6	713.134.105,9	195.223.504,6	**928.460.876,7**
MAYO	828.544.447,1	703.374.629,3	615.007.391,9	408.440.605,5	168.592.791,0	**544.791.973,0**
JUNIO	512.396.914,0	454.425.409,9	546.735.977,2	277.308.638,4	148.709.429,1	**387.915.273,7**
JULIO	449.079.213,2	405.115.072,3	544.643.690,0	251.527.795,2	148.903.631,1	**359.853.880,3**
AGOSTO	411.936.177,9	375.127.548,9	533.650.896,9	234.991.251,1	146.558.007,6	**340.452.776,5**
SETIEMBRE	411.387.100,8	373.233.475,7	520.313.274,6	233.057.164,8	142.638.685,5	**336.125.940,3**
OCTUBRE	536.306.112,2	475.148.261,0	566.548.374,5	289.550.010,4	154.062.308,9	**404.323.013,4**
NOVIEMBRE	615.699.646,0	536.217.722,6	567.533.448,5	320.796.925,2	154.288.193,8	**438.907.187,2**
DICIEMBRE	933.924.743,2	783.779.797,9	627.027.831,2	448.738.107,7	173.105.824,0	**593.315.260,8**
AÑO (kg)	**12.679.282.484,7**	**10.289.389.535,7**	**7.191.602.305,9**	**5.628.298.103,4**	**2.044.392.259,0**	**7.566.592.937,8**

Fuente: Anexo 10 – "Campaña de Aforos y Sedimentos"

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

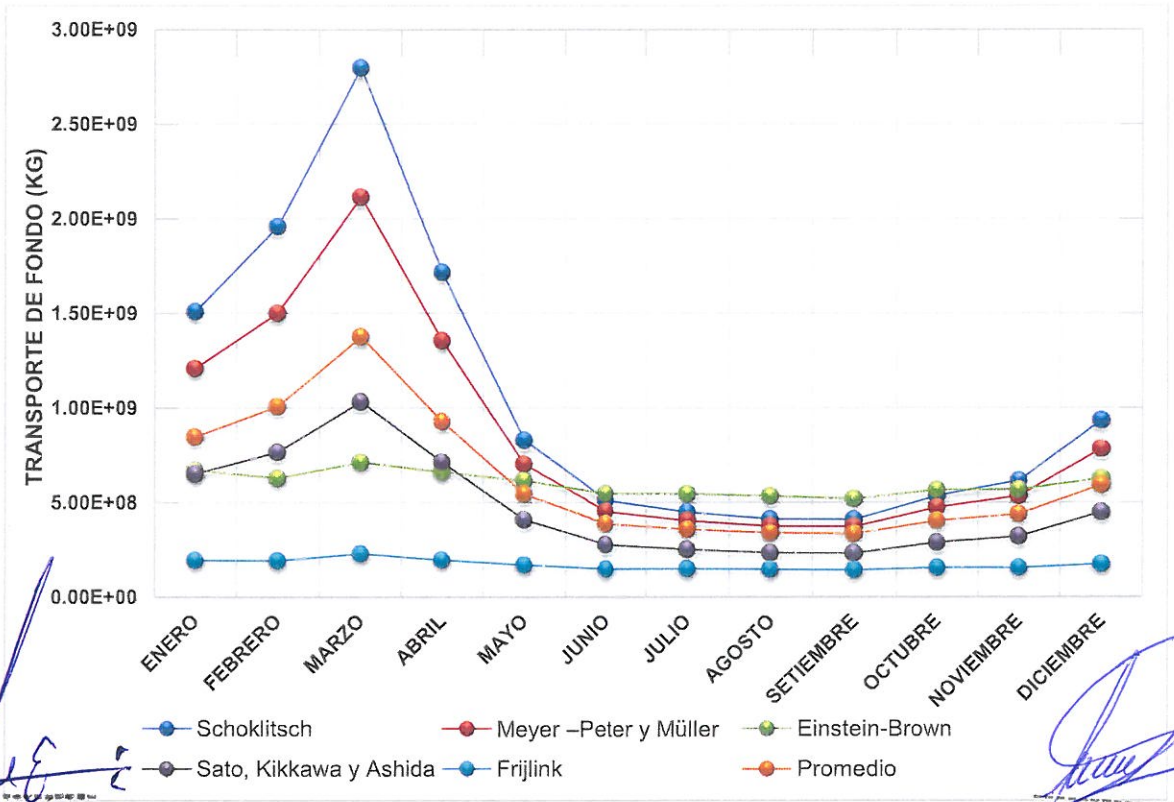
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcial Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 216: Variación mensual del transporte de fondo por diversos métodos, sección SAS-CH-1.



Manuel J. Elos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 56989

Cuadro N° 18-7: Estimación de los sedimentos de fondo (Kg) en la sección SAS-CH-2.

MES	TRANSPORTE DE FONDO PROMEDIO MENSUAL (kg)					
	Schoklitsch	Meyer –Peter y Müller	Einstein-Brown	Sato, Kikkawa y Ashida	Frijlink	Promedio
ENERO	993.358.426,6	775.448.689,4	551.104.180,8	452.552.044,4	136.124.759,0	**581.717.620,0**
FEBRERO	1.291.795.952,6	974.254.769,6	520.742.174,5	539.492.959,0	134.361.255,0	**692.129.422,1**
MARZO	1.846.340.734,7	1.358.930.253,8	591.955.611,8	722.161.893,8	158.922.344,5	**935.662.167,7**
ABRIL	1.132.092.368,3	870.175.563,2	544.871.079,1	496.423.800,5	136.971.394,9	**636.106.841,2**
MAYO	544.014.880,4	449.911.100,1	499.534.916,1	282.899.083,9	119.301.772,2	**379.132.350,5**
JUNIO	334.980.750,5	290.071.906,1	438.280.676,1	191.679.367,8	105.894.999,6	**272.181.540,0**
JULIO	292.954.392,2	258.429.883,6	434.168.110,6	173.789.502,8	106.306.809,4	**253.129.739,7**
AGOSTO	268.379.944,4	239.075.928,5	424.008.267,5	162.252.251,2	104.766.571,2	**239.696.592,6**
SETIEMBRE	268.150.983,9	237.978.847,7	413.924.860,9	160.973.677,9	101.919.550,3	**236.589.584,1**
OCTUBRE	350.665.154,3	303.274.818,7	454.341.056,2	200.124.764,0	109.681.855,1	**283.617.529,7**
NOVIEMBRE	403.327.550,2	342.602.869,0	457.593.597,6	221.916.862,6	109.573.484,1	**307.002.872,7**
DICIEMBRE	613.736.231,0	501.572.723,0	510.828.260,0	311.006.679,7	122.308.287,2	**411.890.436,2**
AÑO (kg)	**8.339.797.369,1**	**6.601.727.352,7**	**5.841.352.791,3**	**3.915.272.887,7**	**1.446.133.082,4**	**5.228.856.696,6**

Fuente: Anexo 10 – "Campaña de Aforos y Sedimentos"

