2072

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

CONSORCIO CISPDR-SIGT

FORMULACIÓN DEL PLAN INTEGRAL PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RÍO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

Código del Proyecto:	Etapa:	Código de Informe:
SIGT 19-01	Entregable Final	SIGT 19-01-IT-MHF-06-Rev1

COMPONENTE A

PERFIL A-2

"CREACIÓN DEL SERVICIO DE PROTECCIÓN CONTRA INUNDACIONES Y MOVIMIENTO DE MASAS EN LAS QUEBRADAS SAN JERÓNIMO, CONDORAY, JACAYITA Y PICAMARÁN EN LOS DISTRITOS DE LUNAHUANÁ, PACARAN Y ZUÑIGA DE LA PROVINCIA DE CAÑETE- DEPARTAMENTO DE LIMA"

ANEXO 08: ESTUDIO MODELACIÓN HIDRAULICA

Versión 1.0

Especialista en Modelización Hidráulica Fluvial

Ing. Julio Martín Kuroiwa Zevallos

Ing. JULIO MARTÍN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Revisión	Fecha	Hecho Por	Revisado	Aprobado	Descripción
A	10-08-2020	JMKZ	JAOA	JAOA	Emitido para revisión interna
0	07-09-2020	JMKZ	JAOA	JAOA	Emitido para Aprobación

ESTUDIO MODELACIÓN HIDRAULICA

PERFIL A-2 "CREACIÓN DEL SERVICIO DE PROTECCIÓN CONTRA INUNDACIONES Y MOVIMIENTO DE MASAS EN LAS QUEBRADAS SAN JERÓNIMO, CONDORAY, JACAYITA Y PICAMARÁN EN LOS DISTRITOS DE LUNAHUANÁ, PACARAN Y ZUÑIGA DE LA PROVINCIA DE CAÑETE- DEPARTAMENTO DE LIMA"

1. QUEBRADA SAN JERONIMO

INDICE

1. ASPECTOS GENERALES DEL ESTUDIO 5

1.1. ANTECEDENTES 5
1.2. OBJETIVOS 6
1.3. ZONA DE ESTUDIO 7
1.3.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO 7
1.3.2. OBRAS DE PROTECCIÓN EXISTENTES 8

2. MODELAMIENTO HIDRÁULICO 11

2.1. DATOS RECOPILADOS EN LAS QUEBRADAS 11
2.2. MODELO NUMÉRICO BIDIMENSIONAL 12
2.3. TAMAÑO DE LOS ELEMENTOS DE LA MALLA PARA LA MODELACIÓN HIDRÁULICA 2D 14
2.4. PARÁMETROS INICIALES DE LA MODELIZACIÓN 19
2.4.1. TOPOGRAFÍA UTILIZADA 19
2.4.2. PARÁMETROS HIDRÁULICOS 21
2.4.3. DIMENSIONAMIENTO DE LA MALLA 28
2.5. EJECUCIÓN DEL MODELO 2D 30
2.5.1. CONDICIONES DE CONTORNO DEL FLUJO 30
2.5.2. TRANSPORTE DE SEDIMENTOS 34

3. RESULTADOS DE LA MODELIZACIÓN SIN SISTEMA DE PROTECCIÓN 38

4. SISTEMA DE PROTECCIÓN DE LA QUEBRADA SAN JERÓNIMO 43

4.1. CANAL 44
4.1.1. PENDIENTE LONGITUDINAL 44
4.1.2. SECCIÓN DEL CANAL 44
4.2. BADÉN 46
4.2.1. PENDIENTE LONGITUDINAL DEL BADÉN 46

5. RESULTADOS DE LA MODELIZACIÓN CON ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN. 47

6. CONCLUSIONES 49

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KURATOMI VALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

IMÁGENES

Imagen 1. Vista satelital del tramo en estudio en la quebrada San Jerónimo 8
Imagen 2. Croquis de obras existentes en la quebrada San Jerónimo 9
Imagen 3. Tramo protegido de la quebrada San Jerónimo 10
Imagen 4. Cruce del cauce de la quebrada con la carretera 10
Imagen 5. Cauce de la quebrada San Jerónimo sin protección y con taludes erosionados 11
Imagen 6 Vista de Quebrada San Jerónimo, en Cañete, notese la turbulencia del flujo caótico. 12
Imagen 7. Topografía importada en formato ASCII 20
Imagen 8. Valores del coeficiente de Manning para la quebrada San Jerónimo 24
Imagen 9. Vista aguas arriba de la quebrada San Jerónimo 26
Imagen 10. Vista aguas abajo de la quebrada San Jerónimo 26
Imagen 11. Refinamiento de malla según zonas 30
Imagen 12. Condición de contorno en la entrada para la quebrada San Jerónimo 33
Imagen 13. Condición de contorno de salida para la quebrada San Jerónimo 34
Imagen 14. Propagación de Flujo , T_r = 100 años. 39
Imagen 15. Velocidad Máxima , T_r = 100 años. 40
Imagen 16. Zona de riesgo 41
Imagen 17. Inundación generada por la avenida centenaria. 42
Imagen 18. Inundación generada por la avenida cuyo periodo de retorno es 500 años 42
Imagen 19. Canal de mampostería de piedra 43
Imagen 20. Planta del canal de protección de la quebrada San Jerónimo 44
Imagen 21. Sección típica 1 para la quebrada San Jerónimo 45
Imagen 22. Sección típica 2 para la quebrada San Jerónimo 45
Imagen 23. Vista en planta del badén de la quebrada San Jerónimo 46
Imagen 24. Perfil del badén de la quebrada San Jerónimo 46
Imagen 25. Propagación de Flujo , Tr = 100 años. 47
Imagen 26. Velocidad Máxima , Tr = 100 años 48
Imagen 27. Tirantes Máximos , Tr = 500 años. 48
Imagen 28. Velocidad Máxima , Tr = 500 años 49

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

TABLAS

Tabla 1. Ubicacion de la quebrada SanJerónimo 7
Tabla 2. Tamaño de mallas en una serie de estudios de ingenieria y de investigaciones 15
Tabla 3 Hidrograma del caudal máximo de flujo (líquido + sólido) - Quebrada SanJerónimo 21
Tabla 4 Caudales máximos 23
Tabla 5. Tabla de Cowan para determinar la influencia de factores sobre el coeficiente n 25
Tabla 6. Valores de influencia de Cowan para la quebrada San Jerónimo 27
Tabla 7. Valores de coeficientes de Rugosidad de Manning - FHWA 2012 27
Tabla 8. Coeficiente de rugosidad de Manning para las llanuras de inundación de la quebrada San Jerónimo 28
Tabla 9. Discretización y refinamiento de malla según zonas de estudio. 29
Tabla 10. Valores de Froude según periodo de retorno en zona de estudio 31
Tabla 11. Valores de Velocidad según periodo de retorno en la primera sección de análisis 32
Tabla 12. Coeficiente de difusión de sedimentos 37
Tabla 13. Número de Schmidt 37
Tabla 14. Longitud de protección del cauce de la quebrada 44

CUADROS

Cuadro 1 Condiciones de contorno implementadas en los contornos abiertos 31
Cuadro 2. Condiciones de contorno seleccionadas para el modelo IBER 33
Cuadro 3. Paquete de análisis de sedimentos 38

FIGURAS

Figura 1. Red de Elementos Triangulares 14
Figura 2. Relación entre β y el cociente de la velocidad de sedimentación y la velocidad de corte 18
Figura 3. Tipos de mallas 29

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

ING. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

1. ASPECTOS GENERALES DEL ESTUDIO

1.1. ANTECEDENTES

En los últimos años, en el Perú, han ocurrido fenómenos relacionados a inundaciones, movimiento de masas de lodo acompañados de piedras y rocas (flujo de detritos), también conocidos como huaycos, así como erosiones fluviales; este es el caso de la zona occidental de nuestro país; donde, estos fenómenos se vienen presentado de manera muy recurrente, principalmente entre los meses de diciembre y abril, correspondientes a la temporada de lluvias en nuestro país; llegando a afectar a los centros poblados y vías de acceso circundantes a estos sectores vulnerables, y la situación tiende a agravarse cuando sucede el evento denominado El Niño, ya que los flujos que se reproducen se ven incrementados por las altas precipitaciones que se producen durante ese evento.

Ante lo mencionado el Consorcio CISPDR-SIGT, viene ejecutando los estudios de preinversión a Nivel de Perfil, para la "Formulación del plan integral para el control de inundaciones y movimientos de masa de la cuenca del río Cañete", y de esta manera formular un plan de acción integral para el control de estos fenómenos presentes en los cauces y quebradas de la cuenca del río Cañete.

El Fenómeno del Niño genera caudales extremos en las cuencas de la vertiente del Pacífico. El calentamiento del Océano Pacífico, en particular de la Región Niño 1+2 (frente a la Costa Peruana), conjuntamente con la convergencia intertropical, la disminución de la circulación sobre el Pacífico Occidental y la presencia de los Andes generan el aumento de precipitación de hasta dos órdenes de magnitud principalmente sobre la Vertiente del Pacífico, lo que genera caudales extremos en los ríos de esta hoya hidrográfica. Se han generado caudales de gran magnitud los años 1972, 1983, 1998 y 2017. En el último caso, se activaron quebradas a lo largo de la cuenca, tanto en las provincias de Cañete como la de Yauyos. En la provincia de Cañete los efectos de los flujos de escombros afectaron a una mayor cantidad de personas y propiedades en los distritos de Lunahuaná, Pacarán y Zúñiga así

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42695
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

como a la infraestructura vial y edificaciones, así como inundación de cultivos. El río Cañete inundó cultivos tanto en la parte media como en la parte baja y ocasiónó la pérdida de parte de la plataforma de la vía Cañete – Yauyos en varios sectores. La erosión excesiva de las márgenes del río Cañete ocasionó la caida de muros perimétricos y puso en peligro las edificaciones construidas cerca de la margen derecha en el tramo entre Pacarán y Lunahuaná. Además ocasionó la caída de un puente colgante en Catapalla.

La presente Modelización Hidráulica 2D de la Quebrada San Jerónimo es parte del proyecto "Creación del servicio de protección contra inundaciones y movimiento de masas en las quebradas San Jerónimo, Condoray, Jacayita y Picamarán en los distritos de Lunahuaná, Pacarán y Zuñiga de la Provincia de Cañete – Departamento de Lima"

1.2. OBJETIVOS

Objetivo principal

- Determinar las llanuras de inundación de la quebrada San Jerónimo, tramo canal San Jerónimo - río Cañete, distrito de Pacarán, mediante el empleo del software Iber v2.5.1, modelo bidimensional de lecho móvil de simulación hidráulica, para caudales de cálculo correspondientes a periodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 años.

Objetivos específicos

- Caracterizar las zonas inundables en la quebrada San Jerónimo, tramo Centro Poblado - río Cañete, para periodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 años.

- Determinar los niveles o tirantes de agua alcanzados en la quebrada San Jerónimo,cuyos caudales de cálculo corresponden a los periodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 años.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KURONIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

- Presentar mapas de inundación y velocidad de la quebrada San Jerónimo, mediante el modelamiento hidraulico teniendo en cuenta las carateristicas actuales de la zona en estudio.
- Indentificar las areas expuestas a un mayor riesgo de inundación y/o afectación por movimientos de masas.
- Proponer los sistemas de protección para las quebradas, para un periodo de retorno de 100 años
- Presentar mapas de inundación y velocidad de la quebrada San Jerónimo, tramo Centro Poblado - río Cañete mediante el modelamiento hidraulico teniendo en cuenta la implementación de las estructuras propuestas.

1.3. ZONA DE ESTUDIO

1.3.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La quebrada San Jerónimo se ubica en el distrito de Lunahuaná, provincia de Cañete, departamento de Lima. La zona analizada se encuentra en la cuenca baja de quebrada, entre la cota 480 msnm y 370 msnm, con una longitud de cauce, en este tramo, de 1.5 km, hasta la desembocadura al río Cañete; y con una pendiente media del 6.8%.

Tabla 1. Ubicacion de la quebrada SanJerónimo

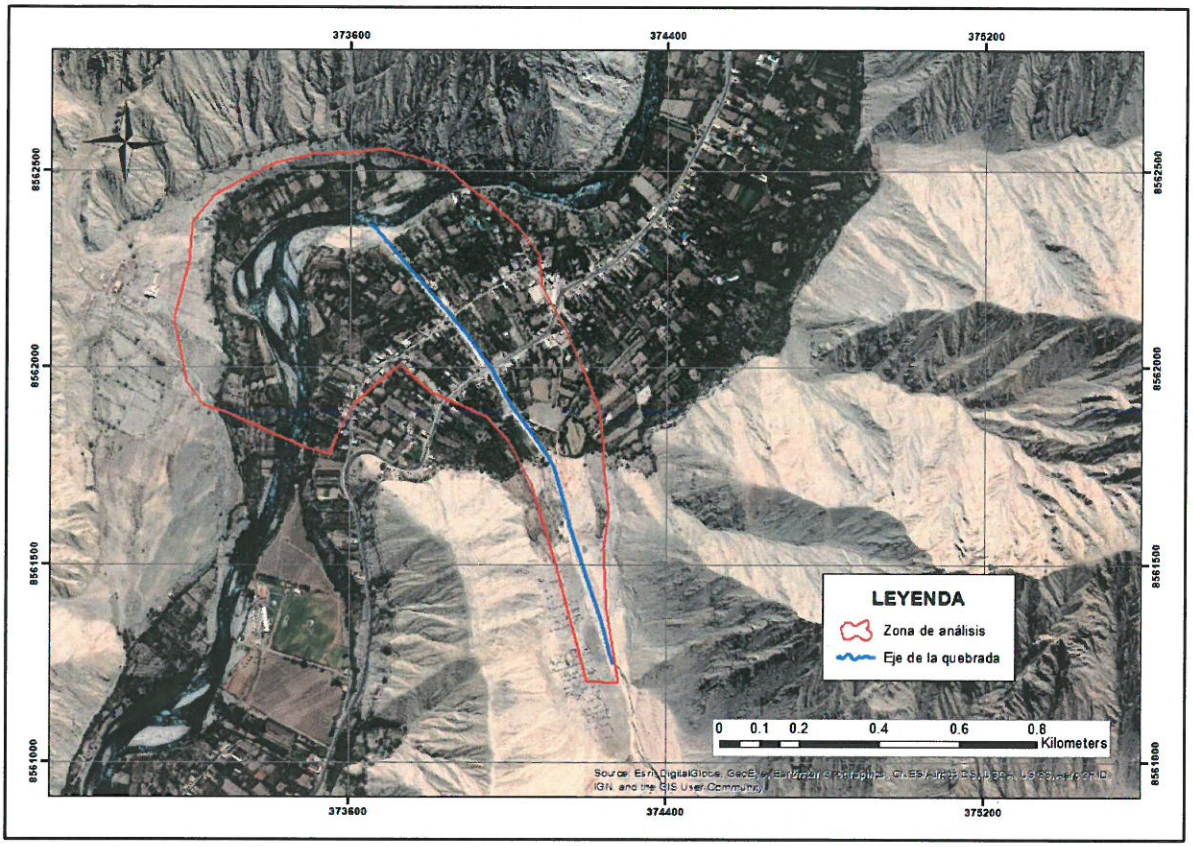
QUEBRADA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		Datum: WGS 84 - COORDENADAS UTM		
	Latitud	Longitud	Zona	Este (m)	Norte (m)
SAN JERÓNIMO	13° 0'19.06" S	76° 9'44.26" O	18L	373954	8561991

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVIAL

Imagen 1. Vista satelital del tramo en estudio en la quebrada San Jerónimo



1.3.2. OBRAS DE PROTECCIÓN EXISTENTES

Se observó en la visita de campo que la quebrada san Jerónimo cuenta con una estructura de protección parcial 50 m aguas abajo del cruce de su cauce con la carretera. Sin embargo, esta no tiene un ingreso adecuado, lo cual genera obstruccuón del paso del flujo. Además como se muestra en la imagen n°3 esta protección sufrió erosión y abrasión.

Aguas arriba del cruce con la carretera tiene una protección basada en pircas artesanales con roca, esta se muestra en la imagen n°4.

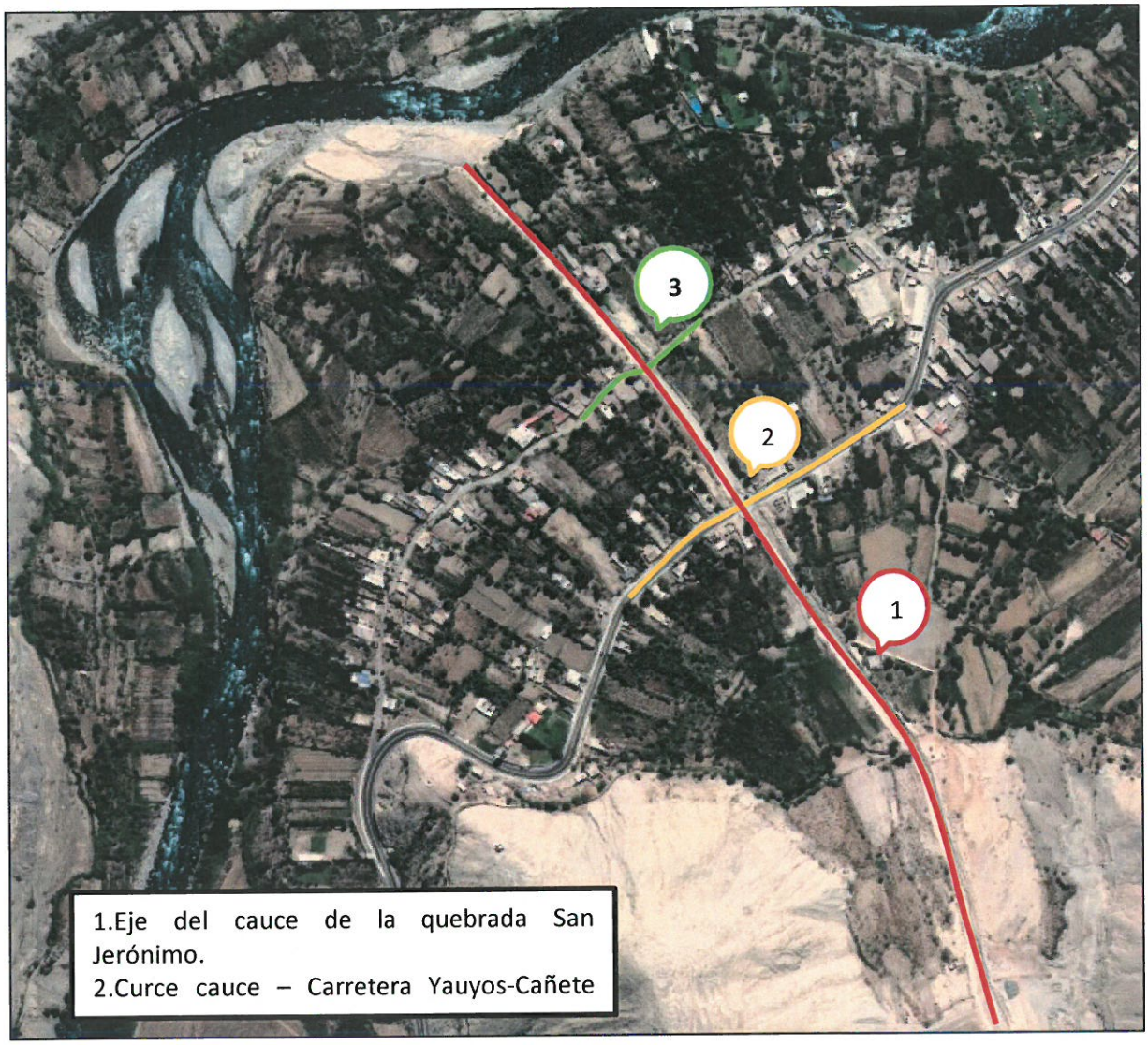
El cauce de la quebrada se encuentra desprotegido aguas arriba como se ve en la imagen n°5, donde se ven taludes erosionados.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Imagen 2. Croquis de obras existentes en la quebrada San Jerónimo



TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVIA

Imagen 3. Tramo protegido de la quebrada San Jerónimo



Imagen 4. Cruce del cauce de la quebrada con la carretera

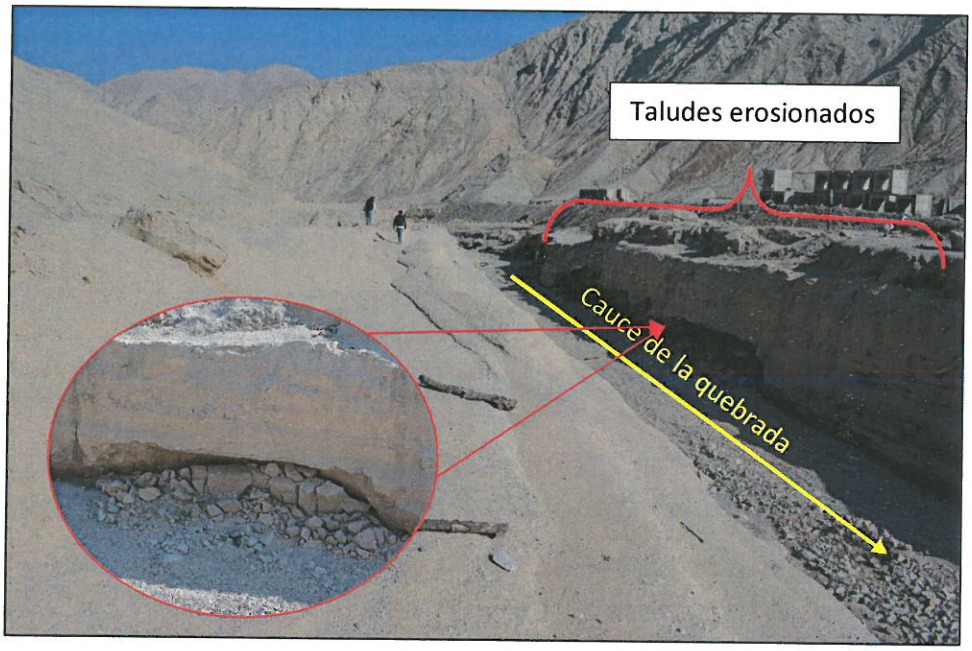


TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

ING. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
EXPERTO MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Imagen 5. Cauce de la quebrada San Jerónimo sin protección y con taludes erosionados



2. MODELAMIENTO HIDRÁULICO

2.1. DATOS RECOPILADOS EN LAS QUEBRADAS

Al ejecutar las simulaciones en las quebradas, es necesario recalcar que estas son intermitentes y se encuentran secas la mayor parte del tiempo. Solo se activan durante la temporada húmeda (Diciembre – Abril) y la mayor parte de ellas sólo durante eventos extraordinarios, es decir no se activan ni siquiera anualmente. Cuando estas quebradas se activan generan flujos de alta velocidad con gran cantidad de arrastre de materiales que harían muy peligroso realizar mediciones durante los eventos en los que se genera flujo de escombros. La Imagen 6, que se muestra a continuación y que ha sido extraída de un video, se muestra la turbulencia y las altas velocidades que alcanza el flujo, arrastrando partículas de gran tamaño. Debido a la falta de instrumentación en la cuenca, poca predictibilidad de estos eventos, alta turbulencia y transporte de sedimentos este tipo de eventos no ha sido documentado. Sin embargo, en el estudio hidrológico se estimaron los caudales en cada quebrada en base a evidencias físicas como marcas de

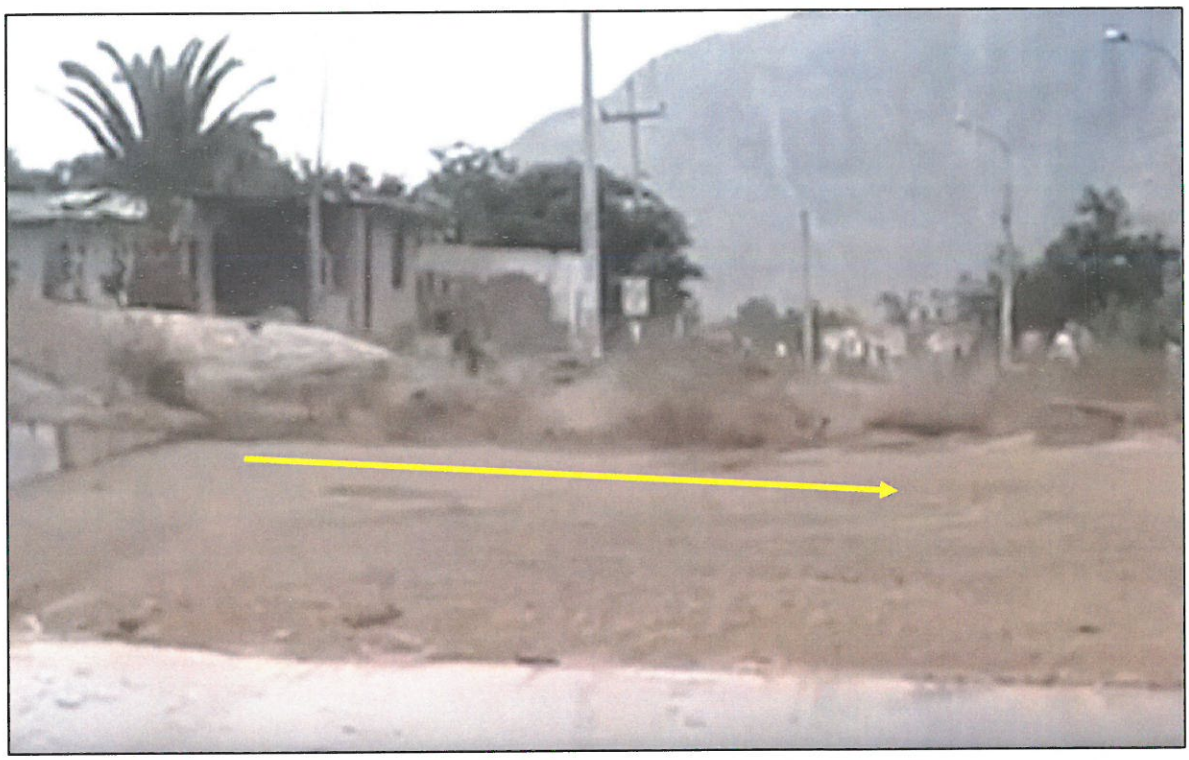
TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

agua, marcas de erosión, etc. Este tipo de información ha sido comparada con los resultados de la modelación hidráulica y la aproximación es adecuada.

Imagen 6 Vista de Quebrada San Jerónimo, en Cañete, notese la turbulencia del flujo caótico.



2.2. MODELO NUMÉRICO BIDIMENSIONAL

En la actualidad los modelos numéricos, ayudados con la capacidad de procesamiento de los ordenadores, permiten adecuarse a un esquema en dos dimensiones (2D), superando los modelos 1D, y ayudándonos a cuantificar parámetros hidráulicos; sobre todo cuando se trata de simulaciones hechas sobre grandes extensiones de terrenos afectados por el paso del agua.

Iber es un modelo matemático bidimensional de lecho móvil para la simulación del flujo en ríos y estuarios. Fue desarrollado por una serie de instituciones españolas, entre ellas, centros de investigación de las universidades Universidade da Coruña, Universidade de Santiago de Compostela, Universitat

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Politècnica de Catalunya, y el Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria y promovido por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX. Bladé et al. (2014) describen, de manera sucinta, las consideraciones teóricas y los métodos empleados para resolver las ecuaciones de movimiento. En este documento se resumen las principales consideraciones teóricas y las funciones del programa Iber v2.5.1.

El módulo hidrodinámico de Iber resuelve las ecuaciones de St. Venant bidimensionales, incorporando los efectos de la turbulencia y rozamiento superficial por viento. Las ecuaciones se muestran debajo:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hU_x}{\partial x} + \frac{\partial hU_y}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(hU_x) + \frac{\partial}{\partial x}\left(hU_x^2 + g\frac{h^2}{2}\right) + \frac{\partial}{\partial y}(hU_xU_y) = -gh\frac{\partial Z_b}{\partial x} + \frac{\tau_{s,x}}{\rho} - \frac{\tau_{b,x}}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x}\left(\nu_t h\frac{\partial U_x}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\nu_t h\frac{\partial U_x}{\partial y}\right)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(hU_y) + \frac{\partial}{\partial x}(hU_xU_y) + \frac{\partial}{\partial y}\left(hU_y^2 + g\frac{h^2}{2}\right) = -gh\frac{\partial Z_b}{\partial y} + \frac{\tau_{s,y}}{\rho} - \frac{\tau_{b,y}}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x}\left(\nu_t h\frac{\partial U_y}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\nu_t h\frac{\partial U_y}{\partial y}\right)$$

Por otro lado, la resistencia al flujo se calcula con la ecuación de Manning, como se presenta debajo:

$$\tau_{b,x} = \rho g h\frac{n^2U_x|U|^2}{h^{4/3}} \qquad \tau_{b,y} = \rho g h\frac{n^2U_y|U|^2}{h^{4/3}}$$

en donde h es el tirante, U_x y U_y son las velocidades horizontales promediadas en profundidad, g es la aceleración de la gravedad, ρ es la densidad del agua, Z_b es la cota del fondo, τ_s es la fricción en la superficie libre debida al rozamiento producido por el viento, τ_b es la fricción debida al rozamiento del fondo y ν_t es la viscosidad turbulenta.

Las ecuaciones de aguas someras y las del modelo k-ε se resuelven mediante el método de volúmenes finitos para mallas bidimensionales no estructuradas.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

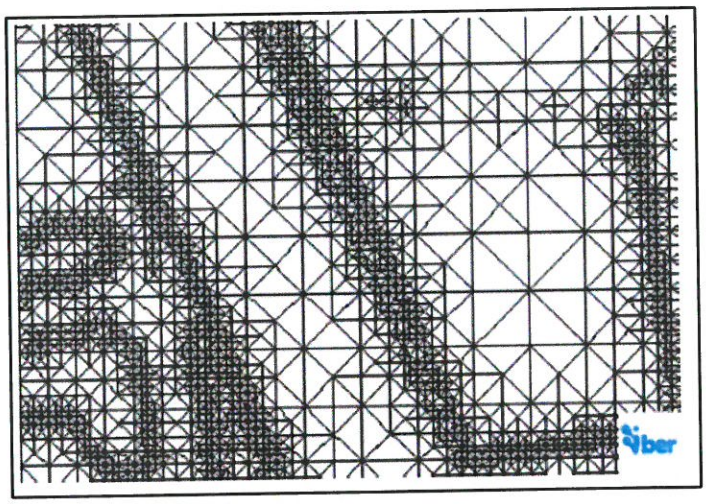
JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KURIOYA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Los esquemas numéricos utilizados en Iber son especialmente apropiados para la modelización de cambios de régimen y de frentes seco-mojado (frentes de inundación).

La discretización del dominio espacial se realiza con volúmenes finitos en mallas no estructuradas, admitiéndose estas mixtas formadas por elementos triangulares y cuadrangulares. La Figura 1, que se presenta debajo, muestra una malla de cálculo formada por una Red Irregular de Triángulos Rectángulos (RTIN).

Figura 1. Red de Elementos Triangulares



Se muestra una red de elementos triangulares a los que se les ha dado la forma de triángulos rectángulos. Fuente: Blade et al. (2014).

2.3. TAMAÑO DE LOS ELEMENTOS DE LA MALLA PARA LA MODELACIÓN HIDRÁULICA 2D

La incorporación de modelos bidimensionales en estudios fluviales es relativamente reciente. Esto se debe, en gran parte, a que el hardware necesario para poder ejecutar estos programas no estaba disponible, en principio, y cuando estuvo disponible, el precio fue elevado. Posteriormente, el costo de los equipos fue disminuyendo. En tiempos recientes la disponibilidad de computadoras personales con un hardware apropiado (por ejemplo, una computadora i9 de décima generación, con procesadores gráficos adecuados)

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

permite ejecutar una simulación de un tramo de río en un plazo razonable (entre horas y dos días). El tiempo de ejecución aumenta con la densidad de las mallas para un mismo tramo. Una simulación adecuada se logra con un balance entre la precisión de las salidas y el tiempo de ejecución. A manera de ejemplo, se incluyen ejemplos de dimensiones de la malla que se han empleado en estudios recientes en la Tabla 2.

Tabla 2. Tamaño de mallas en una serie de estudios de ingenieria y de investigaciones.

Nº	Río	País	Ancho medio (m)	Dimensiones de la malla (m x m)	Tipo de estudio	Nivel de estudio
1	Arroyo de la Almucera	España	250	25 x 25	Inundación	Preliminar
2	Ranchería	Colombia	500	23.4 x 23.4	Inundación	Preliminar
3	Ctalamuchita	Argentina	35	1 x1 a 10 x 10	Puentes	Ingeniería
4	Ica	Perú	60	2.5 a 5	Inundación	Ingeniería

Cabe notar que el tamaño de la malla se encuentra en el orden de 1/10 a 1/30 el ancho del cauce.

El programa también permite definir áreas a las que se puede asignar coeficientes de Manning. Las áreas se definen en base a las fotografías aéreas o satelitales tomando en cuenta la ecuación de Cowan y las tablas existentes en referencias como Chow (1959) u otros.

En los contornos de entrada se fija el caudal de agua y se asume que la dirección del flujo es perpendicular al contorno. En caso de que el flujo entre en régimen supercrítico, se impone adicionalmente el tirante. La distribución del caudal unitario a lo largo del contorno se realiza de forma proporcional al calado en cada punto del mismo según la expresión $q_n = C \cdot h^{5/3}$, donde C es una constante que asegura que la integral del caudal unitario q_n a lo largo del contorno considerado es igual al caudal total de entrada.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

En los contornos de salida se impone el nivel de la lámina de agua en caso de que se produzca un régimen subcrítico, mientras que no es necesario imponer ninguna condición en el caso de que el régimen sea supercrítico. En los contornos de salida se considera asimismo la posibilidad de introducir una relación de curva de gasto que defina la relación entre la cota de la lámina de agua y el caudal específico desaguado en cada punto del contorno.

Las condiciones internas son aquellas configuraciones geométricas particulares tales como compuertas, vertederos o puentes que entran en carga. Las ecuaciones de Saint Venant dejan de ser válidas al no cumplirse la distribución hidrostática por lo que se deben emplear aquellas relaciones que relacionan los caudales que pasan con el ancho y la carga de aquellas estructuras.

En la primera versión del programa Iber se incluye un módulo hidrodinámico, un módulo de turbulencia y un módulo de transporte de sedimentos. Se asume que la granulometría es uniforme, por carga de fondo y por carga en suspensión.

Otras capacidades del programa incluyen en las ecuaciones del modelo los efectos de las precipitaciones y del transporte de sedimentos. En general, según los autores del programa, se puede emplear el programa Iber para las siguientes aplicaciones:

- Simulación del flujo en superficie libre en cauces naturales.
- Evaluación de zonas inundables.
- Cálculo de las zonas de flujo preferente.
- Cálculo hidráulico de encauzamientos.
- Cálculo hidráulico de redes de canales en superficie libre.
- Cálculo de corrientes de marea en estuarios.
- Estabilidad de los sedimentos del lecho.
- Procesos de erosión y sedimentación por transporte de material no cohesivo.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

En este estudio el programa Iber se empleará fundamentalmente para definir la extensión de las áreas de inundación y además, estimar los tirantes y velocidades de una manera más detallada que en un modelo unidimensional.

El transporte de sedimentos, tanto en fondo como en suspensión, se calcula mediante ciertas ecuaciones predefinidas. El transporte en fondo se puede calcular tomando en cuenta los siguiente métodos o información: umbral de movimiento de Shields, Meyer- Peter- Müller, Van Rijn, etc. El transporte en suspensión contiene las siguientes funciones:

- Incorporación de transporte por difusión turbulenta.
- Término de deposición/resuspensión.
- Cálculo de la concentración de sedimento en suspensión según las formulaciones de:
    - Van Rijn,
    - Smith McLean, y
    - Ariathurai.
- Cálculo de la velocidad de sedimentación de las partículas según van Rijn.
- Condición de contorno de concentración de sedimento en suspensión variable en tiempo.

Estimación de valor medio de coeficiente de difusión de sedimentos

Una serie de autores han empleado un modelo de difusión-advección fraccional (FADE, siglas en inglés). Nie et al (2017) desarrollaron una serie de métodos para predecir la distribución de la concentración de sedimentos en la vertical. La expresión para calcular el un coeficiente promedio de difusión de sedimentos. La expresión propuesta fue la siguiente:

$$\overline{\varepsilon_{sy}} = \frac{209\kappa u_* h}{1200}$$

Donde: k = constante de von Karman, u_* es la velocidad de corte, h es el tirante o calado en la sección estudiada.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVI

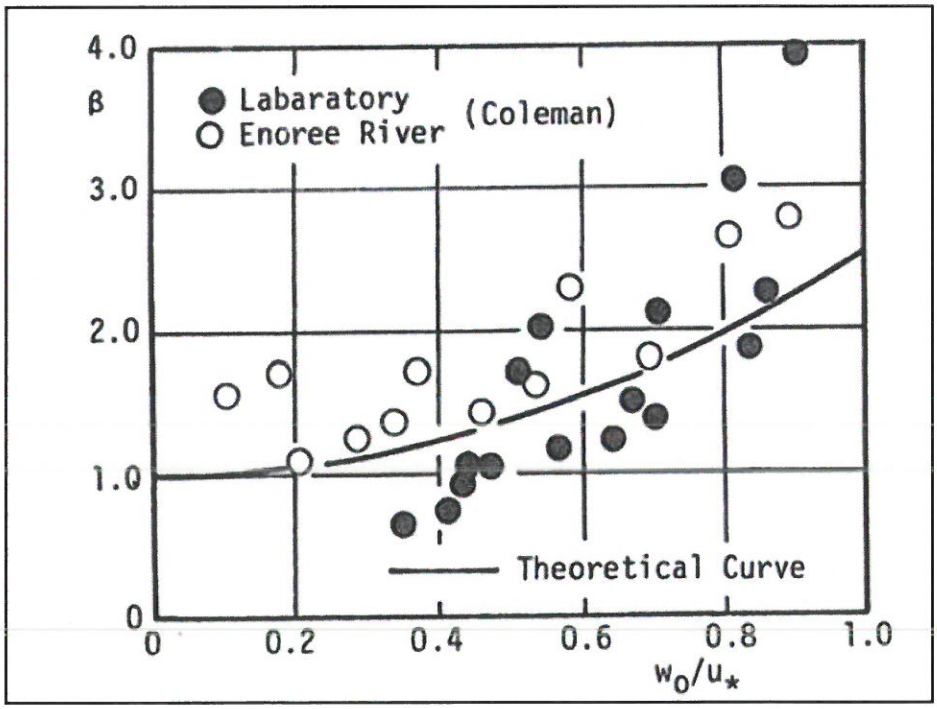
Relación entre b y w_o/u^*

El número de Schmidt es la inversa de β. El valor de β se puede calcular a partir de la siguiente expresión:

$$\beta = 1 + \alpha_1 \left(\frac{w_o}{U_*}\right)^{\alpha_2}$$

Donde w_o es la velocidad de caída estimada del sedimento y U* es la velocidad de corte, es decir la raíz cuadrada del cociente del esfuerzo cortante medio entre la densidad del fluido. Los valores propuestos por Tsujimoto (2010) son α_1 = 1.56 y α_2 = 2, en base a un modelo teórico y que aproximadamente coinciden con los valores propuestos por Kerssens (1979): α_1 = 1.54 y α_2 = 2.12, en base a una relación empírica propuesta en base a datos que Coleman (1970) tomó en el río Enoree.

Figura 2. Relación entre β y el cociente de la velocidad de sedimentación y la velocidad de corte.



Las salidas del programa, en formato ASCII, como el que emplea Arc Info, permite tratar los datos en entorno GIS y presentar las salidas en un formato gráfico amigable con el usuario, diseñadores y tomadores de decisiones.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

El metodo de volúmenes finitos, incrementa la mejora en la estabilidad y robustez sobre las técnicas de diferencias finitas y elementos finitos, pudiendo manejar adeucadamente situaciones de flujo en regimnenes subcrtiticos, supercriticos y mixtos.

2.4. PARÁMETROS INICIALES DE LA MODELIZACIÓN

A continuación, se describirán los parámetros empleados en el modelo 2D, para el programa IBER; así como la descripción de las particularidades más importantes que presenta el modelo.

2.4.1. TOPOGRAFÍA UTILIZADA

La especialidad de cartografía proporcionó los levantamientos topográficos efectuados mediante LIDAR (Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging). Este procedimiento consiste en determinar los puntos X, Y y Z de la superficie terrestre mediante la emisión y detección de un haz láser que rebota en la superficie y que toma en cuenta las inclinaciones de los ejes del avión con respecto a los tres ejes. En este caso en particular el método es adecuado debido a la escasa vegetación del terreno. En tramos urbanos es necesario tener en cuenta los rebotes que podrían ocurrir con los techos de las edificaciones.