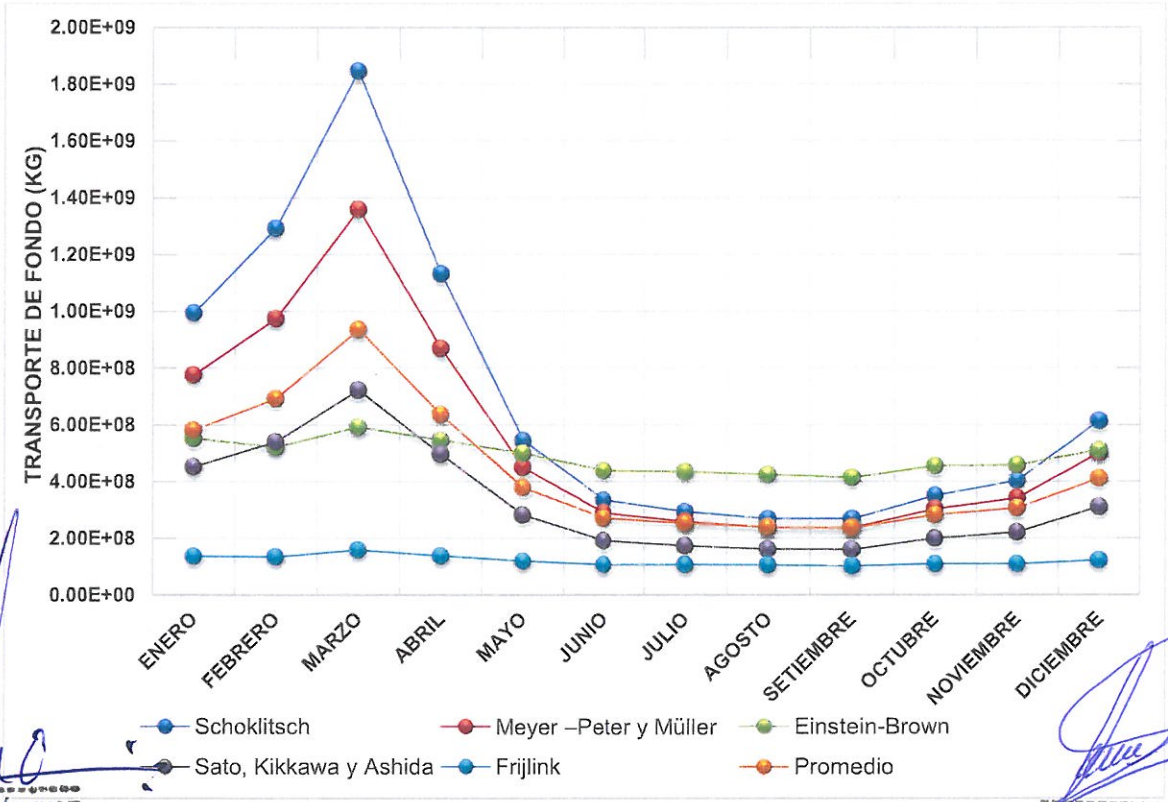
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marco Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 217: Variación mensual del transporte de fondo por diversos métodos, sección SAS-CH-2.



Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Cuadro N° 18-8: Estimación de los sedimentos de fondo (Kg) en la sección SAS-CH-3.

MES	TRANSPORTE DE FONDO PROMEDIO MENSUAL (kg)					
	Schoklitsch	Meyer –Peter y Müller	Einstein-Brown	Sato, Kikkawa y Ashida	Frijlink	Promedio
ENERO	2.066.677.438,7	1.422.109.871,5	478.256.620,2	1.037.283.029,9	18.238.605,6	**1.004.513.113,2**
FEBRERO	2.675.775.823,0	1.775.460.516,9	440.739.689,4	1.211.624.716,4	18.802.373,7	**1.224.480.623,9**
MARZO	3.815.794.880,6	2.465.179.958,6	493.713.736,1	1.595.488.888,9	23.025.166,6	**1.678.640.526,2**
ABRIL	2.350.205.685,6	1.591.410.687,8	467.266.061,0	1.128.025.337,8	18.698.303,7	**1.111.121.215,2**
MAYO	1.145.257.818,8	834.684.614,9	457.764.741,8	666.074.289,2	15.079.418,2	**623.772.176,6**
JUNIO	715.656.152,0	543.913.123,3	424.039.019,5	458.307.173,4	12.930.852,4	**430.969.264,1**
JULIO	630.435.559,6	486.625.624,9	429.981.576,3	417.411.491,6	12.838.712,6	**395.458.593,0**
AGOSTO	580.043.429,8	451.344.980,1	425.469.754,9	390.633.528,7	12.584.526,8	**372.015.244,1**
SETIEMBRE	578.615.665,5	448.905.185,0	413.360.412,0	387.268.129,2	12.266.615,9	**368.083.201,5**
OCTUBRE	748.776.701,8	568.448.368,3	438.812.297,7	478.290.491,3	13.405.158,0	**449.546.603,4**
NOVIEMBRE	855.807.452,1	639.429.164,2	432.305.725,3	527.485.952,5	13.559.276,5	**493.717.514,1**
DICIEMBRE	1.288.227.759,9	928.308.095,8	462.361.604,1	728.850.877,5	15.622.527,3	**684.674.172,9**
AÑO (kg)	**17.451.274.367,4**	**12.155.820.191,2**	**5.364.071.238,3**	**9.026.743.906,3**	**187.051.537,4**	**8.836.992.248,1**

Fuente: Anexo 10 – "Campaña de Aforos y Sedimentos"

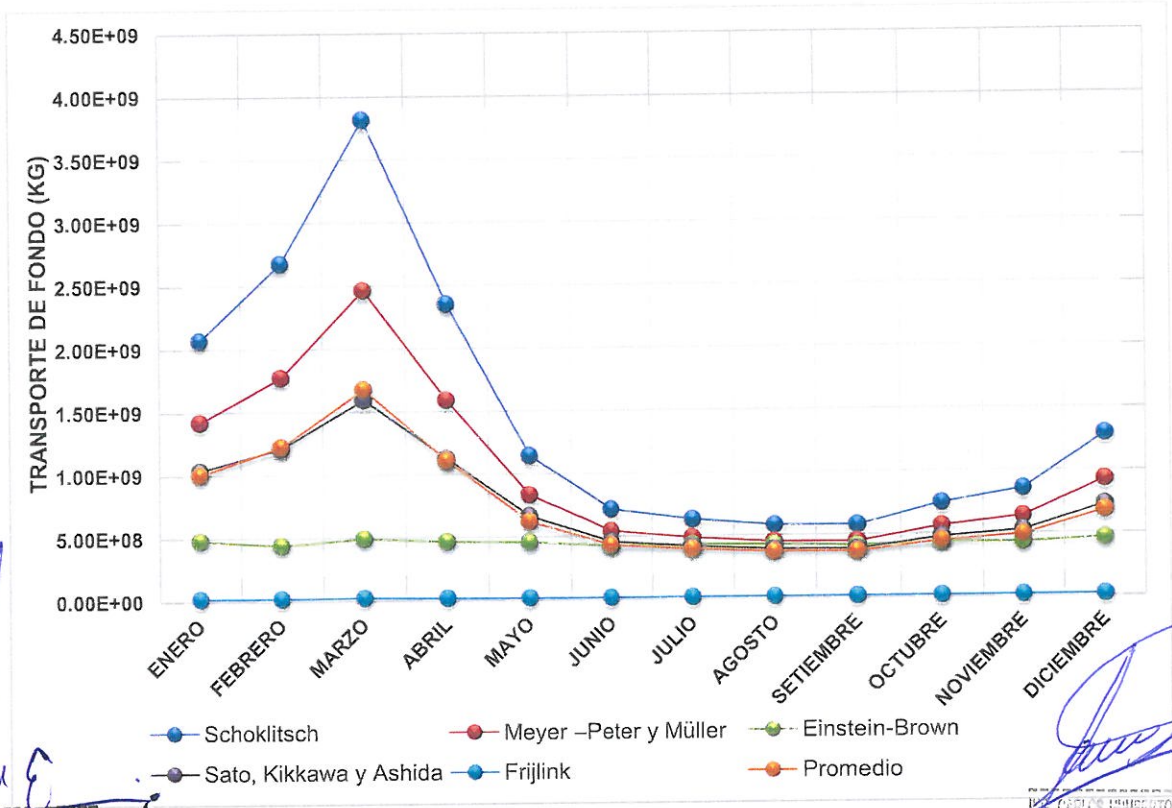
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 218: Variación mensual del transporte de fondo por diversos métodos, sección SAS-CH-3.



Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Cuadro N° 18-9: Estimación de los sedimentos de fondo (Kg) en la sección SAS-CH-4.

MES	TRANSPORTE DE FONDO PROMEDIO MENSUAL (kg)					
	Schoklitsch	Meyer –Peter y Müller	Einstein-Brown	Sato, Kikkawa y Ashida	Frijlink	Promedio
ENERO	232.996.099,0	587.101.197,8	276.681.800,0	91.538.116,4	340.469.844,6	**305.757.411,6**
FEBRERO	304.393.227,5	743.373.156,7	275.046.399,5	106.374.460,1	339.599.462,2	**353.757.341,2**
MARZO	436.087.430,2	1.040.470.915,5	322.044.629,5	139.525.382,8	403.443.871,0	**468.314.445,8**
ABRIL	266.141.528,9	661.459.162,5	280.227.079,5	99.325.842,8	344.419.197,4	**330.314.562,2**
MAYO	126.009.379,4	333.587.655,3	224.465.682,0	59.181.652,3	290.200.224,2	**206.688.918,6**
JUNIO	76.352.762,9	210.135.497,1	176.271.926,6	40.882.221,1	250.207.998,9	**150.770.081,3**
JULIO	66.232.982,8	185.203.495,6	166.441.032,4	37.281.058,9	248.079.186,1	**140.647.551,2**
AGOSTO	60.381.915,0	170.350.767,8	158.266.260,0	34.915.614,3	242.832.020,8	**133.349.315,6**
SETIEMBRE	60.440.889,8	169.969.203,4	156.047.254,2	34.607.957,0	236.835.085,4	**131.580.078,0**
OCTUBRE	79.973.661,1	219.894.052,6	183.405.244,9	42.665.730,3	259.405.485,6	**157.068.834,9**
NOVIEMBRE	92.625.835,0	250.795.976,1	193.255.355,8	46.983.281,0	262.225.308,7	**169.177.151,3**
DICIEMBRE	142.609.726,0	373.818.632,5	235.431.795,4	64.681.525,1	299.490.959,9	**223.206.527,8**
AÑO (kg)	**1.944.245.437,7**	**4.946.159.713,0**	**2.647.584.459,9**	**797.962.842,3**	**3.517.208.644,9**	**2.770.632.219,5**

Fuente: Anexo 10 – "Campaña de Aforos y Sedimentos"

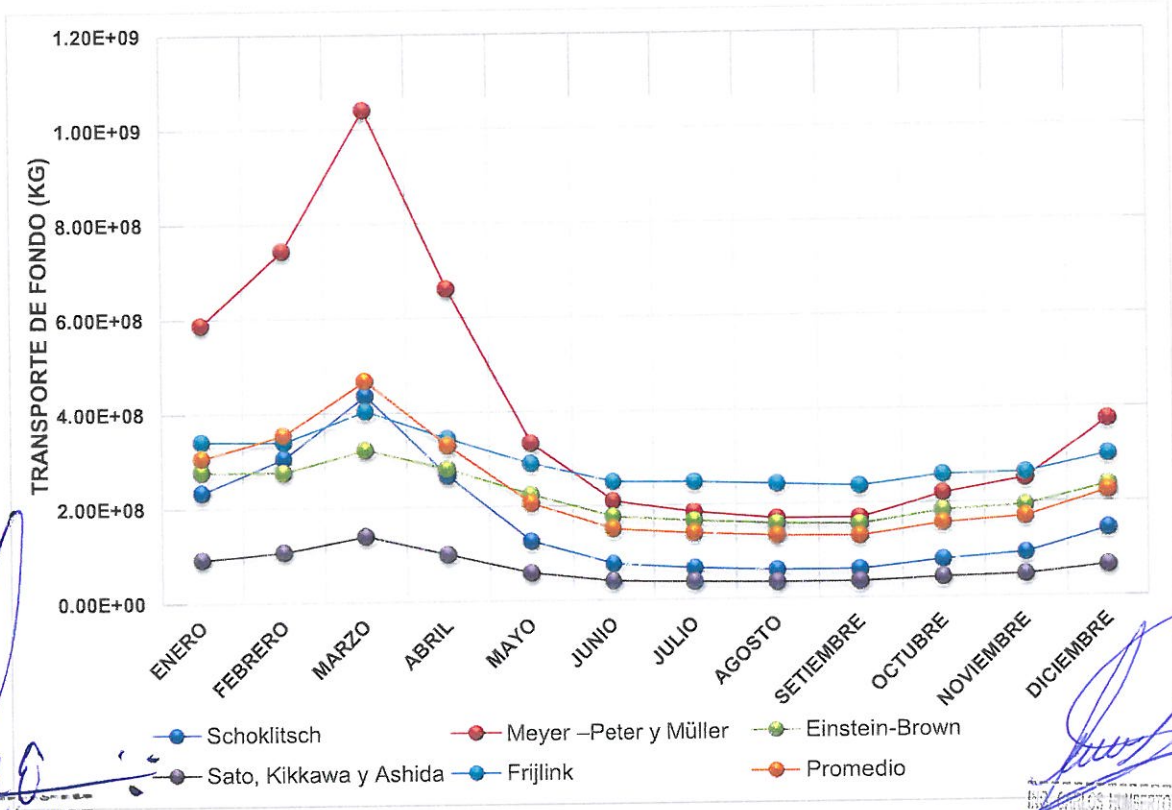
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcial Andrés Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 219: Variación mensual del transporte de fondo por diversos métodos, sección SAS-CH-4.



Cuadro N° 18-10: Estimación de los sedimentos de fondo (Kg) en la sección SAS-CH-5.

MES	TRANSPORTE DE FONDO PROMEDIO MENSUAL (kg)					
	Schoklitsch	Meyer –Peter y Müller	Einstein-Brown	Sato, Kikkawa y Ashida	Frijlink	Promedio
ENERO	750.183.456,1	1.815.753.936,8	753.394.828,3	223.146.093,6	1.602.106.351,1	**1.028.916.933,2**
FEBRERO	964.812.242,3	2.283.240.329,0	772.277.507,7	270.925.697,1	1.590.555.760,2	**1.176.362.307,3**
MARZO	1.246.250.064,3	2.919.157.503,9	896.905.279,5	341.263.070,6	1.836.363.007,2	**1.447.987.785,1**
ABRIL	754.147.779,4	1.820.862.389,0	739.952.273,4	222.911.651,6	1.566.069.992,9	**1.020.788.817,2**
MAYO	367.679.950,4	928.269.084,2	535.466.611,8	123.563.635,9	1.335.206.360,5	**658.037.128,5**
JUNIO	246.965.193,2	637.234.161,0	412.692.491,2	89.052.569,9	1.184.037.324,1	**513.996.347,9**
JULIO	216.845.173,7	565.256.530,8	380.389.339,0	80.909.644,0	1.178.624.453,7	**484.405.028,2**
AGOSTO	197.057.404,7	516.603.826,0	354.187.317,7	75.055.650,5	1.153.453.363,3	**459.271.512,5**
SETIEMBRE	208.687.318,8	543.886.233,8	366.484.004,9	77.923.505,4	1.139.020.917,8	**467.200.396,1**
OCTUBRE	241.892.707,5	626.131.139,6	411.060.083,3	88.180.188,1	1.208.385.435,6	**515.129.910,8**
NOVIEMBRE	292.667.875,4	747.350.802,4	460.973.382,3	102.023.555,0	1.232.364.563,6	**567.076.035,7**
DICIEMBRE	430.104.726,2	1.076.092.837,3	583.694.076,2	140.538.440,9	1.388.176.246,3	**723.721.265,4**
AÑO (kg)	**5.917.293.891,8**	**14.479.838.773,6**	**6.667.477.195,2**	**1.835.493.702,5**	**16.414.363.776,2**	**9.062.893.467,9**

Fuente: Anexo 10 – "Campaña de Aforos y Sedimentos"

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISION HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58959

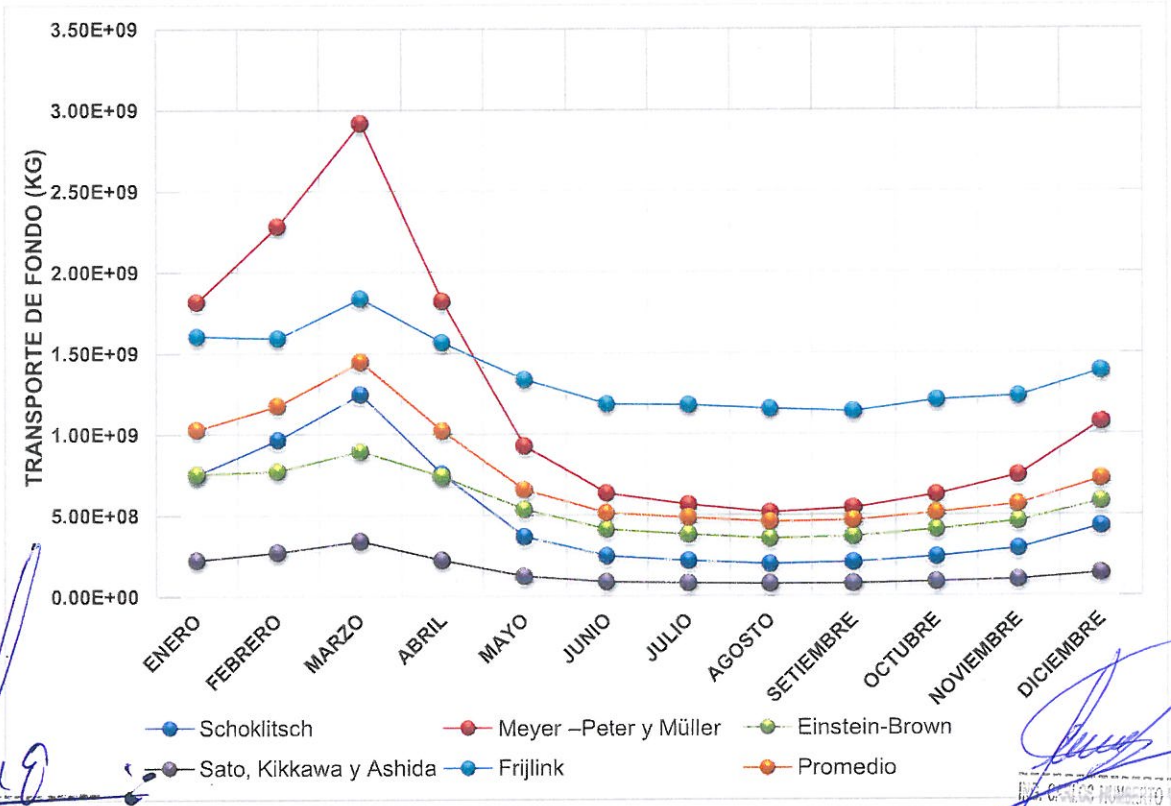
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 220: Variación mensual del transporte de fondo por diversos métodos, sección SAS-CH-5.