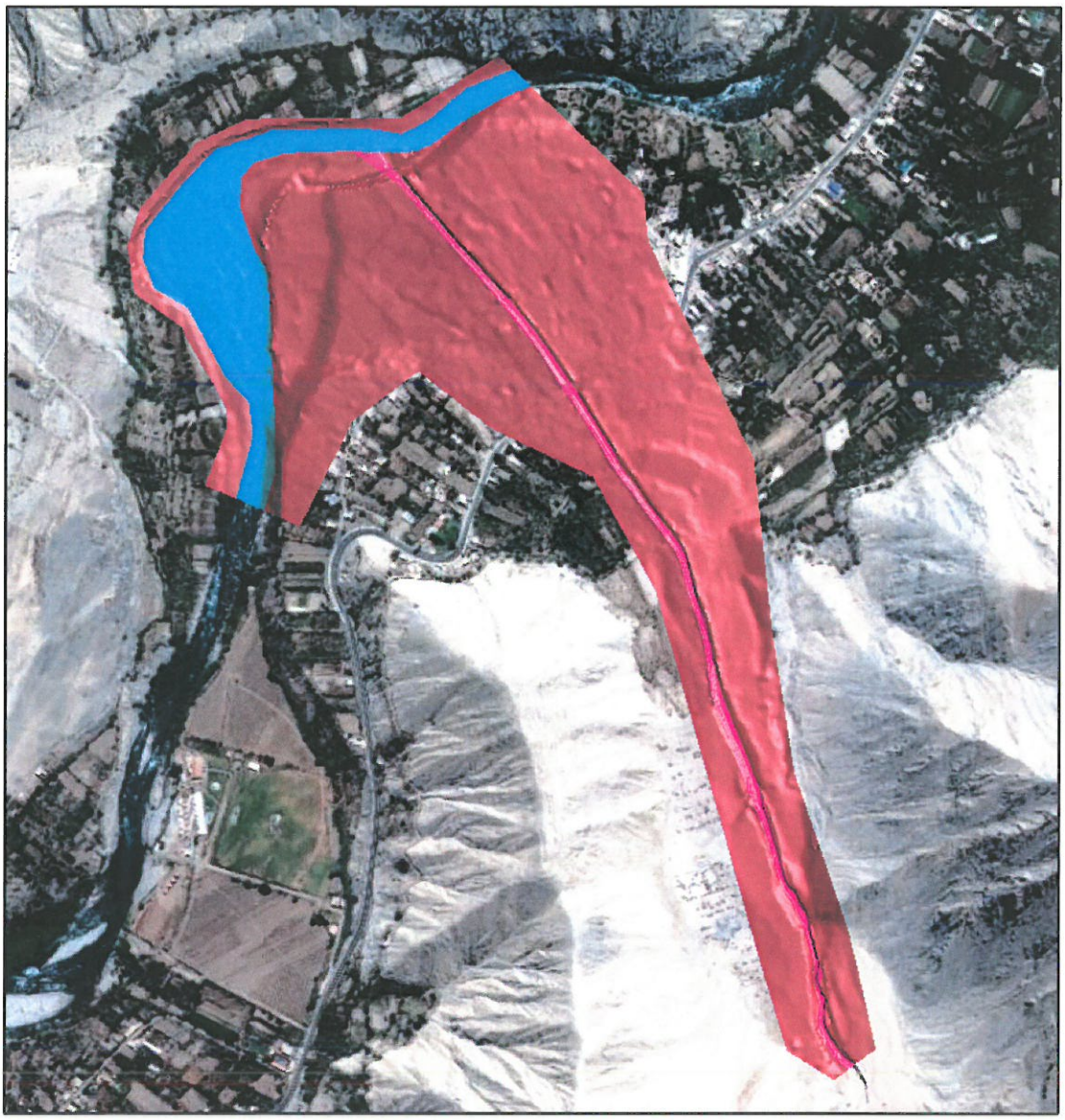
Apartir de esta topografia , se generó la base para el modelamiento hidráulico en el Software IBER; para ello, a la superficie proporcionada, se le dio el formato tipo ASCII, a partir de un formato DEM el cual tiene dimenciones de celda de 0.3 x 0.3 metros y numero de bandas igual a 1.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Imagen 7. Topografía importada en formato ASCII



TOMÁS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVI

2.4.2. PARÁMETROS HIDRÁULICOS

2.4.2.1. HIDROGRAMA DEL CAUDALES MÁXIMOS

Se ha empleado para la simluación hidrogramas de flujo para periodos de retorno T_r = 10, 50, 100 y 500 años, los cuales se han obtenido del informe Hidrológico correspondiente al presente estudio.

La tabla 3, que se presenta a continuación, muestra los valores del hidrograma de caudal máximo de flujo (líquido + sólido) para los diferentes periodos de retorno. Esta información esta asociada a la condición de contorno de entrada, la cual deberá ser empleada en el proceso de simulación:

Tabla 3 Hidrograma del caudal máximo de flujo (líquido + sólido) - Quebrada SanJerónimo

Subcuenca 51 (San Jerónimo)	Periodo de Retorno, T_r			
Tiempo	10	50	100	500
00:00	0.0	0.0	0.0	0.0
01:00	0.0	0.0	0.0	0.0
02:00	0.0	0.0	0.0	0.0
03:00	0.0	0.0	0.0	0.0
04:00	0.0	0.0	0.0	0.0
05:00	0.0	0.0	0.0	0.0
06:00	0.0	0.0	0.0	0.0
07:00	0.0	0.0	0.0	0.0
08:00	0.0	0.0	0.0	0.0
09:00	0.0	0.0	0.0	0.0
10:00	0.0	0.0	0.1	3.2
11:00	3.6	5.2	6.7	12.1
12:00	8.9	13.0	15.2	21.0
13:00	10.7	15.6	17.9	23.6
14:00	12.5	18.2	20.7	26.4
15:00	12.5	18.2	20.6	26.0
16:00	12.5	18.2	20.6	25.9
17:00	12.5	18.2	20.6	25.7

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PRO...

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIA

Subcuenca 51 (San Jerónimo)	Periodo de Retorno, T_r			
18:00	12.5	18.2	20.5	25.5
19:00	12.5	18.2	20.5	25.4
20:00	12.5	18.2	20.4	25.2
21:00	12.5	18.2	20.4	25.1
22:00	12.5	18.2	20.4	25.0
23:00	12.5	18.2	20.3	25.0
00:00	10.7	15.6	17.5	21.6
01:00	3.6	5.2	5.8	7.1
02:00	0.0	0.0	0.1	0.1
03:00	0.0	0.0	0.0	0.0
04:00	0.0	0.0	0.0	0.0
05:00	0.0	0.0	0.0	0.0
06:00	0.0	0.0	0.0	0.0
07:00	0.0	0.0	0.0	0.0
08:00	0.0	0.0	0.0	0.0
09:00	0.0	0.0	0.0	0.0
10:00	0.0	0.0	0.0	0.0
11:00	0.0	0.0	0.0	0.0
12:00	0.0	0.0	0.0	0.0
13:00	0.0	0.0	0.0	0.0
14:00	0.0	0.0	0.0	0.0
15:00	0.0	0.0	0.0	0.0
16:00	0.0	0.0	0.0	0.0
17:00	0.0	0.0	0.0	0.0
18:00	0.0	0.0	0.0	0.0
19:00	0.0	0.0	0.0	0.0
20:00	0.0	0.0	0.0	0.0
21:00	0.0	0.0	0.0	0.0
22:00	0.0	0.0	0.0	0.0
23:00	0.0	0.0	0.0	0.0
00:00	0.0	0.0	0.0	0.0
01:00	0.0	0.0	0.0	0.0
02:00	0.0	0.0	0.0	0.0
03:00	0.0	0.0	0.0	0.0
04:00	0.0	0.0	0.0	0.0
05:00	0.0	0.0	0.0	0.0

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVIA

Subcuenca 51 (San Jerónimo)	Periodo de Retorno, T_r			
06:00	0.0	0.0	0.0	0.0
07:00	0.0	0.0	0.0	0.0
08:00	0.0	0.0	0.0	0.0
09:00	0.0	0.0	0.0	0.0
10:00	0.0	0.0	0.0	0.0
11:00	0.0	0.0	0.0	0.0
12:00	0.0	0.0	0.0	0.0
13:00	0.0	0.0	0.0	0.0
14:00	0.0	0.0	0.0	0.0
15:00	0.0	0.0	0.0	0.0
16:00	0.0	0.0	0.0	0.0
17:00	0.0	0.0	0.0	0.0
18:00	0.0	0.0	0.0	0.0
19:00	0.0	0.0	0.0	0.0
20:00	0.0	0.0	0.0	0.0
21:00	0.0	0.0	0.0	0.0
22:00	0.0	0.0	0.0	0.0
23:00	0.0	0.0	0.0	0.0
00:00	0.0	0.0	0.0	0.0

Caudales máximos de flujo para los diferentes periodos de retorno para la quebrada San Jerónimo

Tabla 4 Caudales máximos

Periodo de Retorno	Qt Total (m^3/s)
10	12.2
50	18.2
100	20.7
500	26.4

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

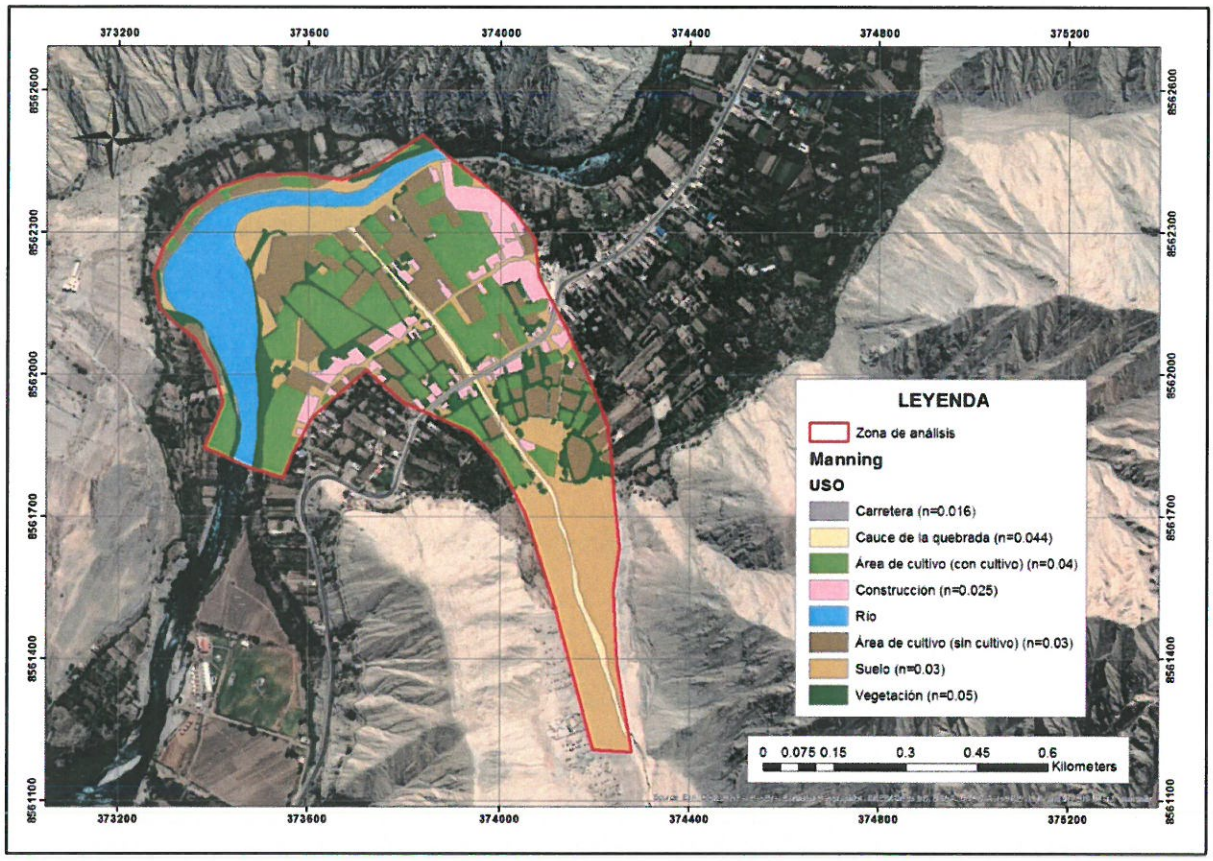
JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

2.4.2.2. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ANÁLISIS POR EL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING

Se ha empleado valores de rugosidad que representan la superficie de la zona analizada, estos valores se pueden ver en la imagen N° 8 (Valores del coeficiente de Manning).

Imagen 8. Valores del coeficiente de Manning para la quebrada San Jerónimo



Para determinar el valor del coeficiente de Manning del cauce de la quebrada se utilizó el método de Cowan, donde se puedes estimar este mediante la siguiente relación:

$$n = m_5 \times (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)$$

En la siguiente tabla se muestran los valores correspondientes a las variables utilizadas por Cowan:

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Tabla 5. Tabla de Cowan para determinar la influencia de factores sobre el coeficiente n

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		0.050
	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
	Media		0.010 - 0.025
	Alta		0.025 - 0.050
	Muy Alta		0.050 - 0.100
Grado de los efectos por meandro	Menor	m_5	1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

Fuente: Hidraúlica de Tuberias y Canales – Arturo Rocha

Para determinar los valores de influencia de Cowan se realizó una visita de campo a la quebrada San Jerónimo, donde se pudo observar las condiciones del cauce que presenta esta.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KURIOWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Imagen 9. Vista aguas arriba de la quebrada San Jerónimo

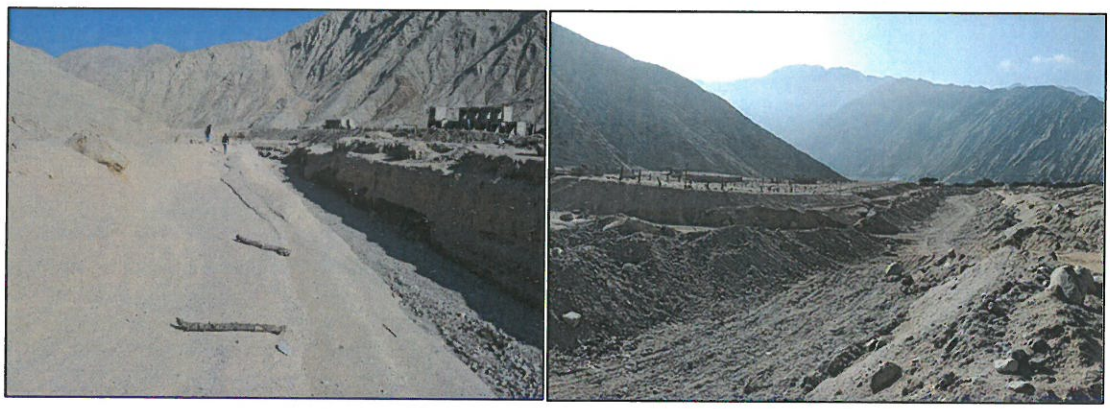
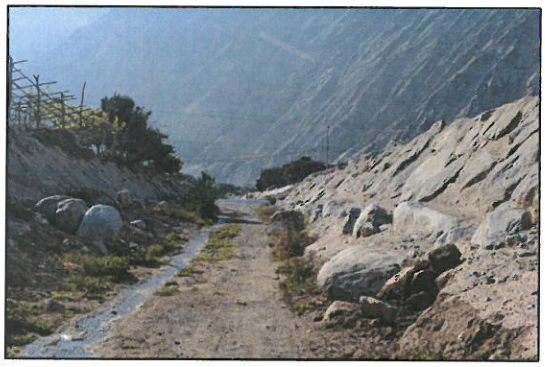


Imagen 10. Vista aguas abajo de la quebrada San Jerónimo



Como se muestra en las imágenes (9) y (10), el material del cauce de la quebrada San Jerónimo está compuesto por grava fina y grava gruesa, variación de sección ocasional, nivel de obstrucción menor, casi despreciable (rocas), vegetación baja y nivel de grado de meandro menor. Con estas características se estimaron los parámetros que se presentan en la Tabla 5 y se estimó un coeficiente de rugosidad de Manning de la quebrada San Jerónimo (n) igual a 0.044.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVIAL

Tabla 6. Valores de influencia de Cowan para la quebrada San Jerónimo

Valores de influencia de Cowan	
n_0	0.024
n_1	0.005
n_2	0.005
n_3	0.005
n_4	0.005
m_5	1.000

Fuente: Elaboración Propia.

Los valores para las áreas de cultivo, con y sin cultivo fueron obtenidos de la sección D de la tabla de valores de ccoeficientes de Rugosidad de Manning (n) de Hydraulic Design of Safe Bridges

Tabla 7. Valores de coeficientes de Rugosidad de Manning - FHWA 2012

TIPO DE CANAL		MÍNIMO	NORMAL	MÁXIMO
D.2 PLANICIES DE INUNDACIÓN	a. Con pasto sin arbusto			
	Pastizales bajos	0.025	0.030	0.035
	Pastizales altos	0.030	0.035	0.050
	b. Áreas cultivadas			
	Sin cultivo	0.020	0.030	0.040
	Cultivos en línea maduros	0.025	0.035	0.045
	Con cultivo	0.030	0.040	0.050
	c. Matorrales			
	Matorrales dispersos, mucha maleza	0.035	0.050	0.070
	Pocos matorrales y árboles en invierno	0.035	0.050	0.060
	Pocos matorrales y árboles en verano	0.040	0.060	0.080
	Matorrales medios a densos en invierno	0.045	0.070	0.110
	Matorrales medios a densos en verano	0.070	0.100	0.160
	d. Árboles			
	Sauces densos, rectos y en verano	0.110	0.150	0.200
	Terreno limpio, con troncos sin retoños.	0.030	0.040	0.050
	Igual que el anterior, pero con gran cantidad de retoños.	0.050	0.060	0.080

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIA

TIPO DE CANAL		MÍNIMO	NORMAL	MÁXIMO
	Gran cantidad de árboles, algunos troncos caídos, con poco crecimiento de matorrales, nivel del agua por debajo de las ramas.	0.080	0.100	0.120
	Igual que el anterior, pero con nivel de creciente por encima de las ramas	0.100	0.120	0.160

Fuente: Hydraulic Design of Safe Bridges - FHWA 2012

Por lo tanto se tiene los siguientes coeficientes de rugosidad de Manning para las llanuras de inundación.

Tabla 8. Coeficiente de rugosidad de Manning para las llanuras de inundación de la quebrada San Jerónimo

Valores de Manning (n)	
Área Cultivada sin cultivo	0.030
Área Cultivada con cultivos	0.040
Matorrales dispersos, mucha maleza	0.050

2.4.3. DIMENSIONAMIENTO DE LA MALLA

El proceso de calibración de un modelo bidimensional parte del tipo y tamaño de malla adecuado para la modelización hidraulica; los ríos y las quebradas tienen una geometria irregular y la construcción de una malla eficiente no es evidente, ante ello es deseable que la malla sea irregular, con el fin de mimimizar el número de elementos con transición suaves; para ello son muy adecuados los métodos de mallado basados en el error cordal (máxima distancia entre el terreno original y la malla). Por ello iber incorpora las capacidades estandar de mallado de GiD, como la creación de mallas estructuradas y no estructuradas de triangulos y de cuadrilateros.Las mallas estructuradas estan formadas por elementos cuadrangulares ordenados en filas y columnas, no obstante, resulta complejo adaptarlas a geometrias irregulares.

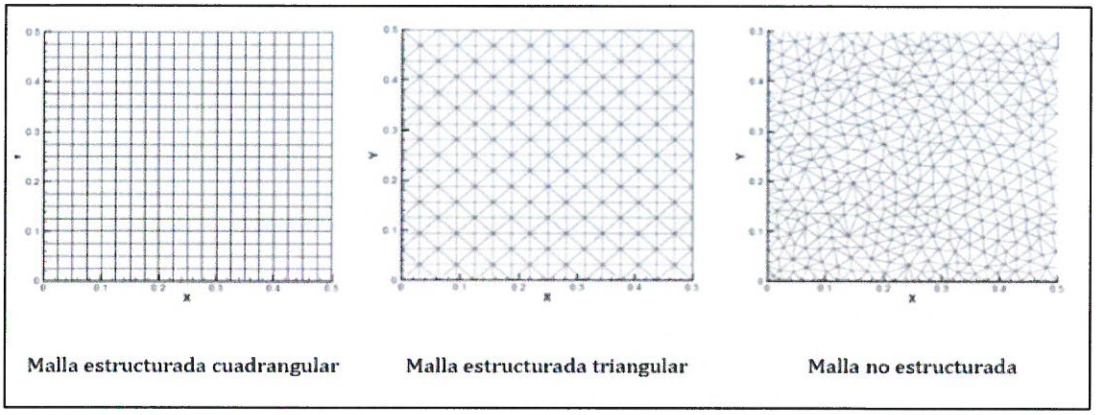
TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Para el presente estudio y análisis se utilizarán mallas no estructuradas las cuales estan formadas por elementos de cualquier forma, la ventaje es que se adaptan a cualquier geometria como son la simulación de rios y llanuras.