Manuel J. Ecos Vasquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISION HUAURA

ING. CARLOS ROBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISION
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 50999

Cuadro N° 18-11: Estimación de los sedimentos de fondo (Kg) en la sección SAS-CH-6.

MES	TRANSPORTE DE FONDO PROMEDIO MENSUAL (kg)					
	Schoklitsch	Meyer –Peter y Müller	Einstein-Brown	Sato, Kikkawa y Ashida	Frijlink	Promedio
ENERO	169.941.305,3	254.430.778,5	223.738.257,0	69.602.622,9	126.216.416,7	**168.785.876,1**
FEBRERO	220.347.941,7	319.530.479,5	225.602.320,2	82.459.164,3	124.333.981,6	**194.454.777,4**
MARZO	310.038.444,5	440.084.217,1	265.667.340,4	108.939.440,7	146.179.017,1	**254.181.692,0**
ABRIL	167.260.408,2	249.967.907,9	217.719.612,8	68.205.859,5	122.618.322,5	**165.154.422,2**
MAYO	71.960.490,9	116.913.095,8	155.858.233,8	36.299.829,1	104.887.521,3	**97.183.834,2**
JUNIO	38.801.663,7	67.749.695,7	107.466.100,1	22.899.229,8	91.313.798,2	**65.646.097,5**
JULIO	27.850.330,7	51.426.964,7	86.394.677,9	18.370.992,6	89.140.038,6	**54.636.600,9**
AGOSTO	24.366.183,3	46.142.249,8	78.369.746,7	16.826.225,3	87.484.514,3	**50.637.783,9**
SETIEMBRE	22.881.733,9	43.548.434,7	74.100.033,0	15.957.740,4	84.304.251,3	**48.158.438,6**
OCTUBRE	33.263.634,0	59.733.651,8	98.058.908,9	20.761.504,7	91.576.111,4	**60.678.762,2**
NOVIEMBRE	41.533.821,0	71.797.489,9	112.201.987,9	24.026.826,6	92.349.636,9	**68.381.952,5**
DICIEMBRE	77.582.965,1	125.122.355,0	161.941.292,1	38.427.734,4	106.473.345,9	**101.909.538,5**
AÑO (kg)	**1.205.828.922,4**	**1.846.447.320,3**	**1.807.118.510,7**	**522.777.170,3**	**1.266.876.955,7**	**1.329.809.775,9**

Fuente: Anexo 10 – "Campaña de Aforos y Sedimentos"

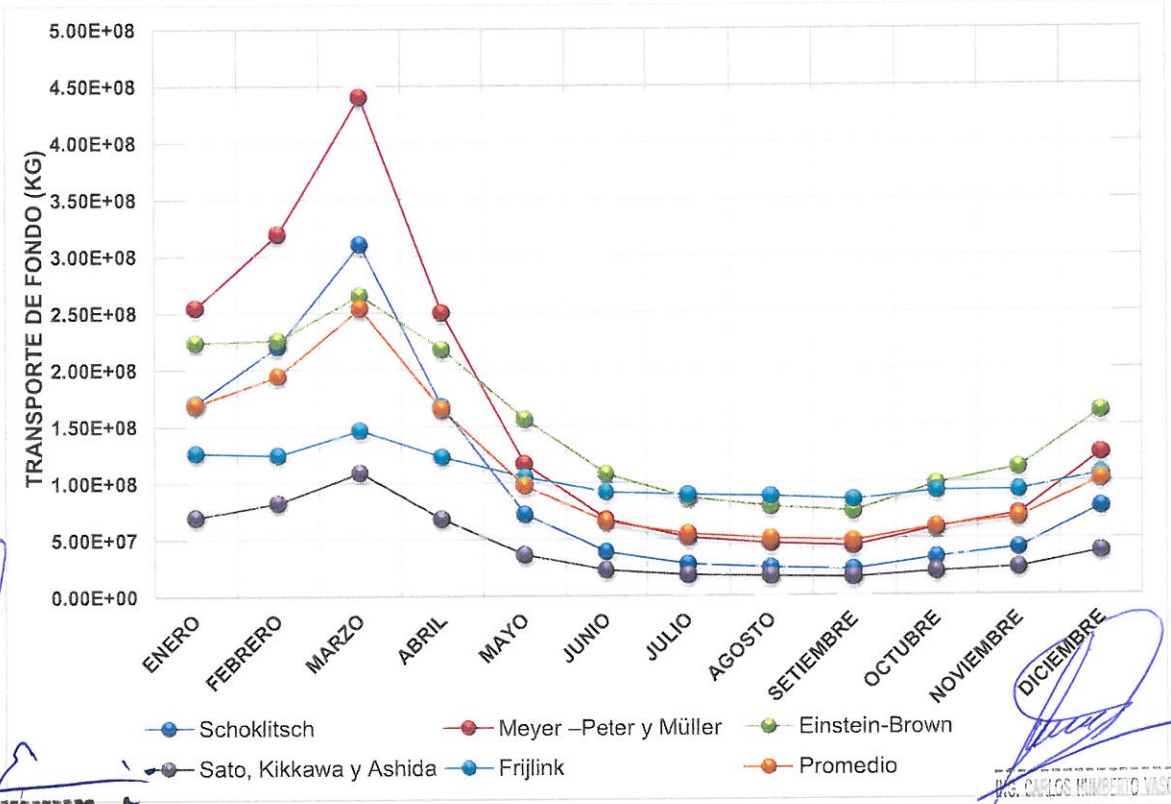
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marco Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 221: Variación mensual del transporte de fondo por diversos métodos, sección SAS-CH-6.



Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Cuadro N° 18-12: Estimación de los sedimentos de fondo (Kg) en la sección SAS-CH-7.

MES	TRANSPORTE DE FONDO PROMEDIO MENSUAL (kg)					
	Schoklitsch	Meyer –Peter y Müller	Einstein-Brown	Sato, Kikkawa y Ashida	Frijlink	Promedio
ENERO	283.968.129,6	814.288.583,4	494.647.216,1	105.871.304,5	1.518.345.697,3	**643.424.186,2**
FEBRERO	377.562.326,1	1.060.376.054,1	567.042.961,4	128.794.748,0	1.511.170.381,5	**728.989.294,2**
MARZO	545.708.971,2	1.510.591.870,2	721.899.035,6	175.322.539,0	1.792.141.240,2	**949.132.731,2**
ABRIL	327.211.668,4	929.425.283,9	535.966.398,7	117.133.541,8	1.534.452.688,7	**688.837.916,3**
MAYO	146.085.366,0	435.561.807,0	294.457.234,8	64.478.046,7	1.298.365.979,6	**447.789.686,8**
JUNIO	82.614.959,0	257.556.195,7	152.357.468,1	43.077.665,6	1.122.453.916,6	**331.612.041,0**
JULIO	69.046.507,3	220.420.676,6	120.051.267,8	38.871.115,3	1.113.993.853,1	**312.476.684,0**
AGOSTO	61.505.745,2	199.261.134,1	104.169.381,3	36.208.826,7	1.090.925.404,8	**298.414.098,4**
SETIEMBRE	62.107.992,8	200.092.620,3	106.157.558,9	35.958.136,1	1.063.794.698,7	**293.622.201,4**
OCTUBRE	86.755.272,6	269.990.765,7	160.772.967,8	44.982.566,4	1.163.517.810,5	**345.203.876,6**
NOVIEMBRE	103.587.432,5	316.225.172,3	206.373.878,1	50.134.762,5	1.174.998.862,6	**370.264.021,6**
DICIEMBRE	167.479.625,6	494.883.133,1	331.346.213,2	71.208.466,1	1.339.019.805,8	**480.787.448,8**
AÑO (kg)	**2.313.633.996,3**	**6.708.673.296,4**	**3.795.241.582,0**	**912.041.718,7**	**15.723.180.339,3**	**5.890.554.186,5**

Fuente: Anexo 10 – "Campaña de Aforos y Sedimentos"

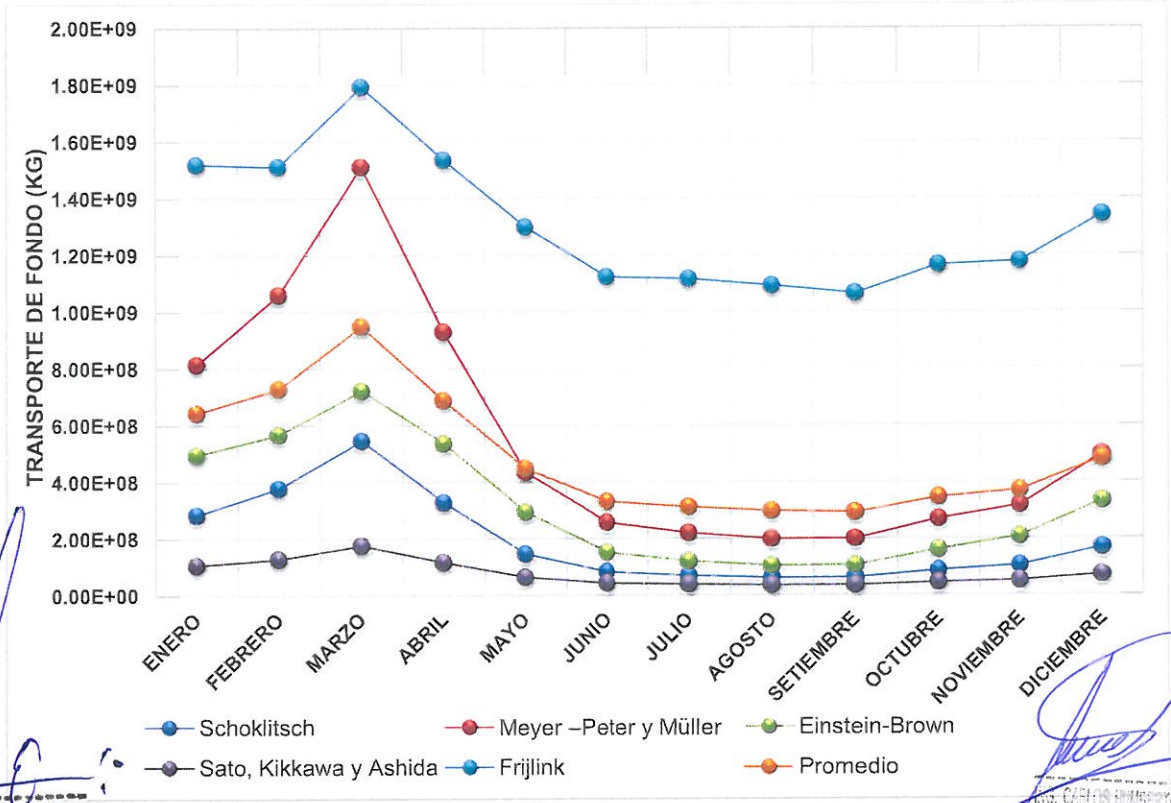
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcial Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 222: Variación mensual del transporte de fondo por diversos métodos, sección SAS-CH-7.



Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58959

Cuadro N° 18-13: Estimación de los sedimentos de fondo (Kg) en la sección SAS-CH-8.

MES	TRANSPORTE DE FONDO PROMEDIO MENSUAL (kg)					
	Schoklitsch	Meyer –Peter y Müller	Einstein-Brown	Sato, Kikkawa y Ashida	Frijlink	Promedio
ENERO	292.652.161,7	740.976.354,4	548.530.333,8	125.710.341,0	1.726.847.757,6	**686.943.389,7**
FEBRERO	397.585.004,5	980.815.815,9	601.157.819,3	153.424.367,3	1.714.906.516,0	**769.577.904,6**
MARZO	580.721.739,3	1.409.675.124,2	745.333.584,7	209.360.979,3	2.030.548.988,7	**995.128.083,3**
ABRIL	340.886.913,7	852.585.397,2	581.840.065,5	139.292.283,3	1.743.502.945,0	**731.621.520,9**
MAYO	140.899.652,5	381.054.154,4	360.184.948,3	76.264.229,5	1.482.362.035,8	**488.153.004,1**
JUNIO	71.686.011,3	215.027.525,2	229.234.346,2	50.823.799,3	1.285.212.208,7	**370.396.778,1**
JULIO	56.111.388,8	179.965.805,9	195.197.614,7	45.840.946,2	1.277.037.888,4	**350.830.728,8**
AGOSTO	47.812.095,0	160.510.204,9	169.267.401,4	42.688.115,3	1.251.339.247,7	**334.323.412,9**
SETIEMBRE	49.116.231,8	161.982.299,1	172.517.202,6	42.394.795,8	1.219.933.247,0	**329.188.755,3**
OCTUBRE	75.601.494,0	225.813.831,1	240.089.437,0	53.080.958,8	1.332.166.027,5	**385.350.349,7**
NOVIEMBRE	94.768.124,0	269.757.735,8	275.601.656,1	59.207.309,9	1.343.776.382,6	**408.622.241,7**
DICIEMBRE	164.445.979,1	437.115.284,3	396.380.869,4	84.285.152,5	1.527.599.096,9	**521.965.276,4**
AÑO (kg)	**2.312.286.795,6**	**6.015.279.532,4**	**4.515.335.279,0**	**1.082.373.278,3**	**17.935.232.342,0**	**6.372.101.445,5**

Fuente: Anexo 10 – "Campaña de Aforos y Sedimentos"

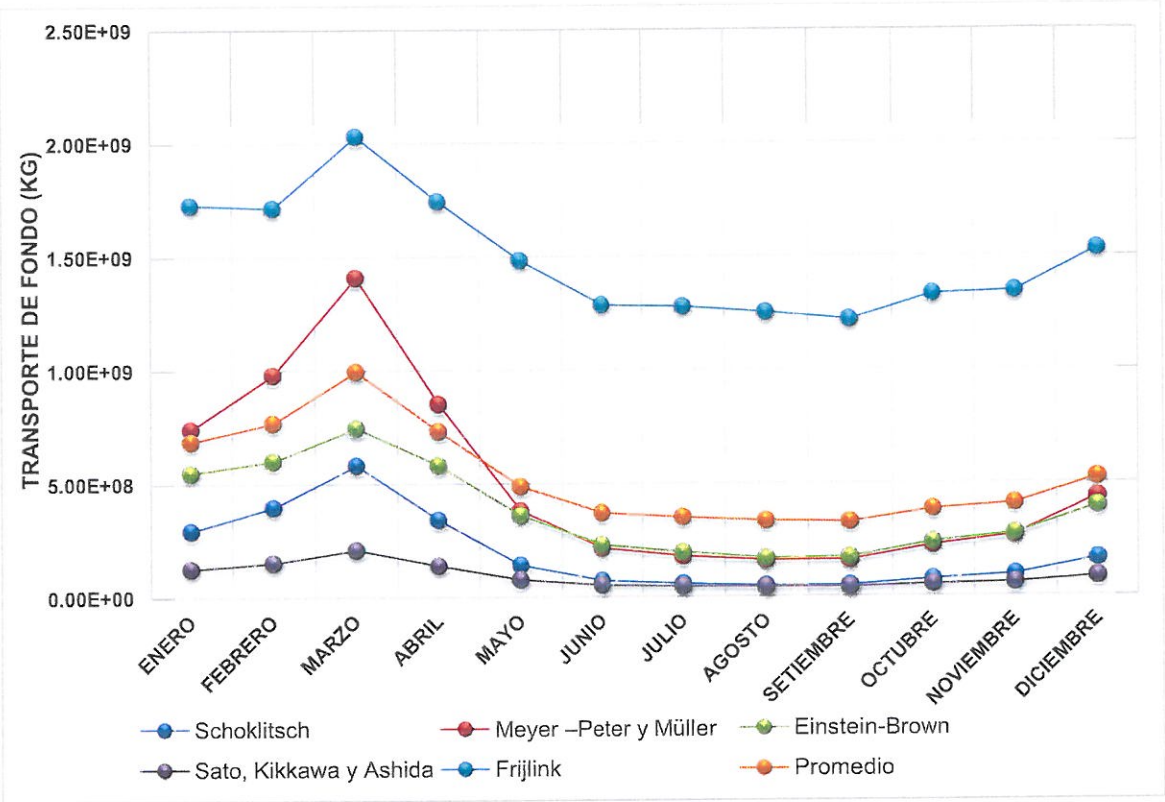
PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marco Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 223: Variación mensual del transporte de fondo por diversos métodos, sección SAS-CH-8.