Figura 3. Tipos de mallas



Una vez definido el tipo de malla a utilizar se procedio a distiguir en zonas la superficie para realizar el proceso de discretización para el dominio de cálculo; a cada zona se le asignará un tamaño de malla diferente, bajo la condición de que, en zonas mas sensibles de afecciones o de detalle se asignarán tamaños de malla más pequeños y en zonas con menor apremio un tamaño de malla mayor; es importante mencionar que dicho tamaño de malla debe ser coherente con el tamaño de resolución del DEM que se ha utilizado para el el modelamiento, por lo que no se podría colocar un tamaño de malla menor ya que seria incongruente al momento del análisis.

Por lo expuesto anteriormente se asignó los siguientes tamaños de mallas según las zonas, entiendo que el objetivo principal del presente documento es el analisis en la zona del cauce de la quebrada.

Tabla 9. Discretización y refinamiento de malla según zonas de estudio.

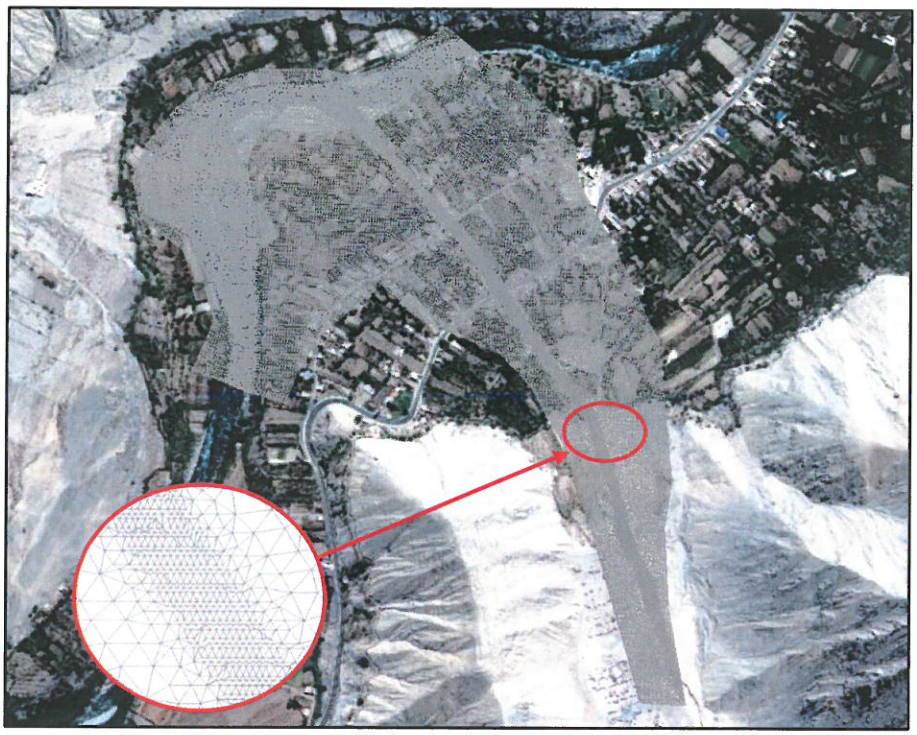
ZONAS	TAMAÑO DE MALLA
Cauce de Quebrada	1.00 m x 1.00 m
Llanuras de Inundación y zona de río	5.00 m x 5.00 m

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVIA

Imagen 11. Refinamiento de malla según zonas



2.5. EJECUCIÓN DEL MODELO 2D

2.5.1. CONDICIONES DE CONTORNO DEL FLUJO

Se pueden imponer diferentes tipos de condiciones de contorno, para que las ecuaciones utilizadas por el programa estén bien planteadas desde el punto de vista matemático, el número de condiciones a imponer en los contornos depende de si se trata de un contorno de entrada o de salida de flujo, así como del tipo de régimen, así pues, si se considera que el flujo es del tipo supercrítico o subcrítico las condiciones serán distintas para cada caso.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACION HIDRÁULICA FLUVIAL

Cuadro 1 Condiciones de contorno implementadas en los contornos abiertos

Contorno		Régimen	Condiciones impuestas
Entrada	Caudal total	Subcrítico / Crítico	Caudal total en dirección normal al contorno
		Supercrítico	Caudal total en dirección normal al contorno y velocidad media
	Caudal específico	Subcrítico / Crítico	Caudal específico en dirección normal al contorno
		Supercrítico	a) Caudal específico en dirección normal al contorno y calado b) Caudal específico en dirección normal al contorno y cota de agua
Salida	Subcrítico		a) Calado b) Cota de agua c) Vertedero (cota y coeficiente de descarga) d) Curva de gasto
	Supercrítico / Crítico		No es necesario imponer ninguna condición

Fuente: Manual referencia Hidráulico - Iber

Teniendo en cuenta estos requerimientos para poder identificar el tipo de flujo en cuanto a las quebradas se realizó un primer análisis mediante el uso del software HEC RAS, el cual nos permitirá determinar de manera a priori el tipo de flujo mediante el valor del número de Froude, y de esta manera poder establecer qué tipo de condición de contorno es ideal colocar al modelo y obtener valores más reales.

Es así que para la quebrada San Jerónimo, se obtuvo el siguiente resultado para los distintos periodos de retorno.

Tabla 10. Valores de Froude según periodo de retorno en zona de estudio

Quebrada	TR	Q pico (m^3/S)	N° FROUDE EN TRAMO DE ESTUDIO
San Jerónimo	10	12.2	Mayor a 1
	50	18.2	Mayor a 1
	100	20.7	Mayor a 1
	500	26.4	Mayor a 1

Fuente: Elaboración Propia.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVIAL

La tabla de resultados para cada periodo de retorno se presentará en el anexo correspondiente al presente estudio; así pues, se determina que el flujo presente en esta quebrada es un flujo super crítico, por lo que, la condición de contorno de entrada inicial al programa IBER es: Caudal total y velocidad; ver Tabla N° 11; la velocidad inicial requerida como parámetro de entrada al programa IBER fue determinada mediante el uso del Software HEC RAS, en la primera sección de análisis.

Tabla 11. Valores de Velocidad según periodo de retorno en la primera sección de análisis

Quebrada	TR	Q pico (m3/S)	V Inicial (m/s)
San Jerónimo	10	12.2	3.74
	50	18.2	4.31
	100	20.7	4.52
	500	26.4	4.95

Fuente: Elaboración Propia.

Es importante mencionar que los modelos de onda dinámica, como el caso del presente estudio tienden a estabilizarse debido a las ecuaciones que la rigen, por lo que el análisis previo mediante el uso del SOFTWARE HEC-RAS para la determinación de parámetros iniciales es considerado valido para el nivel del presente estudio.

Los valores a ingresar como condiciones de contorno Inicial y final al modelo IBER serán; Q total y velocidad en la sección inicial del tramo y en la salida no será necesario imponer ninguna condición.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

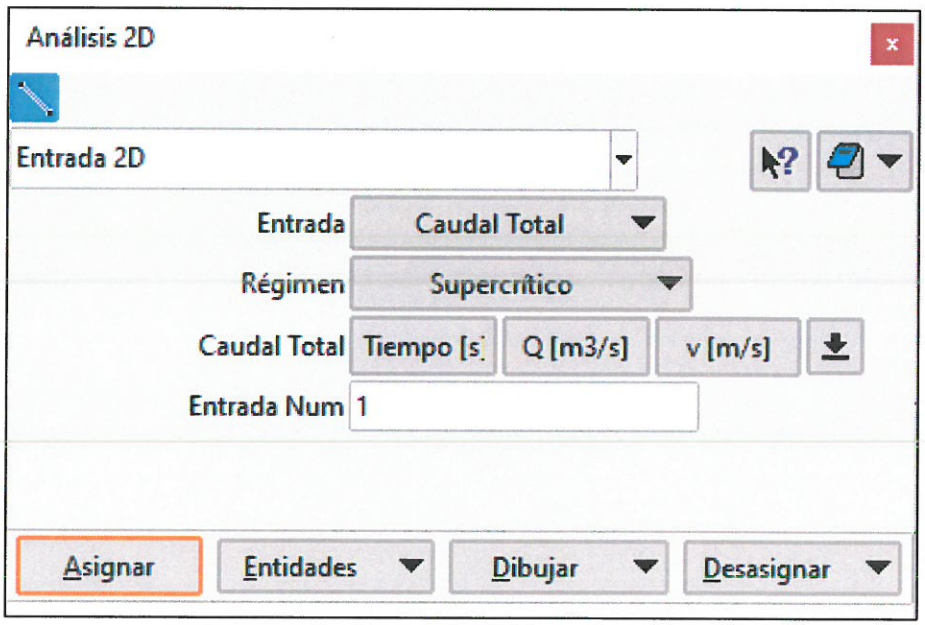
Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Cuadro 2. Condiciones de contorno seleccionadas para el modelo IBER

Contorno		Régimen	Condiciones impuestas
Entrada	Caudal total	Subcrítico / Crítico	Caudal total en dirección normal al contorno
		Supercrítico	Caudal total en dirección normal al contorno y velocidad media
	Caudal específico	Subcrítico / Crítico	Caudal específico en dirección normal al contorno
		Supercrítico	a) Caudal específico en dirección normal al contorno y calado b) Caudal específico en dirección normal al contorno y cota de agua
Salida		Subcrítico	a) Calado b) Cota de agua c) Vertedero (cota y coeficiente de descarga) d) Curva de gasto
		Supercrítico / Crítico	No es necesario imponer ninguna condición

Para el modelo se tiene el siguiente paquete de condición de contorno en la entrada, considerando un flujo supercrítico:

Imagen 12. Condición de contorno en la entrada para la quebrada San Jerónimo



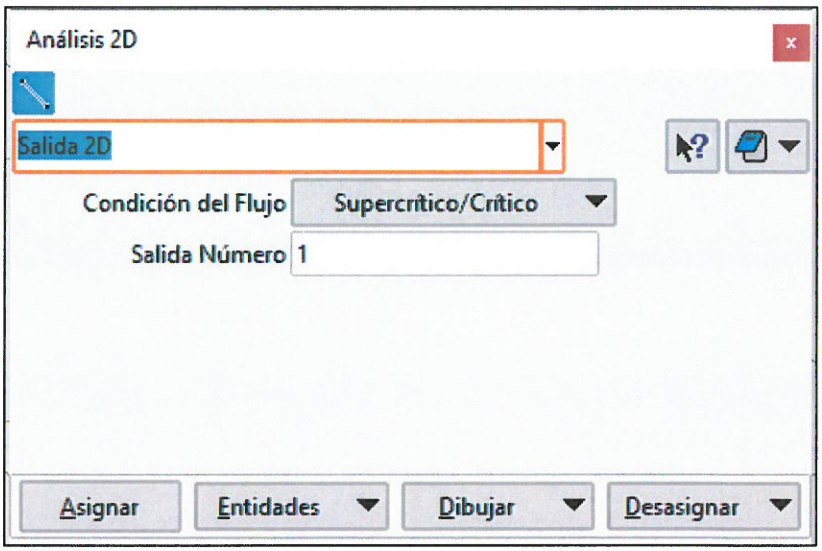
TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

De la misma manera, se ha asociado una condición de contorno de salida, la cual para el presente modelo se utilizó una condición de flujo Supercrítico/ Crítico.

Imagen 13. Condición de contorno de salida para la quebrada San Jerónimo



2.5.2. TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

En el módulo de trasporte de sedimento se resuelven las ecuaciones de transporte por carga de fondo y por carga en suspensión. Teniendo en cuenta ambos modos de transporte se calcula la evolución de la cota del fondo debido a procesos de sedimentación y erosión. En todos los casos se consideran granulometrías uniformes.

- El caudal sólido de fondo se calcula mediante formulaciones empiricas en función de la tensión de fondo. Para el módulo de transporte de sedimentos por carga de fondo se escogió la formula empírica correspondiente a Meyer – Peter y Müller (1984), la cual se describe a continuación.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVIAL

Fórmula de Meyer- Peter y Muller (1948)

Meyer-Peter y Müller desarrollaron una ecuación empírica a partir de estudios efectuados en aforadores con gastos que fluctuarán de 0.002 a 2 m^3/s, pendiente de 0.004 a 0.2 y con tirante de 0.01 a 1.2 m. Los experimentos se condujeron con materiales naturales y sintéticos cuyo diámetro osciló entre 0.4 a 30 mm.

Es conveniente utilizarla para cauce con arena con diámetro mayor de 0.0002 m, hasta grava gruesa con diámetro < de 0.03 m; la fórmula es recomendada para ríos de montaña, pendiente aproximada de 1.2 % y rugosidades medias.

Otros autores mencionan, la ecuación de Meyer- Peter y Muller fue propuesta a partir de información experimental de laboratorio con partículas de sedimento relativamente grueso, en el rango de arenas a gravas y con granulometría uniforme y también mezclas de sedimentos de distintos tamaños. Se recomienda su aplicabilidad en cauces anchos (B/h > 40) y materiales gruesos, donde d_s corresponde a d_{50}. (*Ref. Hidráulica Fluvial y Transporte de Sedimentos, Yarko Niño. 2005*).

$$g_B = 8\gamma_s\left(g\left(\frac{\gamma_s}{\gamma_s - \gamma}\right)D^3\right)^{0.5}\left[\frac{n_s^{1.5}}{n}\tau_* - 0.047\right]^{1.5}$$

$$n_s = \frac{D_{90}^{1/6}}{26}$$

Donde,

g_B:	gasto sólido de fondo unitario	Kgf/m
D:	diámetro de la partícula (dm, d_{50} ... etc)	m
G:	aceleración debido a la gravedad	m^2/s
Γ :	peso específico del agua	Kgf/m^3
γ_s :	peso específico del suelo	Kgf/m^3
r_* :	número adimensional de Shields	
q :	profundidad del flujo	
n :	coeficiente de Manning	
n_s:	coeficiente de Manning debido a la partícula	

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

- En el transporte en suspensión se calcula resolviendo la ecuación de convección y difusión promediada en profundidad para la concentración de sedimento, incluyendo un término de deposición/ resuspensión que modela el intercambio de sedimento entre el lecho y la carga en suspensión, y se analizó apartir de la fórmula empírica de Van Rijn.

Fórmula de Van Rijn (1984)

La ecuación de Van Rijn fue derivada a través de análisis teóricos y verificados con datos de laboratorio y de campo utilizando sedimentos uniformes con diámetros de partículas comprendidos entre 0.2 mm y 2 mm. (Quincho, 2015).

$$g_B \text{ cuando } T < 3$$

$$g_B = 0.053\,\gamma_s \left[g\left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}\right) D_{50}^3\right]^{0.4} T^{2.1} v^{0.2}$$

$$g_B \text{ cuando } T \geq 3$$

$$g_B = 0.1\,\gamma_s \left[g\left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}\right) D_{50}^3\right]^{0.5} T^{1.5} D_*^{-0.3}$$

Donde,

g_B	gasto sólido total unitario	Kgf/m
D	diámetro de la partícula (d_{50}.)	m
g	aceleración debido a la gravedad	m^2/s
γ	peso específico del agua	Kgf/m^3
γ_s	peso específico del suelo	Kgf/m^3
S	pendiente media de la cuenca	
r_o	esfuerzo cortante que el flujo ejerce en el fondo	Kgf/m^2
r_c	esfuerzo cortante critico en el fondo, necesario para iniciar el movimiento de las partículas	Kgf/m^3
D_*	número adimensional de la partícula	m
V	viscosidad cinemática del agua	m/s
T	adimensional	

Asi mismo se tuvo en cuenta los siguientes coeficientes.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Tabla 12. Coeficiente de difusión de sedimentos

Quebrada	y100 (m)	So	u* (m/s)	e_s (m2/s)
Picamarán	1.30	0.0612	0.883	0.0800
Condoray	0.90	0.0782	0.831	0.0521
Jacayita	0.40	0.0965	0.615	0.0171
San Jerónimo	**0.88**	**0.067**	**0.761**	**0.0466**

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 13. Número de Schmidt

Quebrada	D susp (mm)	D susp (m)	w_o (m/s)	w_o/u^*	β	N º Schmidt
Picamarán	1	0.001	0.101	0.114	1.015	0.985
Condoray	1	0.001	0.101	0.121	1.017	0.983
Jacayita	1	0.001	0.101	0.163	1.033	0.968
San Jerónimo	**1**	**0.001**	**0.101**	**0.132**	**1.021**	**0.979**

Fuente: Elaboración Propia.

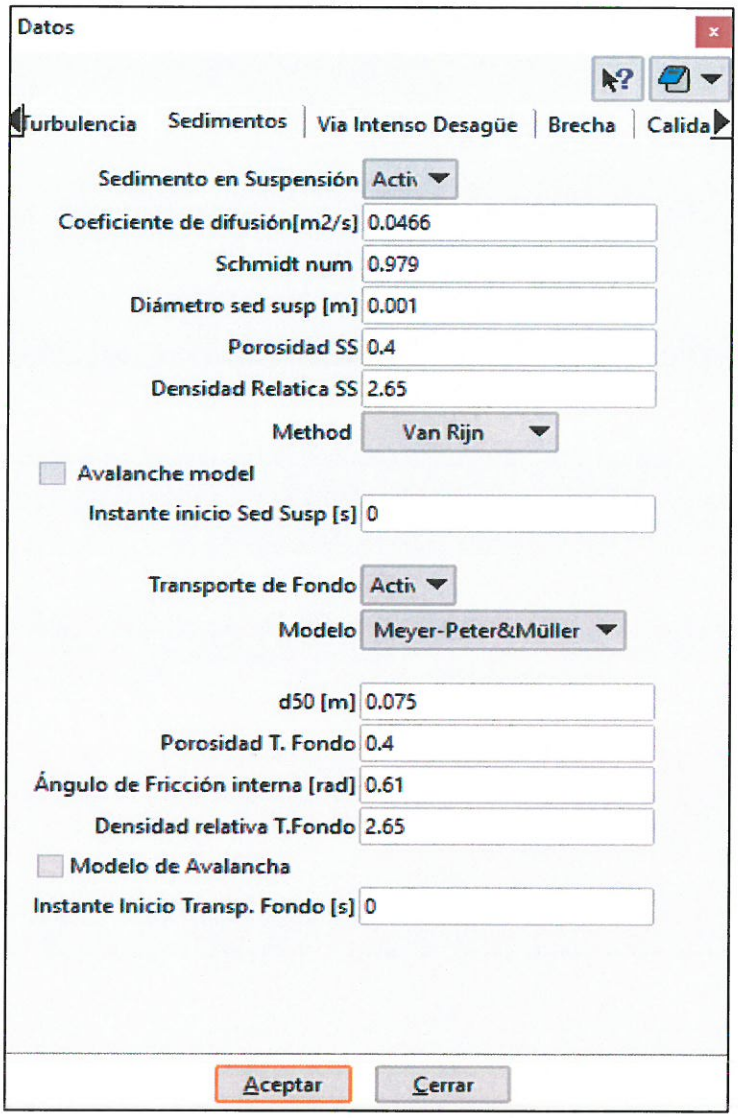
TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

2.5.2.1. PAQUETE DE ANÁLISIS DE SEDIMENTOS

Cuadro 3. Paquete de análisis de sedimentos



3. RESULTADOS DE LA MODELIZACIÓN SIN SISTEMA DE PROTECCIÓN

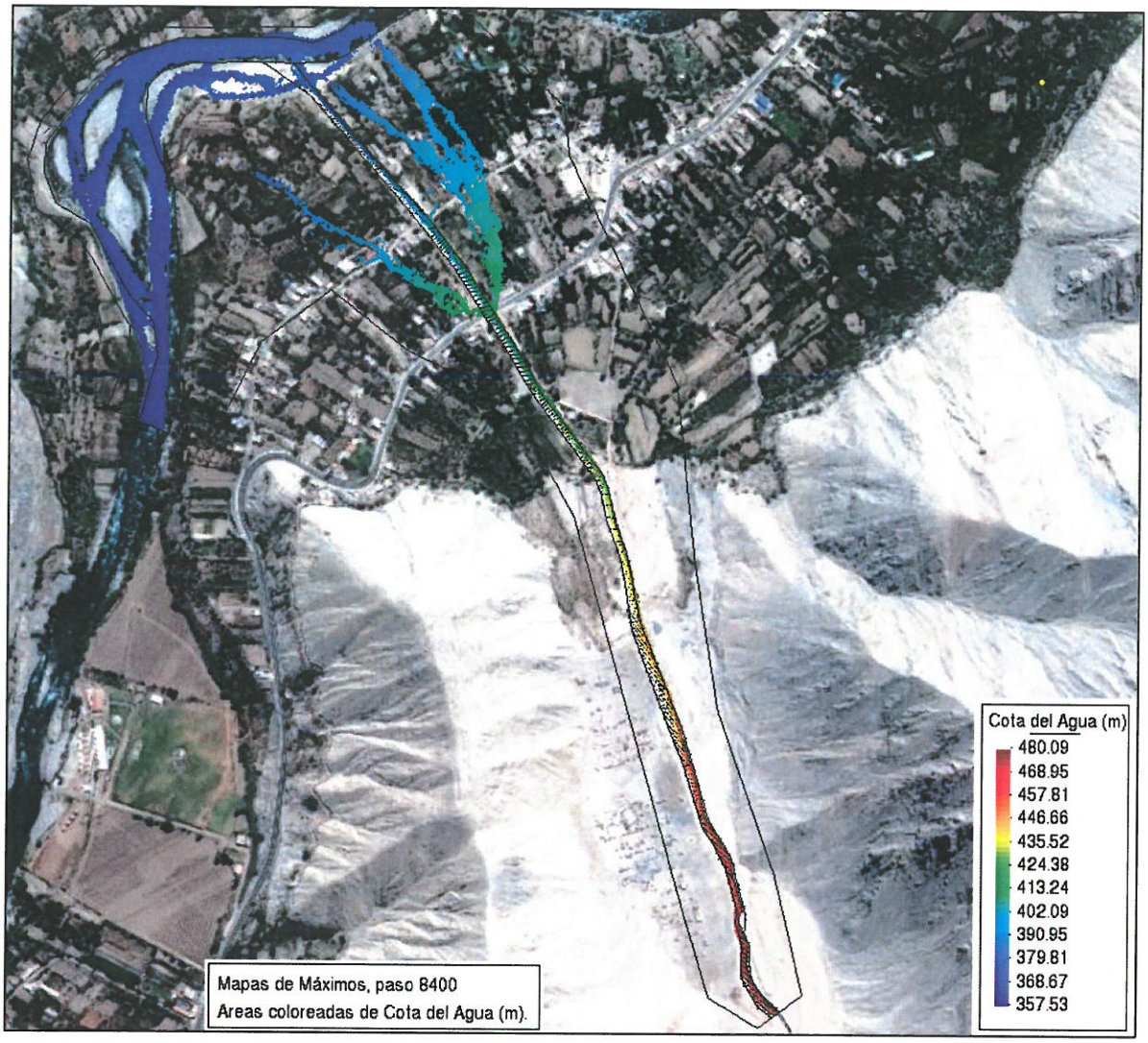
La presentación de resulados para los distintos periodos de retorno se podrá apreciar con mayor detalle en los anexos del presente documento. A continuación, se muestra las salidas para el periodo de retorno de T_r = 100 años.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Imagen 14. Propagación de Flujo , T_r = 100 años.