18.4 SOBRE EL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS TOTAL

El material sólido que transporta un río puede moverse de dos formas: por el fondo, cuando las partículas se desplazan rodando por el fondo o avanzando a saltos que no superan el doble de su diámetro; y en suspensión para el caso de aquellas partículas relativamente más finas, que están suspendidas por la acción de la turbulencia y que se mueven mezcladas con el fluido; (Flórez, 2006). Finalmente se determina el transporte total, mediante la suma del transporte en suspensión y el transporte de fondo para cada sección analizada del río Huaura.

A continuación, se muestran los cuadros siguientes:

- Cuadro 18.14, resumen del cálculo estimado del transporte de sedimentos en suspensión mensual y anual en las secciones analizadas del río Huaura.
- Cuadro 18.15, resumen del cálculo estimado del transporte de sedimentos de fondo mensual y anual en las secciones analizadas del río Huaura.
- Cuadro 18.16, estimación del transporte total de sedimentos mensual y anual en las secciones analizadas del río Huaura.

Se puede apreciar lo siguiente:

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISION HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrología
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

18.4.1 Sección del río SAS-CH-1

El sedimento en suspensión anual es de aproximadamente 332 478 TN/Año y el transporte de sedimento total es de 7 899 071 TN/Año, lo que representa el 4,21% del sedimento total producido por el río hasta esta sección; los mayores valores son en los meses de febrero y marzo, siendo de 68 318 TN/mes (6,34% del total de sedimento en febrero) y 122 223 TN/mes (8,15% del total de sedimento en marzo), respectivamente. Los menores valores son en los meses de agosto y septiembre, siendo de 2 830 TN/mes (0,82% del total de sedimento en agosto) y 2 937 TN/mes (0,87% del total de sedimento en septiembre), respectivamente. Una de las primeras razones del poco aporte, puede deberse a la presencia de Lagunas en cabecera de la cuenca, como por ejemplo Surasaca que retienen gran parte de los sedimentos que produce la cuenca.

18.4.2 Sección del río SAS-CH-2

El sedimento en suspensión anual es de aproximadamente 149 665 TN/Año y el transporte de sedimento total es de 5 378 522 TN/Año, lo que representa el 2,78% del sedimento total producido por el río hasta esta sección; los mayores valores son en los meses de febrero y marzo, siendo de 31 080 TN/mes (4,30% del total de sedimento en febrero) y 55 392 TN/mes (5,59% del total de sedimento en marzo), respectivamente. Los menores valores son en los meses de agosto y septiembre, siendo de 1 152 TN/mes (0,48% del total de sedimento en agosto) y 1 203 TN/mes (0,51% del total de sedimento en septiembre), respectivamente. Una de las primeras razones del poco aporte, puede deberse a la presencia de Lagunas en cabecera de la cuenca, como por ejemplo Patón que retienen gran parte de los sedimentos que produce la cuenca.

Manuel J. Ecos Vasquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

18.4.3 Sección del río SAS-CH-3

El sedimento en suspensión anual es de aproximadamente 1 639 436 TN/Año y el transporte de sedimento total es de 10 476 428 TN/Año, lo que representa el 15,65% del sedimento total producido por el río hasta esta sección; los mayores valores son en los meses de febrero y marzo, siendo de 336 886 TN/mes (21,58% del total de sedimento en febrero) y 603 550 TN/mes (26,45% del total de sedimento en marzo), respectivamente. Los menores valores son en los meses de agosto y septiembre, siendo de 14 644 TN/mes (3,79% del total de sedimento en agosto) y 15 131 TN/mes (3,95% del total de sedimento en septiembre), respectivamente. Una de las primeras razones del poco aporte, puede deberse a la presencia de bocatomas derivadoras situadas a lo largo del cauce para uso energético.

Ing. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CHIRINOS
JEFE DE SUPERVISION
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 64031

18.4.4 Sección del río SAS-CH-4

El sedimento en suspensión anual es de aproximadamente 2 781 398 TN/Año y el transporte de sedimento total es de 5 552 030 TN/Año, lo que representa el 50,10% del sedimento total producido por el río hasta esta sección; los mayores valores son en los meses de febrero y marzo, siendo de 559 590 TN/mes (61,27% del total de sedimento en febrero) y 991 750 TN/mes (67,93% del total de sedimento en marzo), respectivamente. Los menores valores son en los meses de agosto y septiembre, siendo de 30 517 TN/mes (18,62% del total de sedimento en agosto) y 31 241 TN/mes (19,19% del total de

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg. Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrología
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

sedimento en septiembre), respectivamente. Una de las primeras razones del aumento, es la disminución de la pendiente del cauce y las velocidades.

18.4.5 Sección del río SAS-CH-5

El sedimento en suspensión anual es de aproximadamente 5 688 318 TN/Año y el transporte de sedimento total es de 14 751 212 TN/Año, lo que representa el 38,56% del sedimento total producido por el río hasta esta sección; los mayores valores son en los meses de febrero y marzo, siendo de 1 336 102 TN/mes (53,18% del total de sedimento en febrero) y 1 999 267 TN/mes (58,00% del total de sedimento en marzo), respectivamente. Los menores valores son en los meses de agosto y septiembre, siendo de 45 910 TN/mes (9,09% del total de sedimento en agosto) y 54 550 TN/mes (10,46% del total de sedimento en septiembre), respectivamente. Una de las primeras razones del aumento, se debe a su localización aguas abajo de la confluencia de los ríos Huaura y Chico, siendo la producción de sedimento mayor.

18.4.6 Sección del río SAS-CH-6

El sedimento en suspensión anual es de aproximadamente 27 830 TN/Año y el transporte de sedimento total es de 1 357 640 TN/Año, lo que representa el 2,05% del sedimento total producido por el río hasta esta sección; los mayores valores son en los meses de febrero y marzo, siendo de 6 387 TN/mes (3,18% del total de sedimento en febrero) y 10 669 TN/mes (4,03% del total de sedimento en marzo), respectivamente. Los menores valores son en los meses de agosto y septiembre, siendo de 132 TN/mes (0,26% del total de sedimento en agosto) y 121 TN/mes (0,25% del total de sedimento en septiembre), respectivamente. El poco aporte, principalmente se debe por ubicarse en el río Chico los caudales son bajos durante gran parte del año y por consiguiente el sedimento en suspensión es bajo.

Manuel J. Cos Vasquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

18.4.7 Sección del río SAS-CH-7

El sedimento en suspensión anual es de aproximadamente 4 074 501 TN/Año y el transporte de sedimento total es de 9 965 055 TN/Año, lo que representa el 40,89% del sedimento total producido por el río hasta esta sección; los mayores valores son en los meses de febrero y marzo, siendo de 843 172 TN/mes (53,63% del total de sedimento en febrero) y 1 526 959 TN/mes (61,67% del total de sedimento en marzo), respectivamente. Los menores valores son en los meses de agosto y septiembre, siendo de 34 015 TN/mes (10,23% del total de sedimento en agosto) y 35 206 TN/mes (10,71% del total de sedimento en septiembre), respectivamente. Una de las primeras razones del aumento, puede deberse a que la pendiente del cauce disminuye y las velocidades también.

ING. CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58959

18.4.8 Sección del río SAS-CH-8

El sedimento en suspensión anual es de aproximadamente 4 116 947 TN/Año y el transporte de sedimento total es de 10 489 048 TN/Año, lo que representa el 39,25% del sedimento total producido por el río hasta esta sección; los mayores valores son en los meses de febrero y marzo, siendo de 856 915 TN/mes (52,68% del total de sedimento en

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

ing Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcial Arturo Páez Becerra
Especialista en Hidrología
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

febrero) y 1 556 770 TN/mes (61,00% del total de sedimento en marzo), respectivamente. Los menores valores son en los meses de agosto y septiembre, siendo de 32 035 TN/mes (8,74% del total de sedimento en agosto) y 33 277 TN/mes (9,18% del total de sedimento en septiembre), respectivamente. Una de las primeras razones del aumento, puede deberse a que la pendiente del cauce disminuye y las velocidades también.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 59959

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcial Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Cuadro N° 18-14: Resumen del transporte de sedimentos en suspensión en diversas secciones del río Huaura.

SECCIONES	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN (KG)												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	ANUAL
SAS-CH-1	3,832E+07	6,832E+07	1,222E+08	5,044E+07	1,209E+07	4,713E+06	3,424E+06	2,830E+06	2,937E+06	5,004E+06	6,892E+06	1,529E+07	3,325E+08
SAS-CH-2	1,731E+07	3,108E+07	5,539E+07	2,283E+07	5,349E+06	2,004E+06	1,418E+06	1,152E+06	1,203E+06	2,131E+06	2,991E+06	6,807E+06	1,497E+08
SAS-CH-3	1,874E+08	3,369E+08	6,036E+08	2,470E+08	5,937E+07	2,371E+07	1,751E+07	1,464E+07	1,513E+07	2,514E+07	3,422E+07	7,488E+07	1,639E+09
SAS-CH-4	3,181E+08	5,596E+08	9,918E+08	4,149E+08	1,071E+08	4,628E+07	3,561E+07	3,052E+07	3,124E+07	4,894E+07	6,438E+07	1,330E+08	2,781E+09
SAS-CH-5	7,391E+08	1,336E+09	1,999E+09	7,709E+08	1,765E+08	7,912E+07	5,709E+07	4,591E+07	5,455E+07	7,275E+07	1,137E+08	2,433E+08	5,688E+09
SAS-CH-6	3,808E+06	6,387E+06	1,067E+07	3,793E+06	8,743E+05	3,081E+05	1,674E+05	1,318E+05	1,207E+05	2,296E+05	3,467E+05	9,952E+05	2,783E+07
SAS-CH-7	4,617E+08	8,432E+08	1,527E+09	6,130E+08	1,426E+08	5,578E+07	4,087E+07	3,401E+07	3,521E+07	5,918E+07	8,121E+07	1,808E+08	4,075E+09
SAS-CH-8	4,663E+08	8,569E+08	1,557E+09	6,210E+08	1,413E+08	5,384E+07	3,886E+07	3,203E+07	3,328E+07	5,718E+07	7,940E+07	1,801E+08	4,117E+09

Cuadro N° 18-15: Resumen del transporte de sedimentos de fondo en diversas secciones del río Huaura.

SECCIONES	SOLIDOS DE FONDO MENSUALES (KG)												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	ANUAL
SAS-CH-1	8,463E+08	1,009E+09	1,377E+09	9,285E+08	5,448E+08	3,879E+08	3,599E+08	3,405E+08	3,361E+08	4,043E+08	4,389E+08	5,933E+08	7,567E+09
SAS-CH-2	5,817E+08	6,921E+08	9,357E+08	6,361E+08	3,791E+08	2,722E+08	2,531E+08	2,397E+08	2,366E+08	2,836E+08	3,070E+08	4,119E+08	5,229E+09
SAS-CH-3	1,005E+09	1,224E+09	1,679E+09	1,111E+09	6,238E+08	4,310E+08	3,955E+08	3,720E+08	3,681E+08	4,495E+08	4,937E+08	6,847E+08	8,837E+09
SAS-CH-4	3,058E+08	3,538E+08	4,683E+08	3,303E+08	2,067E+08	1,508E+08	1,406E+08	1,333E+08	1,316E+08	1,571E+08	1,692E+08	2,232E+08	2,771E+09
SAS-CH-5	1,029E+09	1,176E+09	1,448E+09	1,021E+09	6,580E+08	5,140E+08	4,844E+08	4,593E+08	4,672E+08	5,151E+08	5,671E+08	7,237E+08	9,063E+09
SAS-CH-6	1,688E+08	1,945E+08	2,542E+08	1,652E+08	9,718E+07	6,565E+07	5,464E+07	5,064E+07	4,816E+07	6,068E+07	6,838E+07	1,019E+08	1,330E+09
SAS-CH-7	6,434E+08	7,290E+08	9,491E+08	6,888E+08	4,478E+08	3,316E+08	3,125E+08	2,984E+08	2,936E+08	3,452E+08	3,703E+08	4,808E+08	5,891E+09
SAS-CH-8	6,869E+08	7,696E+08	9,951E+08	7,316E+08	4,882E+08	3,704E+08	3,508E+08	3,343E+08	3,292E+08	3,854E+08	4,086E+08	5,220E+08	6,372E+09

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Especialista en Hidrología
Esp. [illegible]
CIP. 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVICIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 56999

Manuel J. Erazo Vasquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISION HUAURA

Cuadro N° 18-16: Resumen del transporte de sedimentos totales en diversas secciones del río Huaura.

SECCIONES	SÓLIDOS TOTALES MENSUALES (KG)												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	ANUAL
SAS-CH-1	8,846E+08	1,077E+09	1,499E+09	9,789E+08	5,569E+08	3,926E+08	3,633E+08	3,433E+08	3,391E+08	4,093E+08	4,458E+08	6,086E+08	7,899E+09
SAS-CH-2	5,990E+08	7,232E+08	9,911E+08	6,589E+08	3,845E+08	2,742E+08	2,545E+08	2,408E+08	2,378E+08	2,857E+08	3,100E+08	4,187E+08	5,379E+09
SAS-CH-3	1,192E+09	1,561E+09	2,282E+09	1,358E+09	6,831E+08	4,547E+08	4,130E+08	3,867E+08	3,832E+08	4,747E+08	5,279E+08	7,596E+08	1,048E+10
SAS-CH-4	6,239E+08	9,133E+08	1,460E+09	7,452E+08	3,138E+08	1,971E+08	1,763E+08	1,639E+08	1,628E+08	2,060E+08	2,336E+08	3,562E+08	5,552E+09
SAS-CH-5	1,768E+09	2,512E+09	3,447E+09	1,792E+09	8,346E+08	5,931E+08	5,415E+08	5,052E+08	5,218E+08	5,879E+08	6,808E+08	9,670E+08	1,475E+10
SAS-CH-6	1,726E+08	2,008E+08	2,649E+08	1,689E+08	9,806E+07	6,595E+07	5,480E+07	5,077E+07	4,828E+07	6,091E+07	6,873E+07	1,029E+08	1,358E+09
SAS-CH-7	1,105E+09	1,572E+09	2,476E+09	1,302E+09	5,904E+08	3,874E+08	3,533E+08	3,324E+08	3,288E+08	4,044E+08	4,515E+08	6,615E+08	9,965E+09
SAS-CH-8	1,153E+09	1,626E+09	2,552E+09	1,353E+09	6,295E+08	4,242E+08	3,897E+08	3,664E+08	3,625E+08	4,425E+08	4,880E+08	7,020E+08	1,049E+10

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

Ing. Carlos Humberto Vasquez Contreras
JEFE DE SUPERVISION
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

Ing. Manuel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

19 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

19.1 CONCLUSIONES

Se obtuvieron los parámetros fisiográficos de las subcuencas y microcuencas; para fines del estudio hidrológico la cuenca del río Huaura fue subdividida en 11 subcuencas, con las características siguientes.