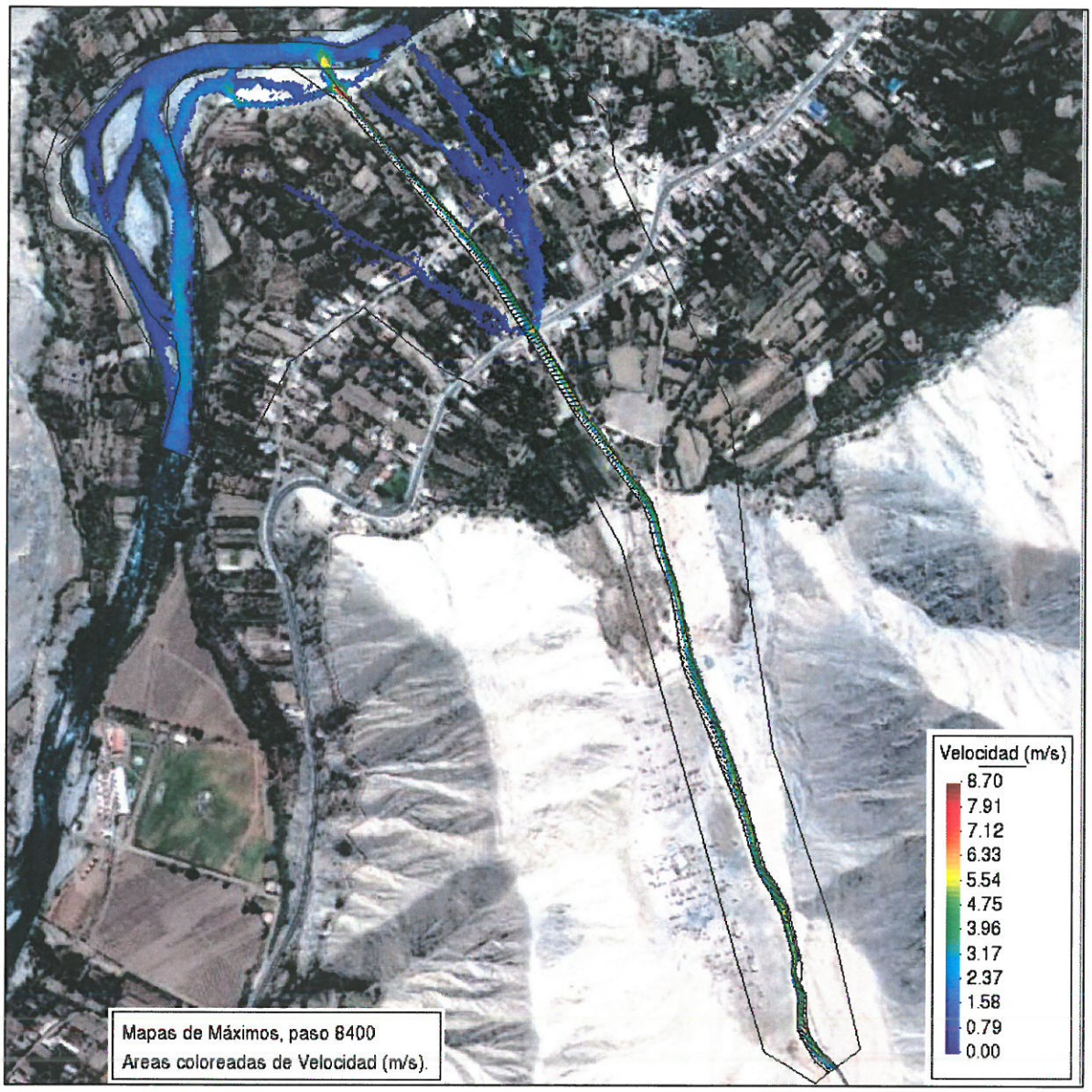


TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Imagen 15. Velocidad Máxima , T_r = 100 años.

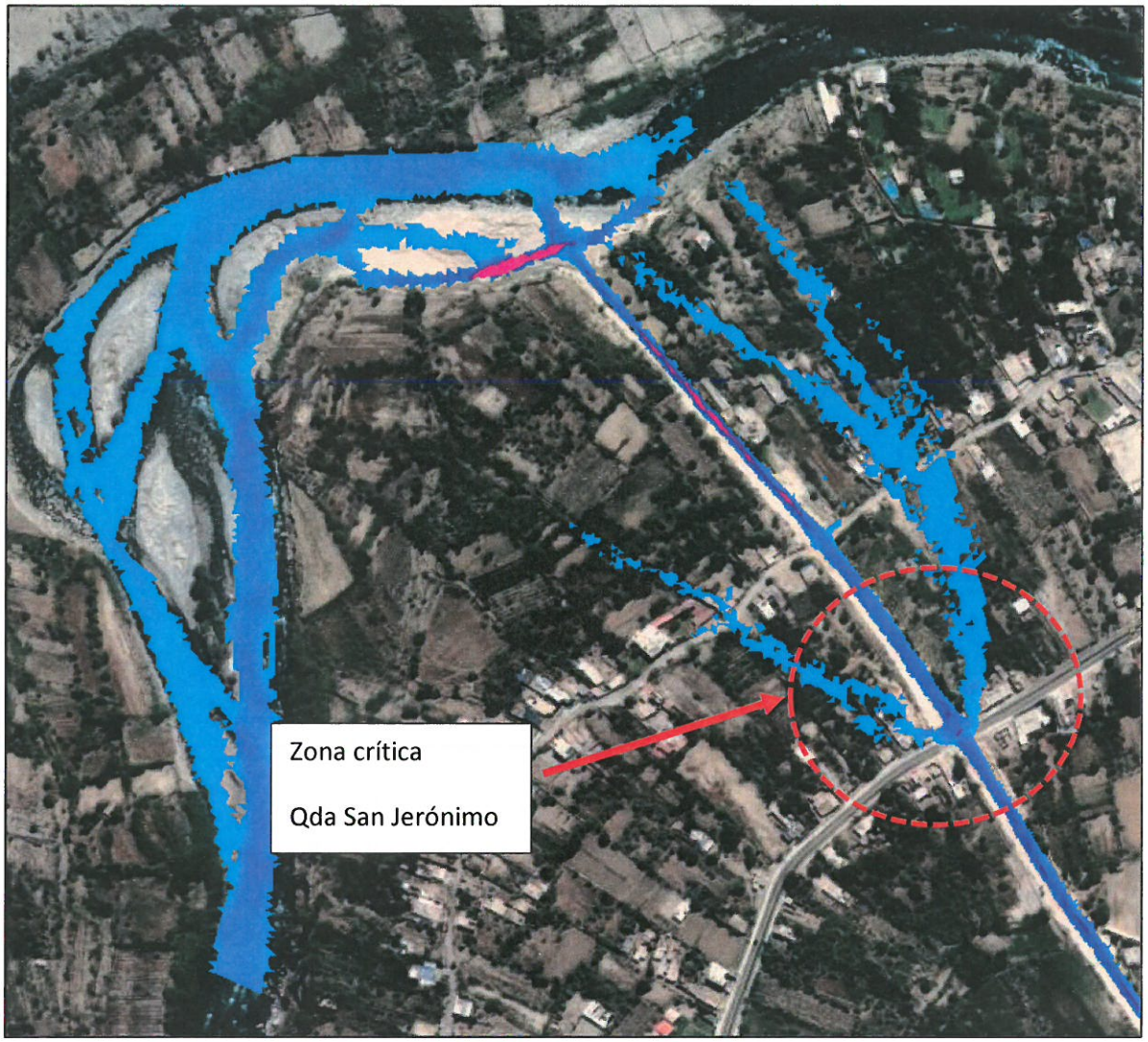


TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVI.

Imagen 16. Zona de riesgo



Del análisis realizado se pudo apreciar que aguas abajo del cruce del flujo con la carretera, ocurre un desborde hacia la margen izquierda de la quebrada, dañando en mayor parte áreas de cultivo y algunas viviendas aledañas.

Es importante mencionar que en esta zona se cuenta con un sistema de protección hacia aguas abajo, por lo que es necesario mejorar la entrada con aleros de encauzamiento ya que, de la forma como se han construido las

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

estructuras de protección actualmente, crean obstáculos que hacen que el flujo se desborde hacia los costados afectando los cultivos.

Imagen 17. Inundación generada por la avenida centenaria.

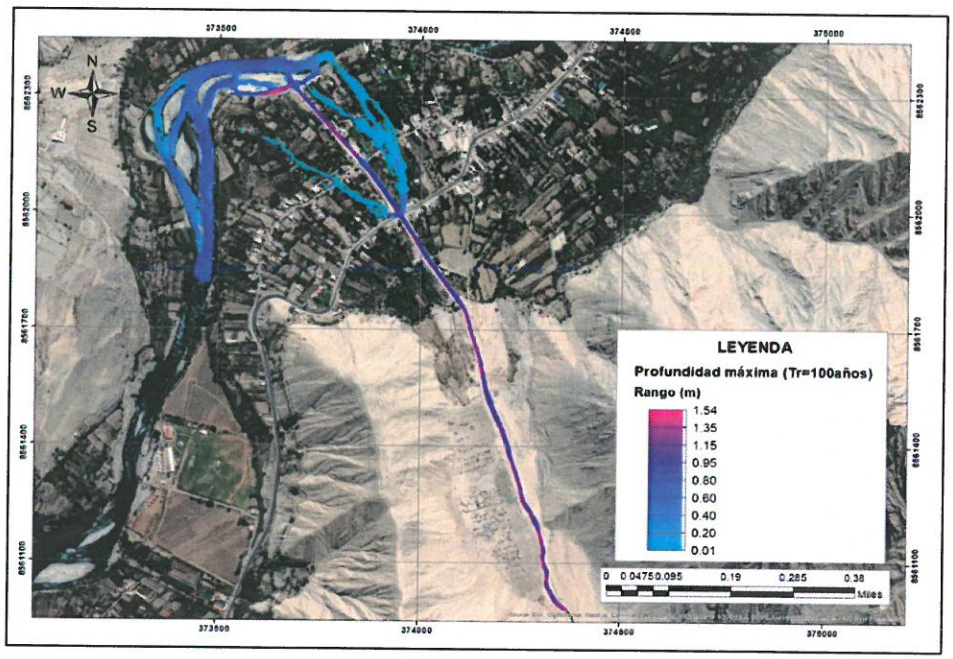
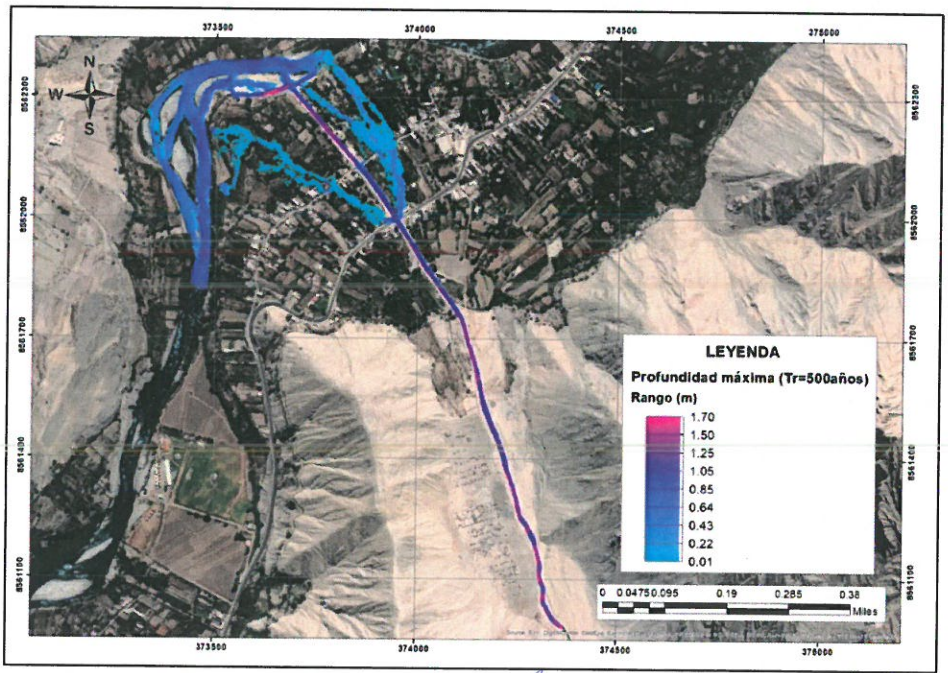


Imagen 18. Inundación generada por la avenida cuyo periodo de retorno es 500 años.



TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Cuando se simula el caudal cuyo periodo de retorno es 500 años, se hace más notoria la inundación sobre la margen izquierda. Esta cubre una franja que atraviesa campos de cultivo, corta la vía principal del centro poblado y se detiene antes de ingresar al río Cañete. Por la margen derecha ocurre una inundación de poca profundidad y extensión.

4. SISTEMA DE PROTECCIÓN DE LA QUEBRADA SAN JERÓNIMO

El sistema de protección que se plantea implementar es un sistema de canal de mamposteria a lo largo del cauce de la quebrada, con el fin de proteger las zonas de cultivo y a su vez dar paso a los flujos que se presenten ante posibles eventos extremos. En la zona de intersección entre vías principales y secundarias con la quebrada en estudio se plantea el mejoramiento de los badenes existentes o la construcción de los mismos y de esta manera cumplir con la protección de zonas de cultivos y vías principales. Para el diseño de este sistema se consideró la geomorfologia de la quebrada y los datos resultantes de la modelización de la misma, como son tirantes y velocidades máximas.

Imagen 19. Canal de mampostería de piedra



TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVIAL

4.1. CANAL

4.1.1. PENDIENTE LONGITUDINAL

La pediente longitudinal del canal se estableció siguiendo la pendiente natural del cauce de la quebrada para que no se alteren los procesos geomorfológicos, como la erosión y sedimentación.

Se tiene una longitud de quebrada protegida de 0.8 km, esta se especifica para la margen derecha, izquierda y cauce en tabla N°14 teniendo así una longitud total de protección de 1.64 km.

4.1.2. SECCIÓN DEL CANAL

Se escogió canales trapezoidades de dos secciones diferentes, una para aguas arriba del cruce del cauce de la quebrada con la carretera, y otra para aguas abajo del mismo y se definió en base a la geomorfología del cauce de la quebrada.. La primera se muestra en la imagen 21, con una base de 5 m y un talud de 1:1, con una banqueta a la mitad de su altura total de 4 m y un borde libre de 1.30 m . La segunda sección se muestra en la imagen 22, con una base de 8 m y un talud del 50 %, con altura total de 2.5 m y un borde libre de 1.0 m.

Imagen 20. Planta del canal de protección de la quebrada San Jerónimo

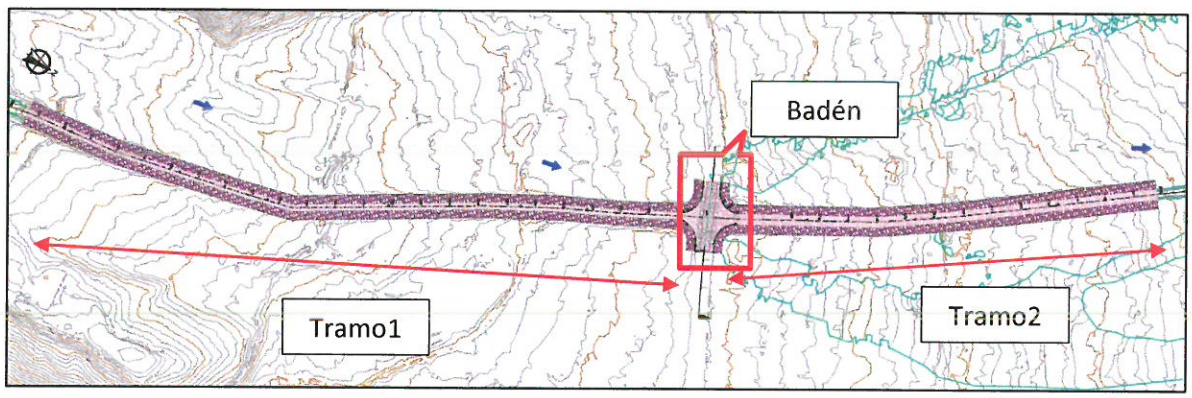


Tabla 14. Longitud de protección del cauce de la quebrada.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP Nº 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Quebrada	Longitud del Tramo (km)		
	Margen Derecha	Margen Izquierda	Eje-Cauce
San Jerónimo	0.8207	0.8228	0.8043

Imagen 21. Sección típica 1 para la quebrada San Jerónimo

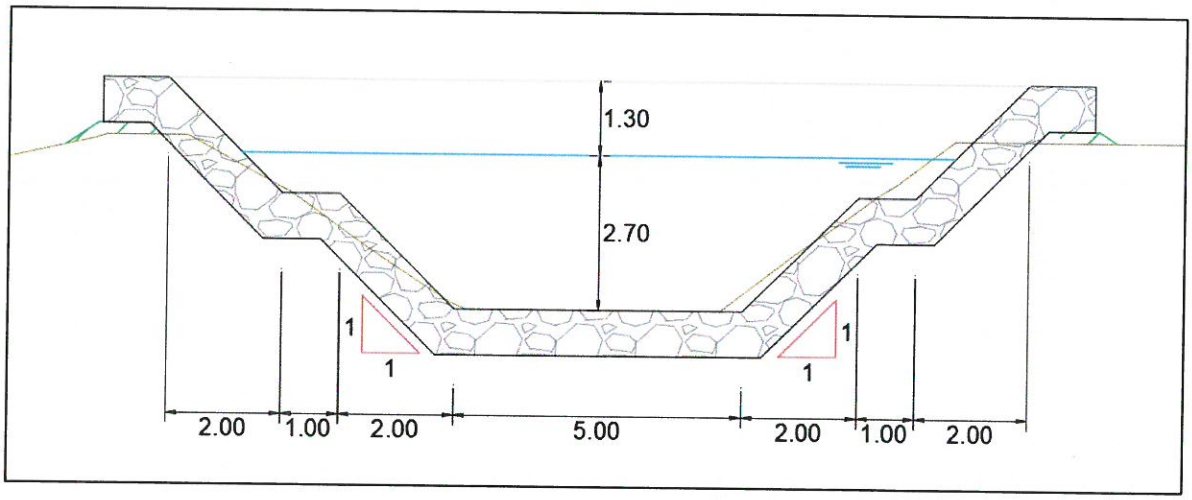
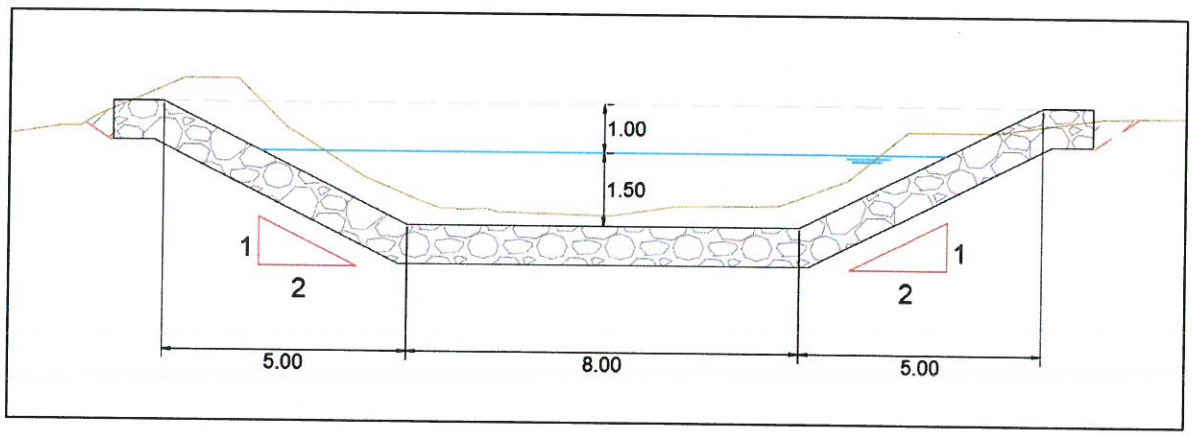


Imagen 22. Sección típica 2 para la quebrada San Jerónimo



Un mayor detalle de las presentes obras se encuentran en los anexos planos del presente estudio.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

4.2. BADÉN

4.2.1. PENDIENTE LONGITUDINAL DEL BADÉN

El diseño hidráulico del badén debe adoptar pendientes longitudinales de ingreso y salida de la estructura de tal manera que el paso de los vehículos a través de el, sea de manera confortable y no implique dificultades para los conductores y daño a los vehículos. La pendiente longitudinal para el badén de la quebrada San Jerónimo es de 5%.

La longitud del badén debe ser tal que permita el paso normal de los vehículos, la longitud establecida para la quebrada San Jerónimo es de 15 m.

Imagen 23. Vista en planta del badén de la quebrada San Jerónimo

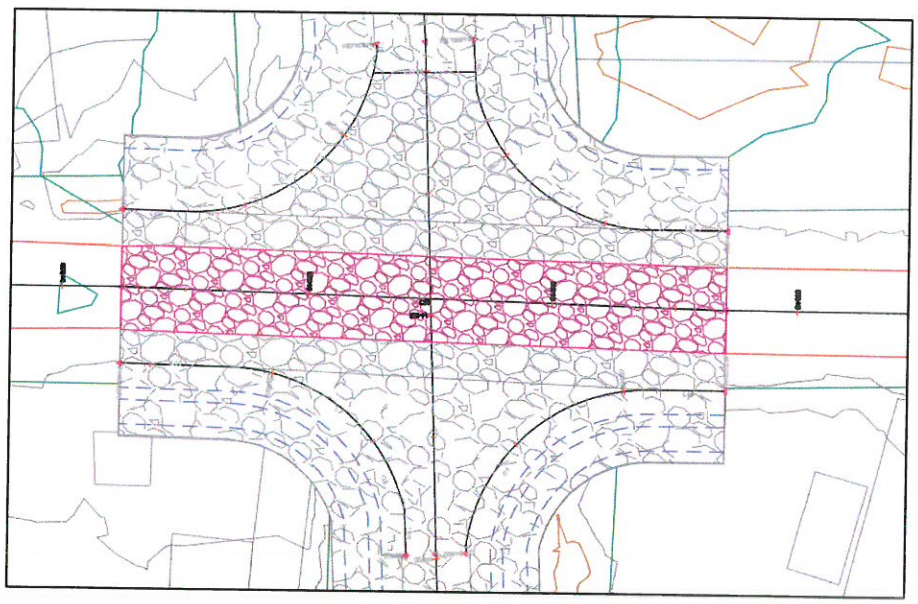
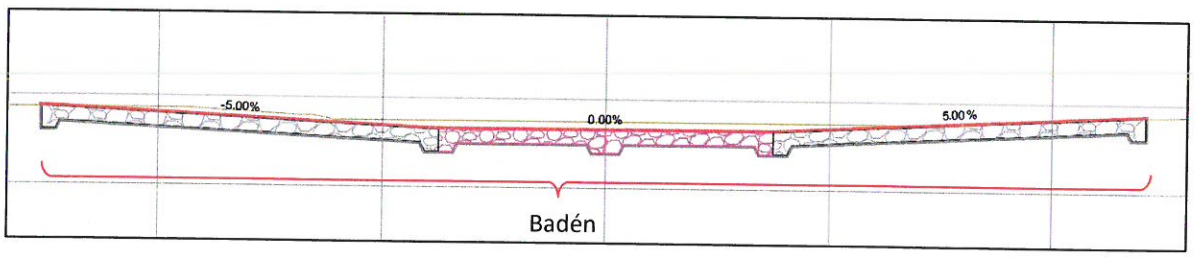


Imagen 24. Perfil del badén de la quebrada San Jerónimo



TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

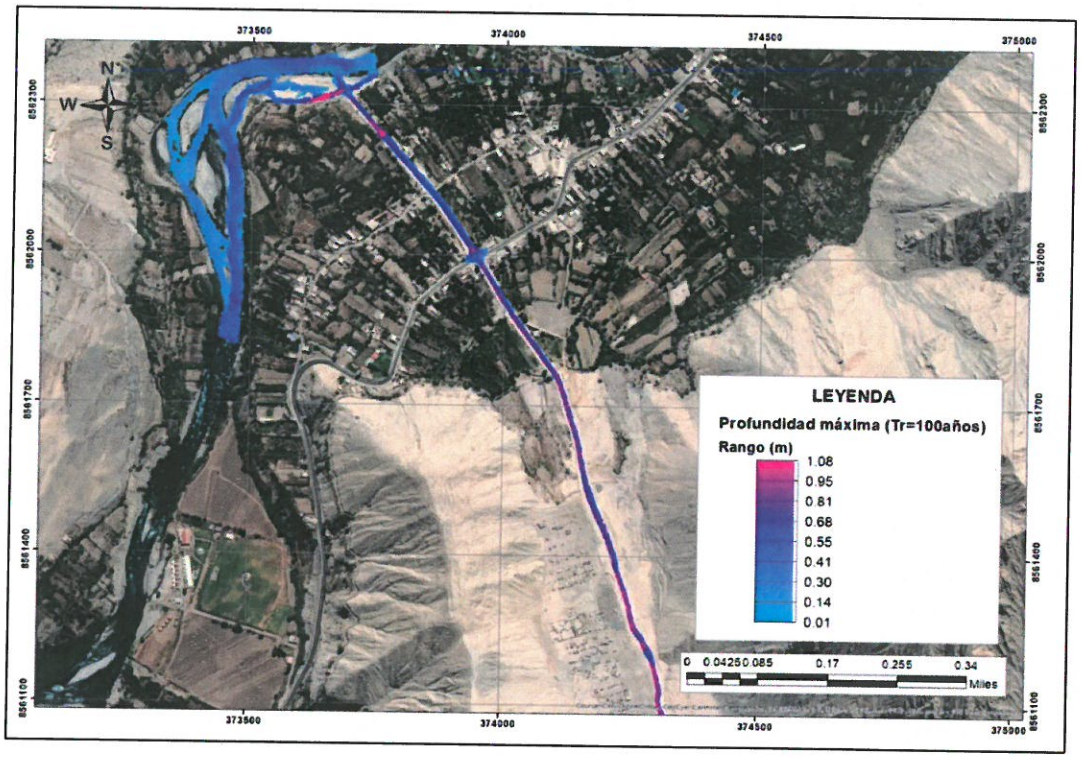
Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIA

5. RESULTADOS DE LA MODELIZACIÓN CON ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN

La presentación de resulados para los distintos periodos de retornos se podrá apreciar con mayor detalle en los anexos del presente documento.

A continuación, se muestra las salidas para el periodo de retorno de T_r = 100 años.

Imagen 25. Propagación de Flujo , Tr = 100 años.

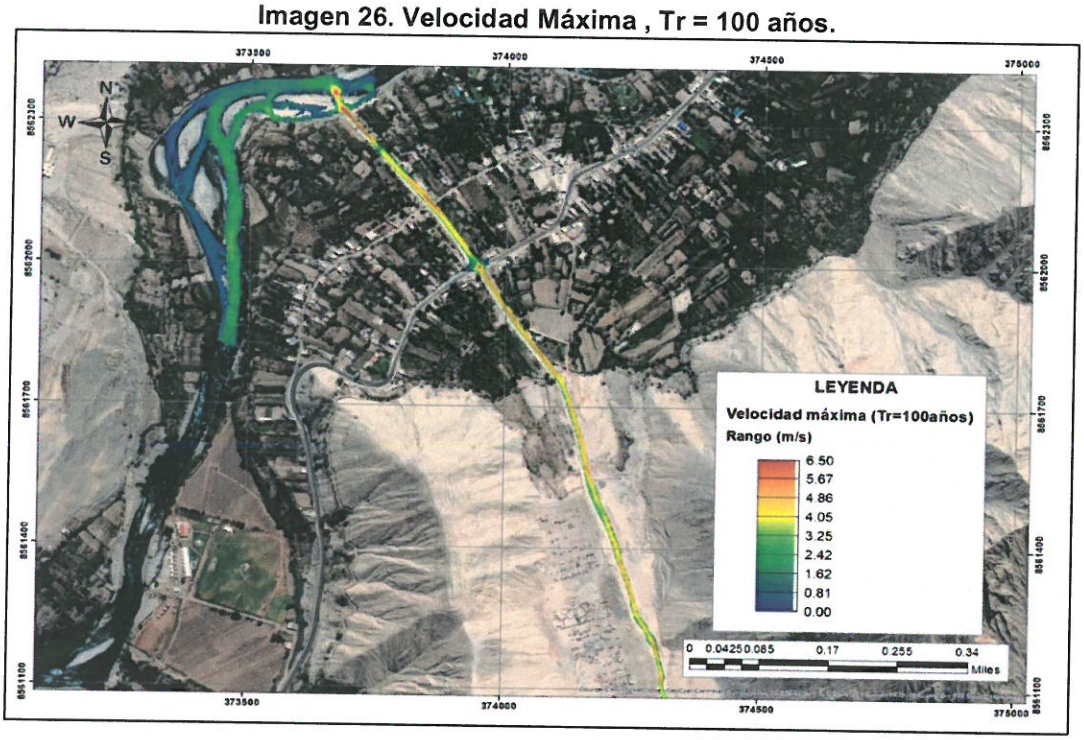


TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

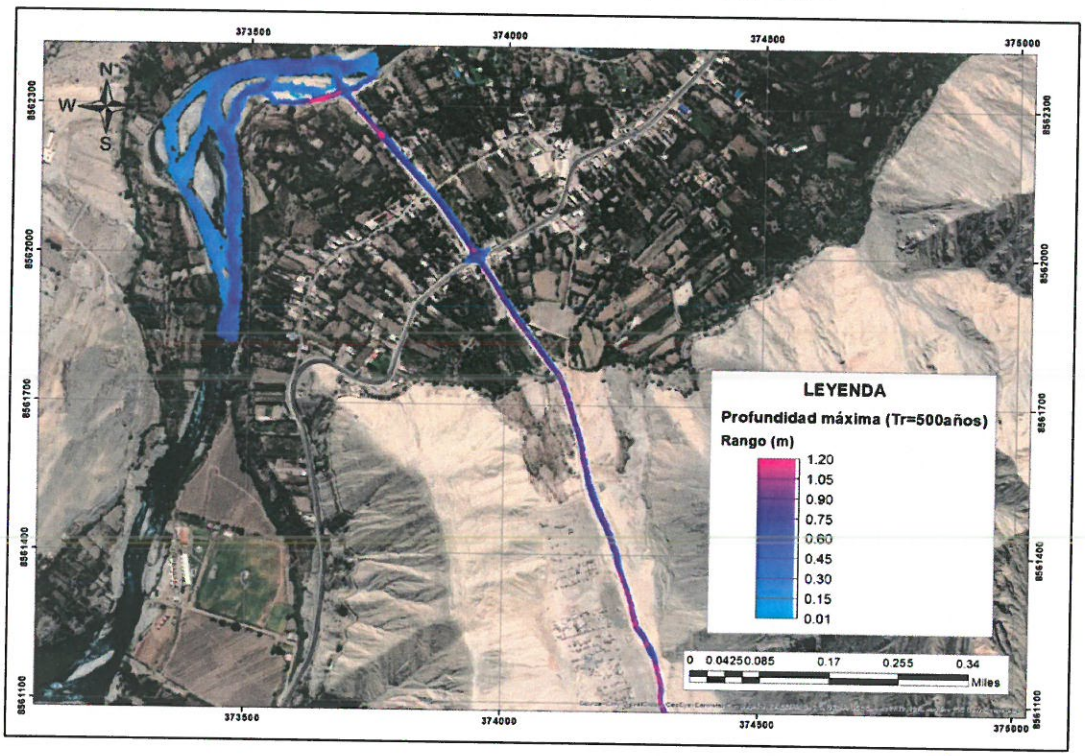
Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Imagen 26. Velocidad Máxima , Tr = 100 años.



A continuación se muestra las salidas para el periodo de retorno de Tr = 500 años.

Imagen 27. Tirantes Máximos , Tr = 500 años.

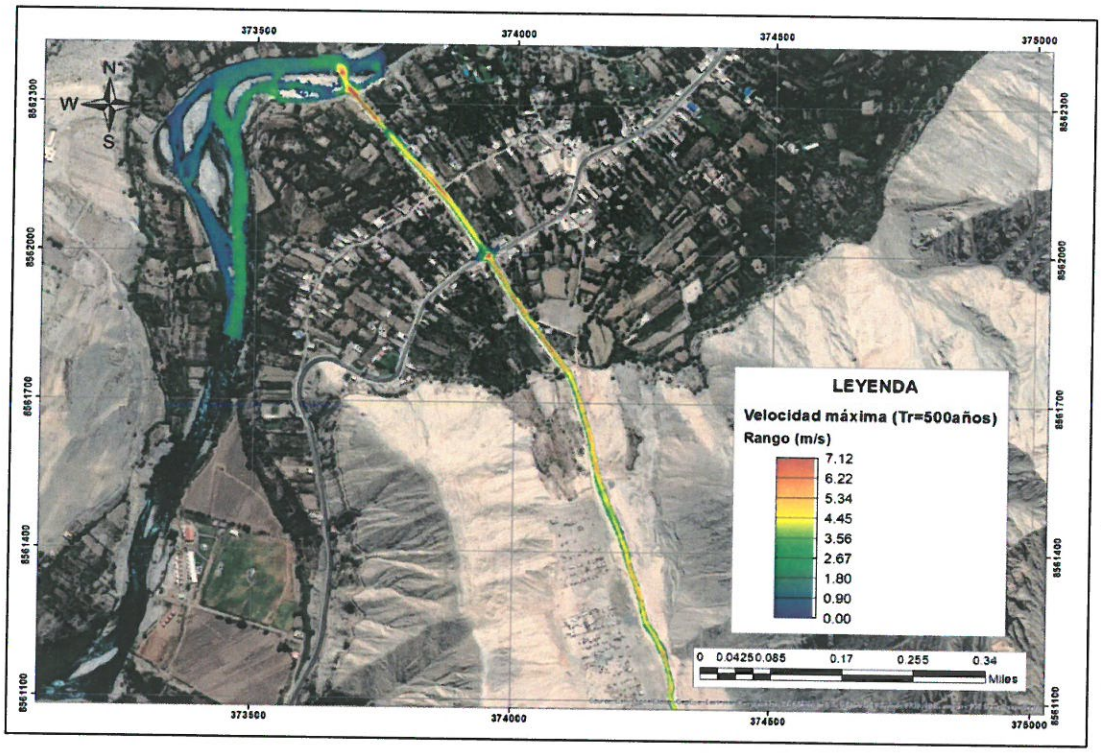


TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5269
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Imagen 28. Velocidad Máxima , Tr = 500 años.



Se presentan los mapas de propagación de flujo, donde se verifica la solución propuesta, el diseño de las defensas fue elaborado para un periodo de retorno de 100 años. Se verifica que las defensas propuestas permiten el paso del flujo tanto en la quebrada como en zona de cruces (badén), sin presentar desbordes significativos, con lo cual se cumple con los objetivos del presente estudio.

Los tirantes y velocidades en el cauce aumentan despues de implementar las estructuras.

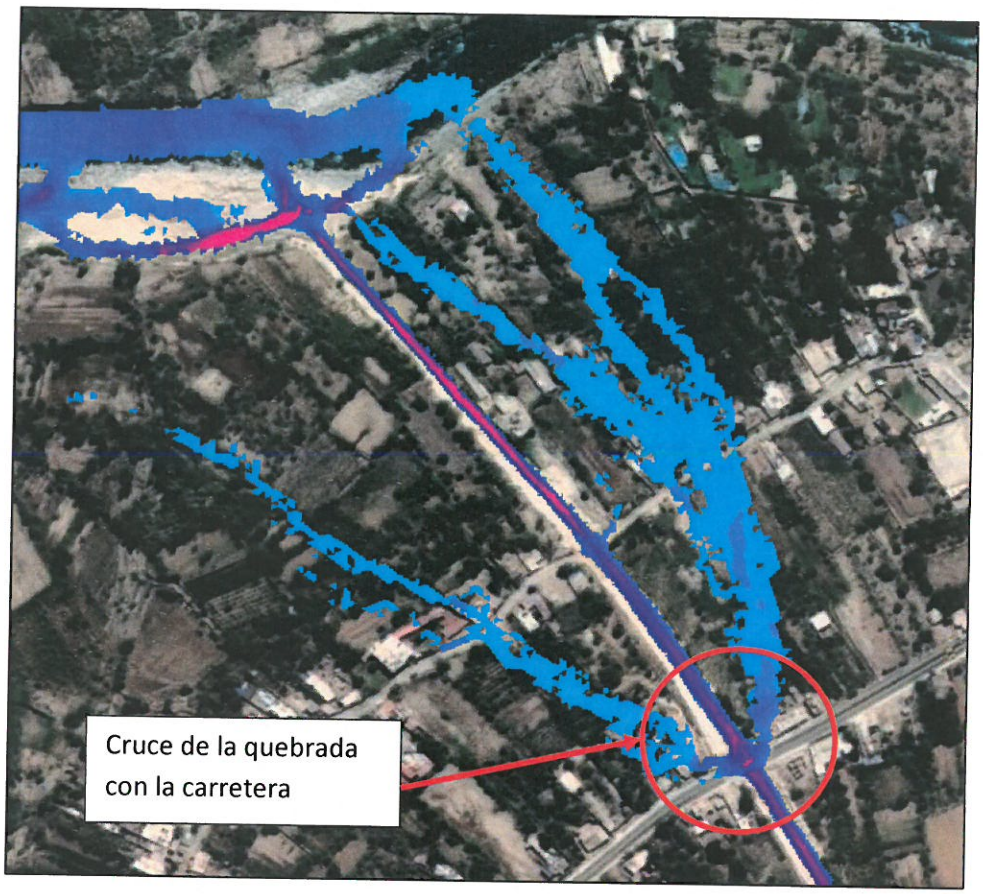
6. CONCLUSIONES

- Se pudo determinar un sector vulnerable al momento de ver los resultados de las salidas de la modelación hidráulica. Estos sectores coinciden plenamente con los sectores afectados severamente por los flujos de escombros y que fueron identificados en la inspección realizada en la zona de estudio.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL



Se apreciar que existe una zona donde se produce inundación, en ambas márgenes de la quebrada inmediatamente aguas abajo del cruce con la carretera. Esto se debe a la falta de una adecuada entrada del sistema de protección aguas abajo. Esto implicaría modificar la geometría del badén o construir una obra de cruce como un pontón que permita el libre paso del flujo construyendo, además, defensas ribereñas para impedir la erosión de las márgenes y terrenos adyacentes.