- La cuenca del río Huaura, tiene una superficie 4 277.9 km^2, un perímetro de 434 km, la altitud media de 3171 msnm., presenta una pendiente de cauce del 2.90%, una longitud de cauce principal 158 km. El factor de forma es de 0.17 mientras que el coeficiente de compacidad determinado es de 1.85.
- Para efectos de análisis se ha subdivido en once (11) subcuencas, denominadas como: Quinchas-Ushpa, Pampahuay-Paton, Huaura-Churin, Cochaquillo-Queruraccra, Checras, Huaura-Paccho-Tingo, Yarucaya, Huaura-Sayán, Chico-Auquimarca, Huaura-Medio y Huaura-Bajo, se determinaron sus parámetros físicos como son el área, altitud media, longitud de cauce principal y pendiente media del cauce como las más representativas.
- En la cuenca del río Huaura, se han identificado diecinueve (19) zonas de vida y que corresponden a bosque seco - Montano Bajo Tropical (bs - MBT), desierto árido – Montano Tropical (da – MT), desierto desecado – Subtropical (dd – S), desierto perárido - Montano Bajo Subtropical (dp – MBS), desierto perárido – Montano Bajo Tropical (dp – MBT), desierto perárido – Premontano Tropical (dp – PT), desierto superárido Subtropical (ds – S), estepa espinosa – Montano Bajo Tropical (ee-MBT), estepa - Montano Tropical (e-MT), matorral desértico - Montano Bajo tropical (ms – MBT), matorral desértico - Montano Tropical (md – MT), matorral desértico - Premontano Tropical (md – PT), matorral desértico – Subalpino Tropical (md - SaT), monte espinoso – Premontano Tropical (mte-PT), nival - Tropical (n - AT), páramo húmedo – Subalpino Tropical (ph – SaT), páramo muy húmedo - Subalpino Tropical (pp – SaT), parámetro pluvial - Subalpino Tropical (pp – SaT) y tundra pluvial –Alpino tropical (tp-AT).
- Se determinaron los parámetros de forma de la cuenca del río Huaura, como son el coeficiente de compacidad y de forma igual a 1.85 y 0.17 respectivamente, es decir que se trata de una forma oval oblonga a rectangular oblonga; similarmente se determinaron para las once (11) subcuencas.
- En cuanto a las disponibilidades hídricas, la estación Sayán registra descargas medias diarias del río Huaura, dicha estación es operada por el SENAMHI, se solicitó la información promedio diaria del periodo 1964-2018, sin embargo, presenta un periodo no registrado comprendido entre 01-ene-1981 al 31-ago-2012 El caudal medio mensual del río Huaura para el periodo 1964-1981, varía entre 11.72 m^3/s en el mes de agosto y un máximo de 62.80 m^3/s para el mes de marzo, con una media multianual de 25.80 m^3/s. Respecto al periodo 2012-2018, el caudal medio mensual varía entre 9.51 m^3/s en el mes de agosto y un máximo de 72.04 m3/s para el mes de marzo, con una media multianual de 22.74 m^3/s; lo que indica un descenso progresivo.
- Existen registros de caudales del río Sayán en la confluencia con el río Chico, entre los años 1925 y 1968, que fueron medidos en la estación Casa Blanca, que en la actualidad no está operativa; el caudal medio mensual del río Huaura, osciló entre 10.85 m^3/s en el mes de agosto y un máximo de 61.58 m^3/s para el mes de marzo, con una media multianual de 27.37 m^3/s.

Manuel Ángel Ríos Vásquez
Representante Común del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. CARLOS HUMBERTO NUÑEZ GUTIERREZ
JEFE DE SUPERVISION
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58990

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcial Arturo Pérez Bocerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

- En base a los registros hidrométricos recabados, se pudo conocer los máximos caudales promedios diarios del río Sayán, siendo los más importantes los siguientes: año 1949 con 285 m^3/s, año 1955 con 230 m^3/s, año 1941 con 215.63 m^3/s, año 1967 con 200 m^3/s, año 1973 con 164.13 m^3/s, año 2006 con 158.77 m^3/s, año 1974 con 142 m^3/s, año 1978 con 132.50 m^3/s y año 2017 con 130.55 m^3/s. Cabe mencionar que los registros máximos instantáneos tuvieron una mayor magnitud, la cual no ha sido registrada por ninguna estación.
- Para el río Chico (registro promedio diario periodo 1943-1973), el caudal multianual de 2.04 m^3/s variando entre 8.42 m^3/s en el mes de marzo y un mínimo de 0,24 m^3/s en el mes de septiembre. Así mismo se realizó el análisis de persistencia de caudales al 50%, 75%, 90% y 95%, en los ríos Huaura y Chico.
- Se estimó el caudal máximo instantáneo del río Huaura mediante métodos probabilísticos utilizando los registros diarios de las estaciones Sayán, Alco-Sayán, Casa Blanca, Sayán-Chico y Picoy; las funciones teóricas de probabilidad utilizadas fueron la Distribución Normal, Log-Normal 2P, Log-Normal 3P, Gamma 2P, Gamma 3P, Log Pearson Tipo III, Gumbel y Log Gumbel. Se seleccionaron las distribuciones con menor error estándar, mejor ajuste gráfico y pruebas de bondad de ajuste Kolmogórov-Smirnov. En el siguiente cuadro se muestran los caudales máximos en m^3/s obtenidos.

ESTACIONES HIDROMÉTRICAS	CAUDAL MÁXIMO INSTATÁNEO (m^3/s) PARA DIVERSOS PERIODOS DE RETORNO (AÑOS)									
	2	5	10	25	50	100	200	500	1000	10000
SAYÁN	139.40	175.91	200.10	231.24	255.15	279.87	305.75	342.34	372.20	489.56
CASA BLANCA	136.13	198.81	240.90	294.31	334.10	373.82	413.64	466.67	507.09	641.23
ALCO-SAYÁN	90.65	148.66	189.81	244.39	286.78	330.59	376.09	439.16	489.21	668.82
SAYÁN-CHICO	30.29	49.02	63.06	82.48	98.10	114.66	132.25	157.21	177.49	254.30
PICOY	18.79	29.92	38.17	49.47	58.49	68.01	78.06	92.26	103.73	146.82

- Los resultados de las máximas avenidas del río Huaura obtenidas por el modelo-HEC HMS, son los siguientes.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezu Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Raúl Arturo Pérez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

Figura 224: Caudales máximos instantáneos para diversos periodos de retorno en secciones de interés de la cuenca del río Huaura mediante el modelo HEC-HMS

PUNTOS DE INTERÉS	CÓDIGO HEC HMS	DESCRIPCIÓN	CAUDAL MÁXIMO INSTANTÁNEO (m^3/s)								
			Tr 2 años	Tr 5 años	Tr 10 años	Tr 25 años	Tr 50 años	Tr 100 años	Tr 200 años	Tr 500 años	Tr 1000 años
1	J330	RÍO HUAURA EN UNIÓN QUICHAS-USHPA Y PAMPAHUAY-PATÓN	21.5	22.5	28.4	29.5	36.4	45.2	55.3	71.4	73.1
2	J248	RÍO CHECRAS EN UNIÓN COCHAQUILLO Y QUERURACCRA	64.7	86.1	103.9	141.5	155.7	197.4	251.1	364.3	465.7
3	J286	RÍO HUAURA EN UNIÓN HUAURA Y CHECRAS	93.1	137.9	177.4	244.8	285.9	362.0	455.8	650.7	806.1
4	J237	RÍO HUAURA EN UNIÓN YARUCAYA Y HUAURA-PACCHO-TINGO	104.1	153.7	197.6	274.0	323.1	409.8	516.9	741.3	921.6
5	J196	RÍO HUAURA EN UNIÓN HUAURA-SAYÁN Y CHICO-AUQUIMARCA	134.6	198.5	255.3	349.1	412.1	516.2	643.1	909.0	1,121.3
6	J211	RÍO HUAURA EN HUAURA-MEDIO	132.7	195.4	251.5	345.5	408.6	513.9	643.1	914.2	1,133.1
7	Outlet 1	RÍO HUAURA EN HUAURA-BAJO	130.1	191.2	246.4	338.4	400.9	505.0	632.6	901.6	1,119.8

Fuente: Elaboración propia, modelo hidrológico HEC-HMS

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Manuel Angel Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

PEDRO VILLAFAN VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 59959

Manuel Vasquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISION HUAURA

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

19.2 RECOMENDACIONES

- Es necesario contar con un sistema de medición automatizada de las descargas en diversos tramos del río Huaura y tributarios principales como, Checras, Pampahuay, Yarucaya, Río Chico y Puente Panamericana.

Manuel J. Ecos Vásquez
Representante Comun del Consorcio
SUPERVISIÓN HUAURA

ING. CARLOS HUMBERTO VASQUEZ CONTRERAS
JEFE DE SUPERVISIÓN
CONSORCIO SUPERVISION HUAURA
CIP N° 58999

PEDRO VILLAFANI VIVAS
Ingeniero Mecánico de Fluidos
Reg.Colegio de Ingenieros N°30021

Ing. Luis Enrique Bendezú Velarde
Jefe de Estudio
C.I.P. 43296

Ing. Marcel Arturo Perez Becerra
Especialista en Hidrologia
CIP: 64031

CARLOS ALBERTO AGUILAR MEZA
REPRESENTANTE LEGAL

MAPAS TEMÁTICOS