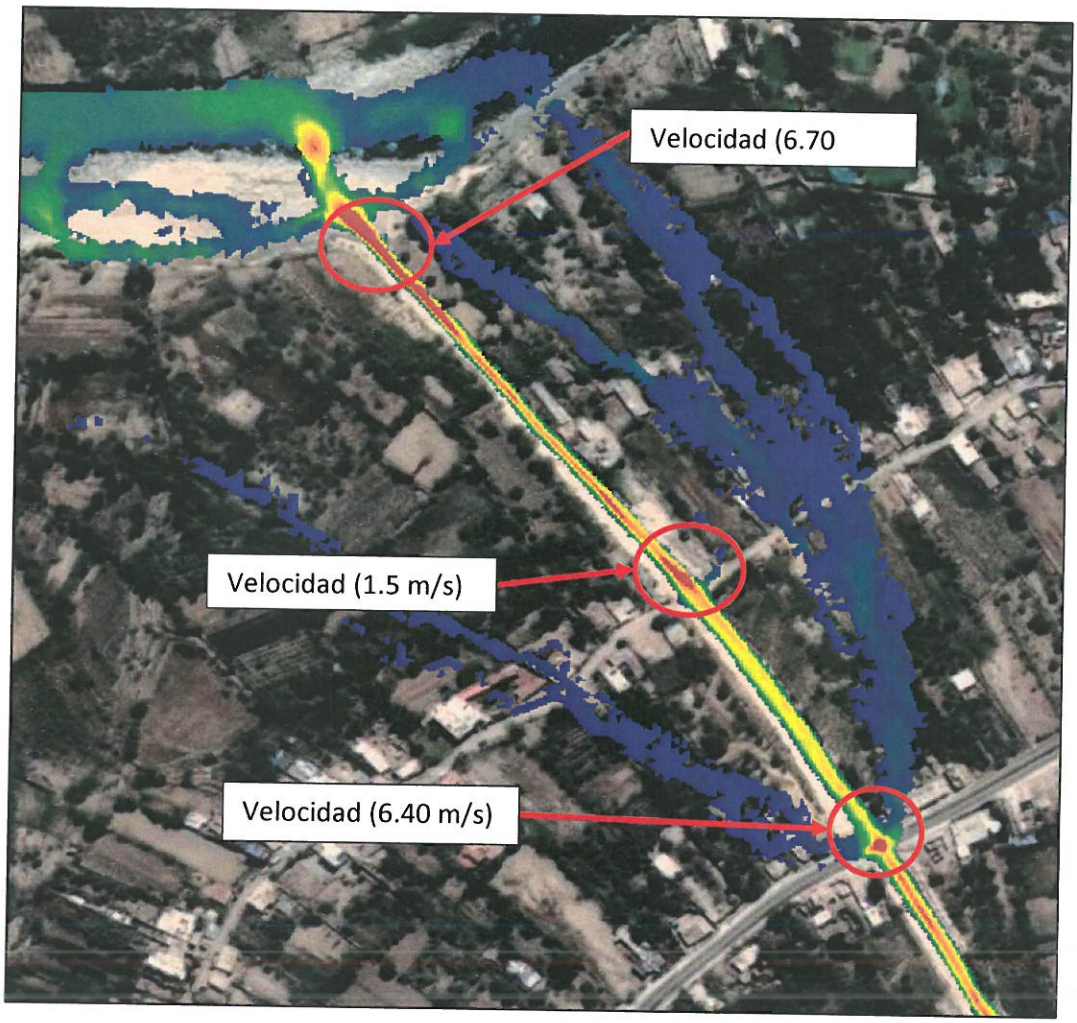
El valor del tirante para un periodo de retorno de 100 años se encuentra entre 0 y 1.54 metros. La mayor parte de su trayectoria el flujo se encuentra encauzado por la propia quebrada, se presenta desborde aguas abajo del cruce de la quebrada y la carretera principal, debido a que la entrada de las defensas existentes obstruyen el paso del flujo, debiendo mejorar la entrada de las mismas.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

- En cuanto a las velocidades, en esta quebrada se generan velocidades de hasta 6.70 m/s. En la zona del cruce con la carretera fluctúa entre 5.20 y 6.40 m/s



Como resultado de la modelización de la quebrada con el sistema de protección implementado, se verifica la funcionalidad de estas.

- En cuanto a las velocidades presenta valores entre 0 y 7.12 m/s, son velocidades que corresponden al flujo de quebradas, los valores mas altos se pueden encontrar en zonas donde el cauce de la quebrada llega a estrecharse resultando valores de 5.34 m/s y 6.22 m/s. Teniendo en cuenta

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

los valores de velocidad se procedio a proteger la quebrada como un solo sistema tipo canal de Mamposteria, que permitirá el paso del flujo y a su vez protegerá las zonas de cultivo y vías cercanas. El material escogido es resistente a los embates del flujo, que tienen una fuerza de arrastre considerable, como se aprecia en la imagen líneas abajo.



Los demás resultados para los distintos periodos de retorno se pueden observar en los anexos del presente documento.

Referencias

Bladé, E.; Ceab, L.; Coresteina, G.; Escolanoc, E.; Puertas, J.; Vázquez-Cendónd, E.; Dolzay, J. y Collcalnstitut, A. (2014) Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos. Rev. int. métodos numér. cálc. diseño ing. 2014; 30(1):1–

Nie, S.; Sun, H; Zhang, Y.; Chen, D.; Chen, Wen; Chen, L & Schaefer, S. (2017) Vertical Distribution of Suspended Sediment under Steady Flow: Existing Theories and Fractional Derivative Model. Discrete Dynamics in Nature and Society Vol 2017, artículo 5481531. https://doi.org/10.1155/2017/5481531

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE P...

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

ANEXO

1:75 1:100 1:125 1:150 1:200 1:250 1:300 1:333.33 1:400 1:500

2017

N

8,561,060 N
8,561,300 N
8,561,520 N
8,561,740 N
8,561,960 N
8,562,180 N
8,562,400 N

373 560 E
373 780 E
374 000 E
374 220 E
373,559 E
373,780 E

FIN
373676.978
8562329.489

Ruta nacional PE-20A (Panamericana Sur) Cañete (Lima)

ANEXO SAN JERONIMO

INICIO
374368.254
8560979.694

PLANTA QUEBRADA SAN JERONIMO
ESC:1/2000

TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ANTONIO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

LEYENDA

- CURVAS PRINCIPALES
- CURVAS SECUNDARIAS
- ALINEAMIENTO
- PI: PUNTO DE INTERSECCIÓN
- SENTIDO DE FLUJO
- HUELLA DE AGUA TR 10 AÑOS
- LINEA DE SECCIONES
- RIO CAÑETE
- CARRETERA

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA:
CONSORCIO
CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M.	CIP 166636
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V.	CIP 14199
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z.	CIP 42895

Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289

REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

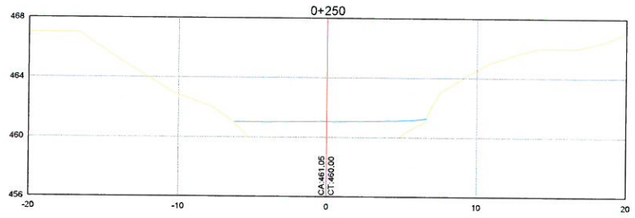
PLANO : MAPA TR=10 AÑOS PLANTA QUEBRADA SAN JERONIMO

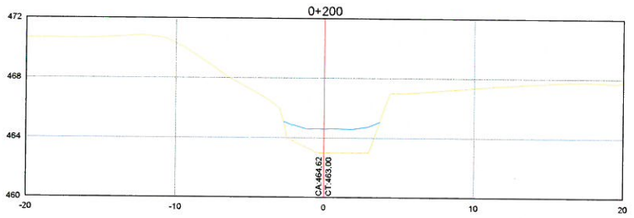
UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

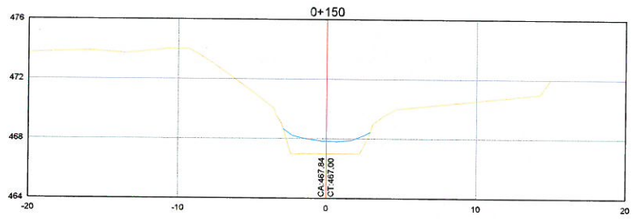
ESCALA: INDICADA

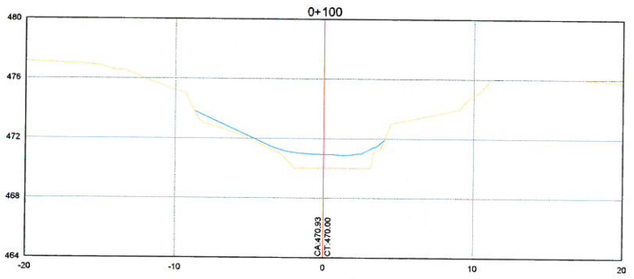
FECHA: SETIEMBRE 2019

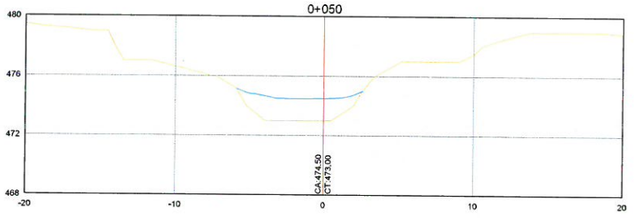
PLANO N°: 018-2019-HCA-03-12 REV. 0

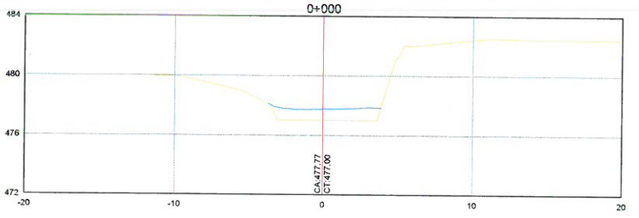


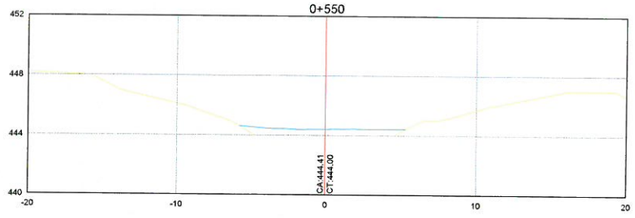


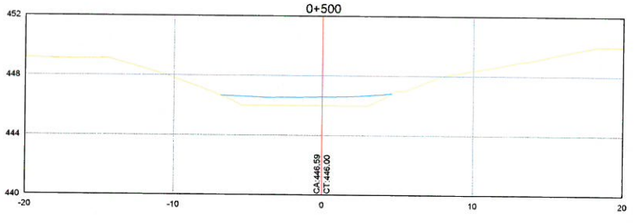


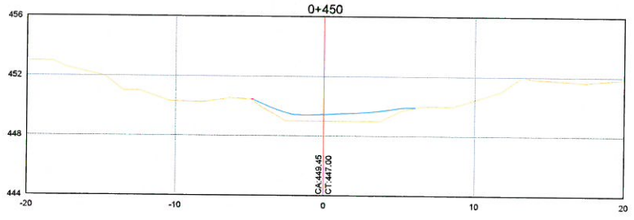


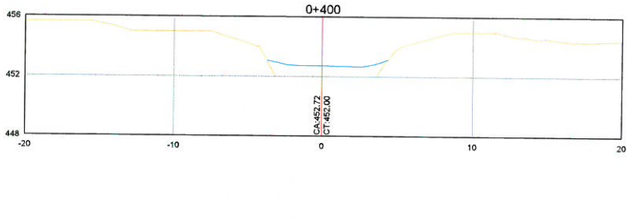


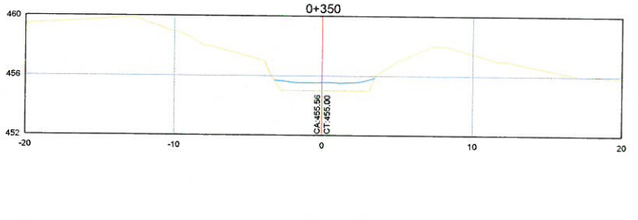


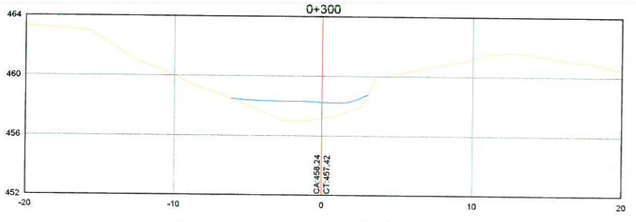


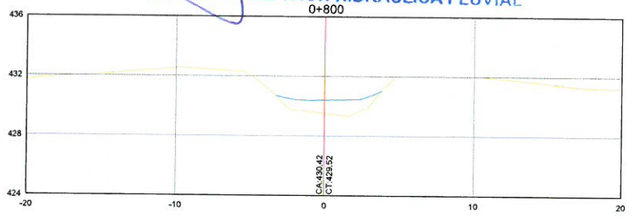


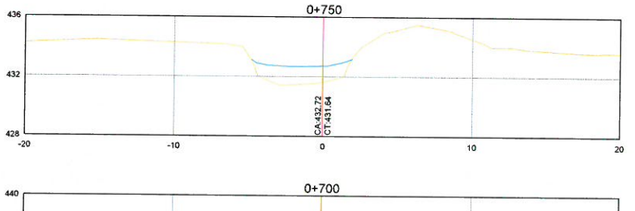


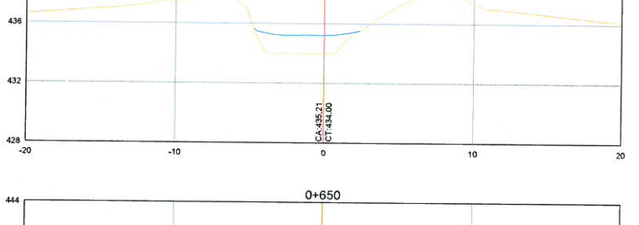


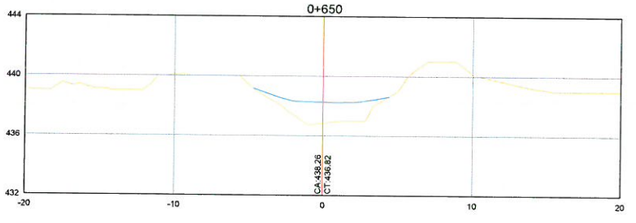


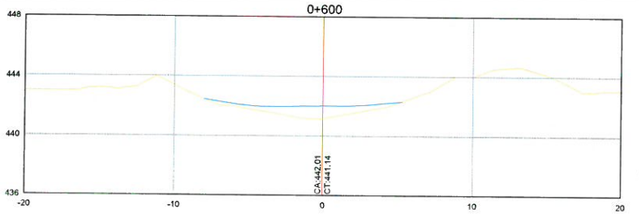












TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

2016

LEYENDA	
TERRENO NATURAL	
TR=10 AÑOS	

NOTA:

CA= COTA DE AGUA

CT= COTA DE TERRENO

SECCIONES TRANSVERSALES 1

ESC:1/200

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M.	CIP 186626
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V	CIP 14199
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z.	CIP 42895

Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289

REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

PLANO : MAPA TR=10 AÑOS - SECCIONES TRANSVERSALES 1 QUEBRADA SAN JERONIMO

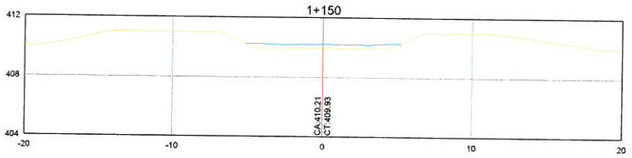
UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

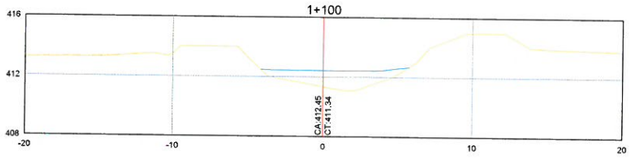
ESCALA: INDICADA

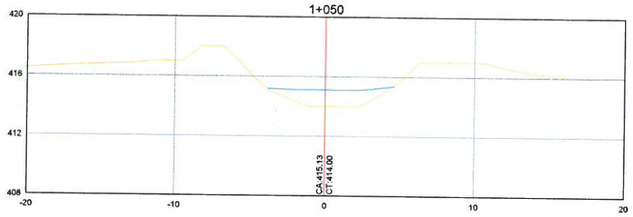
FECHA: SETIEMBRE 2019

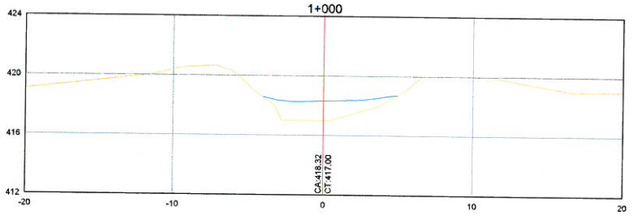
PLANO N°: 018-2019-HCA-03-13 REV. 0

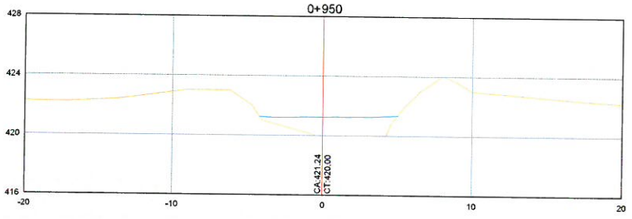
2015

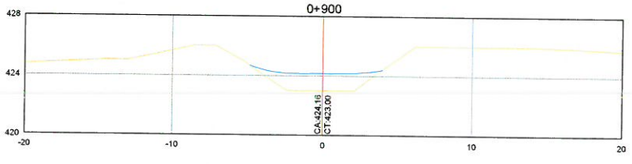


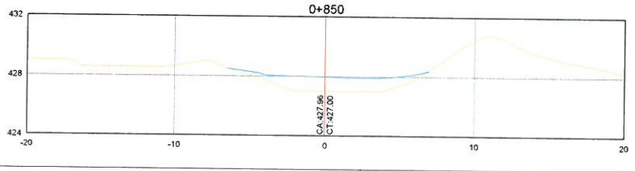


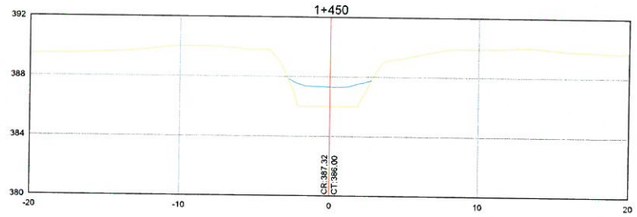


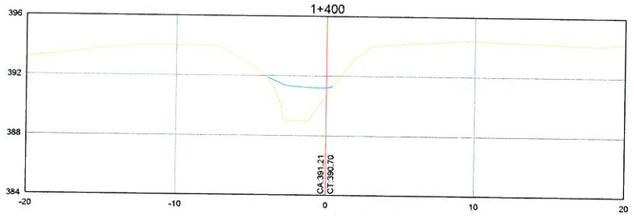


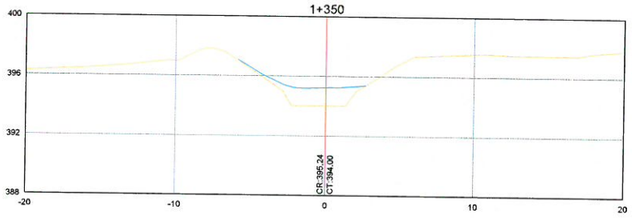


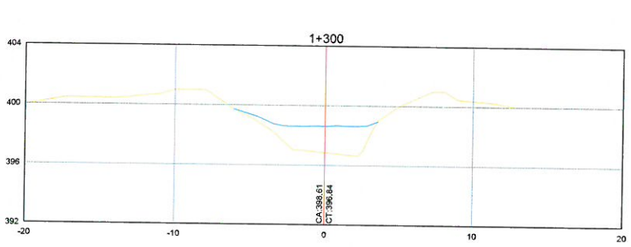


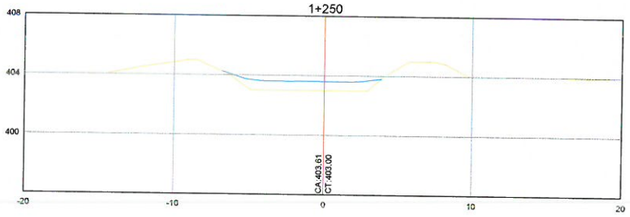


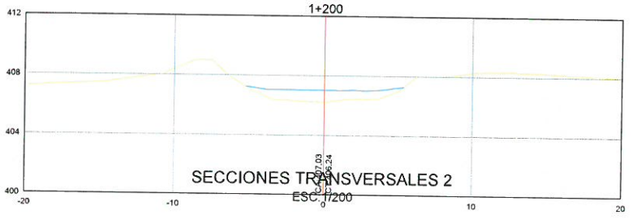


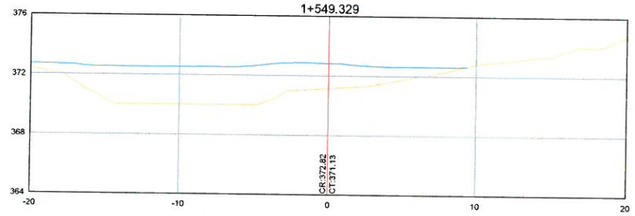


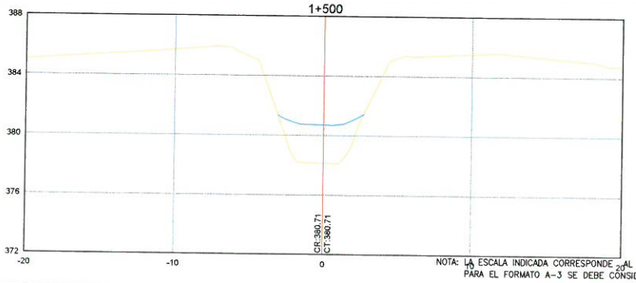












TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

LEYENDA	
TERRENO NATURAL	
TR=10 AÑOS	

NOTA:
CA= COTA DE AGUA
CT=COTA DE TERRENO

SECCIONES TRANSVERSALES 2
ESC. 1/200

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M. CIP 166636	Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V CIP 14199	
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z. CIP 42895	

REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

PLANO : MAPA TR=10 AÑOS - SECCIONES TRANSVERSALES 2 QUEBRADA SAN JERONIMO

UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

ESCALA: INDICADA

FECHA: SETIEMBRE 2019

PLANO N°: 018-2019-HCA-03-14 REV. 0

2014

N

PLANTA QUEBRADA SAN JERONIMO
ESC:1/2000

ANEXO SAN JERONIMO

INICIO
374368.254
8560979.694

FIN
373676.678
8562329.489

RUTA Nacional PE-2A (Panamericana Sur), Cañete (Lima)

LEYENDA

- CURVAS PRINCIPALES
- CURVAS SECUNDARIAS
- ALINEAMIENTO
- PI: PUNTO DE INTERSECCIÓN
- SENTIDO DE FLUJO
- HUELLA DE AGUA TR 50 AÑOS
- LINEA DE SECCIONES
- RIO CAÑETE
- CARRETERA

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. KUCHMAR IN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M.	CIP 169636
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V.	CIP 143109
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z.	CIP 42895

Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289

REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

PLANO : MAPA TR=50 AÑOS PLANTA QUEBRADA SAN JERONIMO

UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

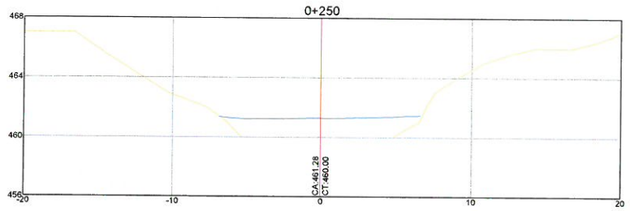
ESCALA: INDICADA

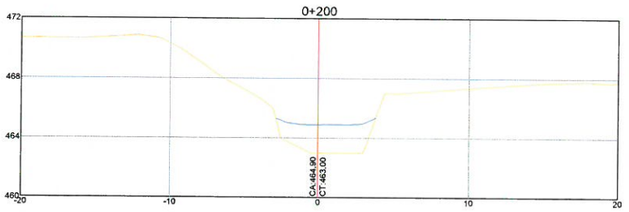
FECHA: SETIEMBRE 2019

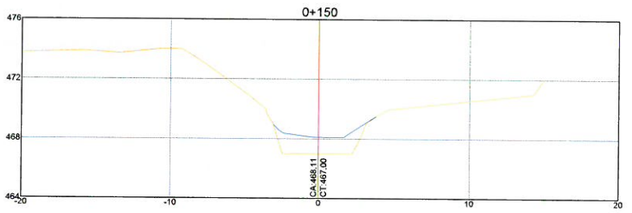
PLANO N°: REV. 0

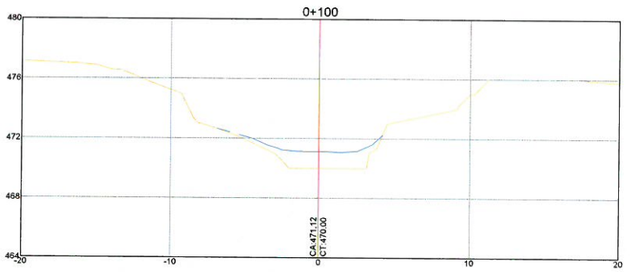
018-2019-HCA-03-15

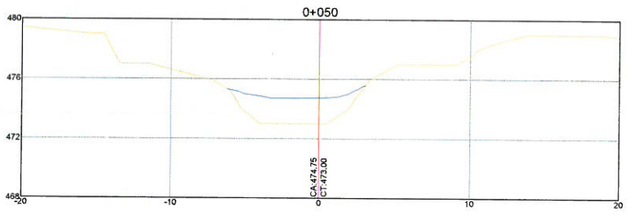
2013

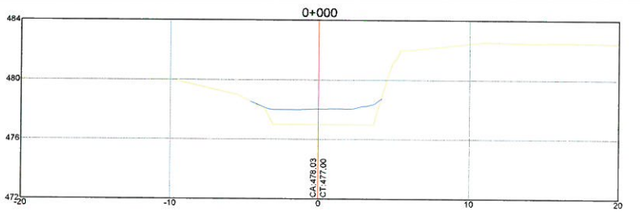


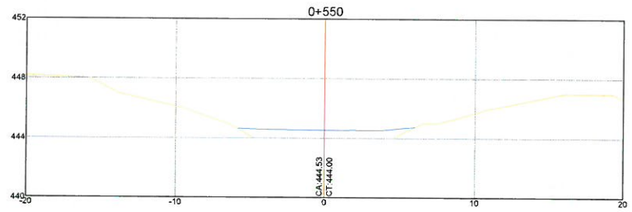


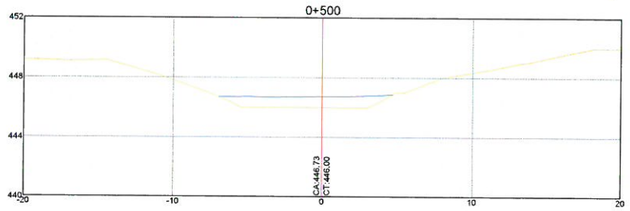


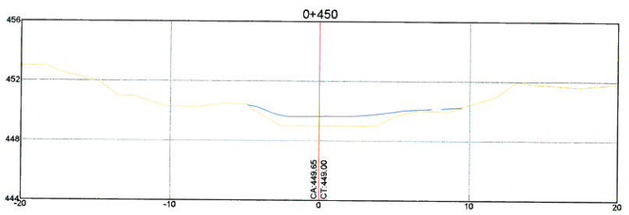


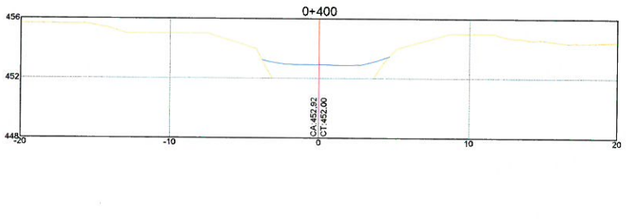


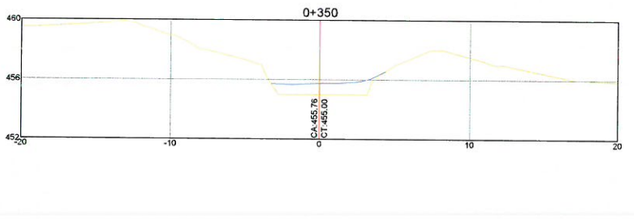


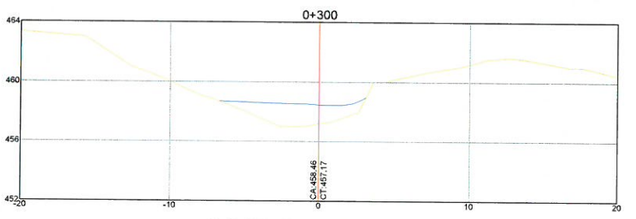












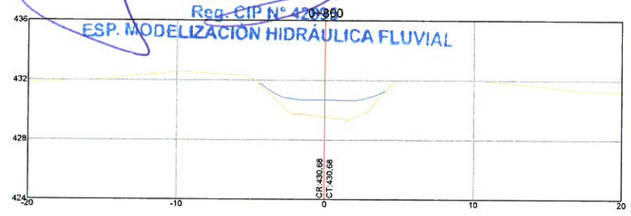
TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

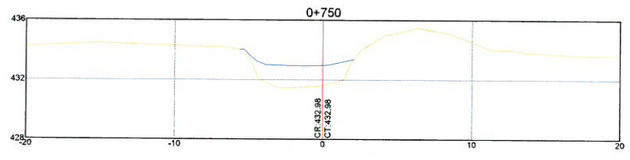
JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

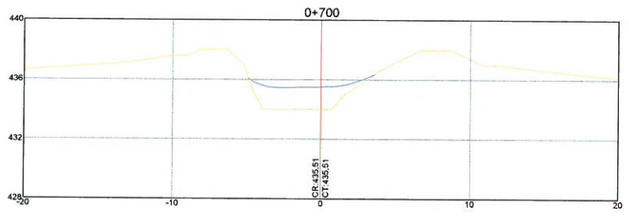
Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42085
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

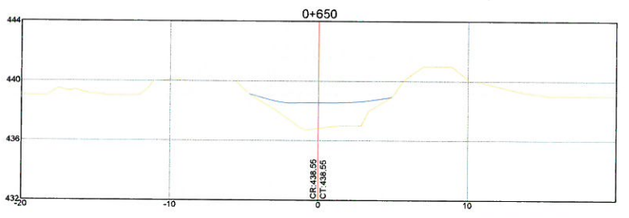
LEYENDA	
TERRENO NATURAL	———
TR=50 AÑOS	— — — —

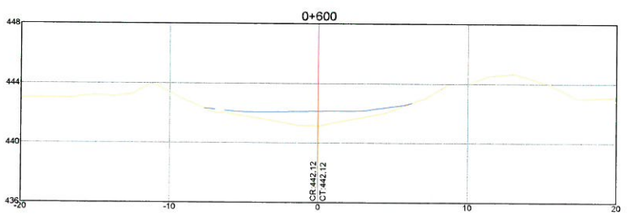
NOTA:
CA= COTA DE AGUA
CT=COTA DE TERRENO











SECCIONES TRANSVERSALES 1
ESC:1/200

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M.	CIP 189639
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V	CIP 74199
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z.	CIP 42895

Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289

REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

PLANO : MAPA TR=50 AÑOS - SECCIONES TRANSVERSALES 1 QUEBRADA SAN JERONIMO

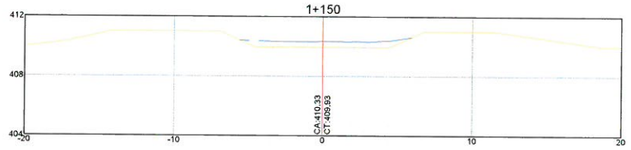
UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

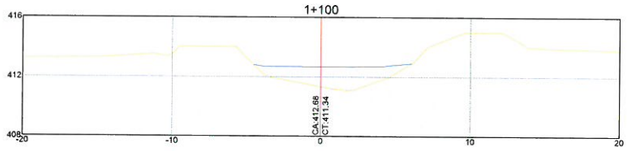
ESCALA: INDICADA

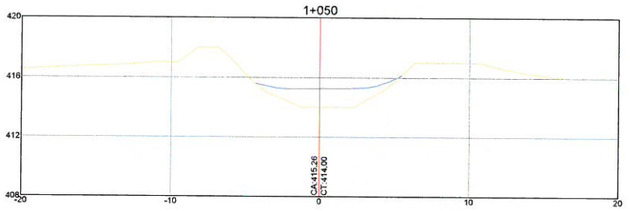
FECHA: SETIEMBRE 2019

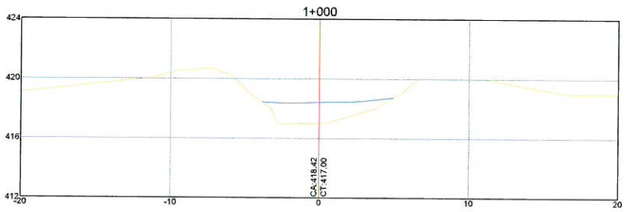
PLANO N°: 018-2019-HCA-03-16 REV. 0

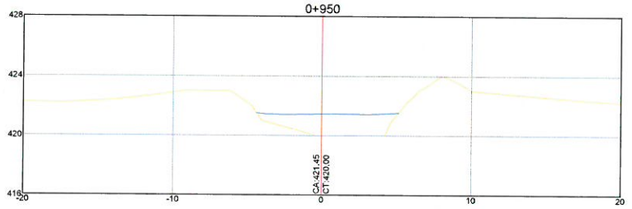
2012

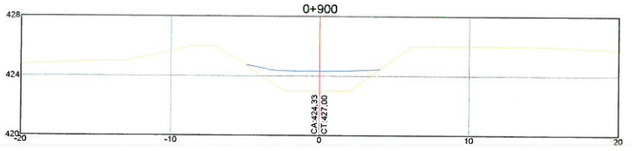


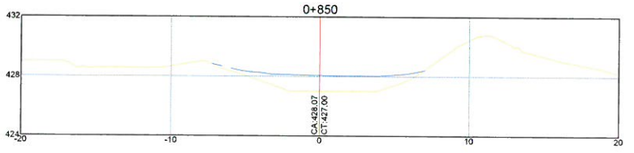


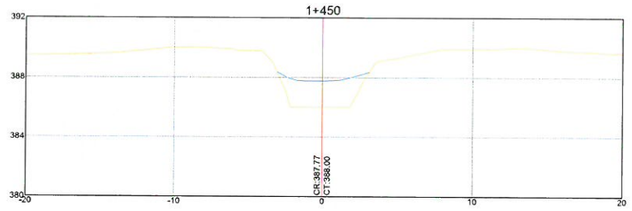


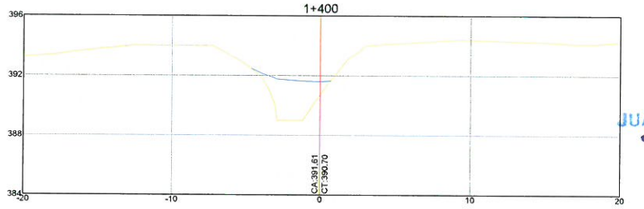


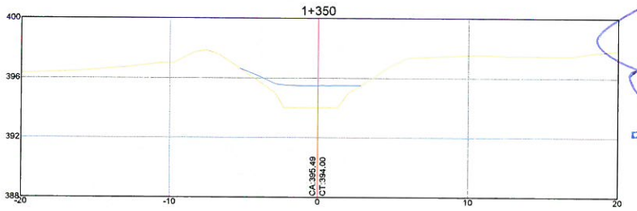


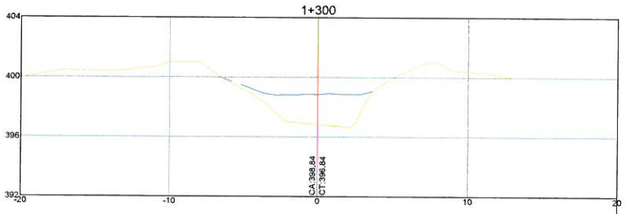


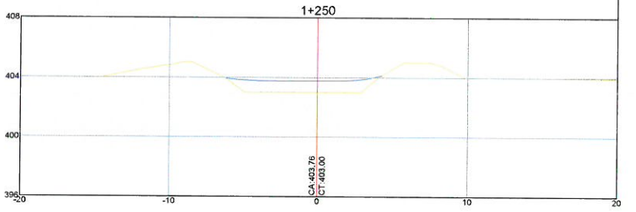


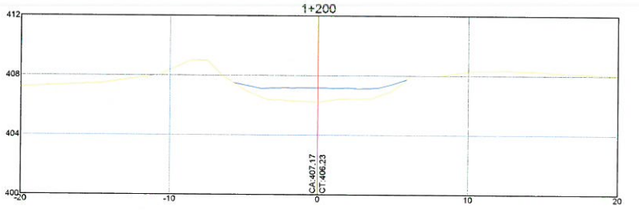












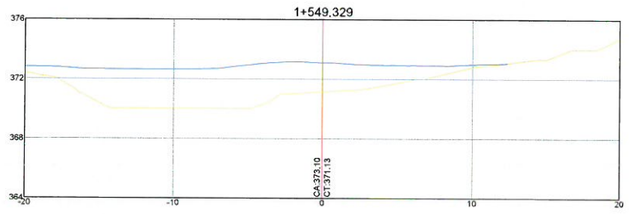
TOMAS A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

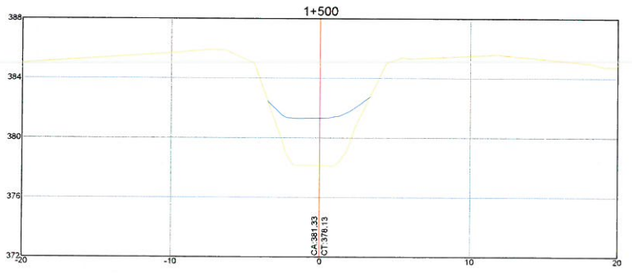
JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

LEYENDA	
TERRENO NATURAL	
TR=50 AÑOS	

NOTA:
CA= COTA DE AGUA
CT=COTA DE TERRENO





SECCIONES TRANSVERSALES 1
ESC:1/200

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M.	CIP 166639
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V	CIP 74199
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z.	CIP 42895

Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289

REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

PLANO : MAPA TR=50 AÑOS - SECCIONES TRANSVERSALES 2 QUEBRADA SAN JERONIMO

UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

ESCALA: INDICADA

FECHA: SETIEMBRE 2019

PLANO N°: 018-2019-HCA-03-17 REV. 0

1:75 | 1:100 | 1:125 | 1:150 | 1:200 | 1:250 | 1:300 | 1:333.33 | 1:400 | 1:500

2011

N

8,561,060 N
8,561,300 N
8,561,520 N
8,561,740 N
8,561,960 N
8,562,180 N
8,562,400 N

373,560 E
373,780 E
374,000 E
374,220 E

FIN
373676.678
8562329.489

INICIO
374368.254
8560979.694

Río Cañete
Panamericana Sur

ANEXO SAN JERONIMO

LEYENDA

- CURVAS PRINCIPALES
- CURVAS SECUNDARIAS
- ALINEAMIENTO
- PI: PUNTO DE INTERSECCIÓN
- SENTIDO DE FLUJO
- HUELLA DE AGUA TR 100 AÑOS
- LINEA DE SECCIONES
- RIO CAÑETE
- CARRETERA

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

PLANTA QUEBRADA SAN JERONIMO
ESC:1/2000

TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVI...

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M. CIP 189636	Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V CIP 141199	
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z. CIP 42895	

REVISIONES

N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

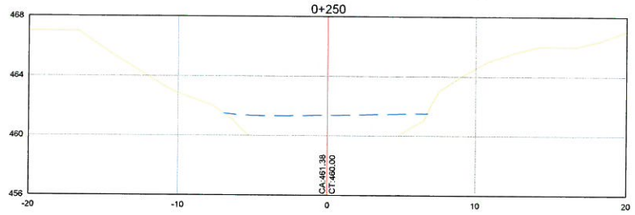
PLANO : MAPA TR=100 AÑOS PLANTA QUEBRADA SAN JERONIMO

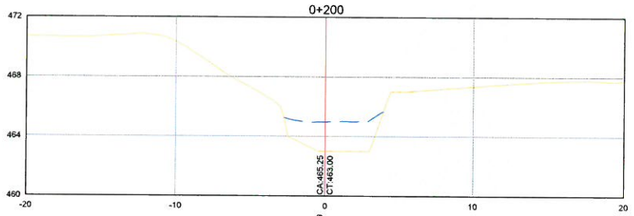
UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

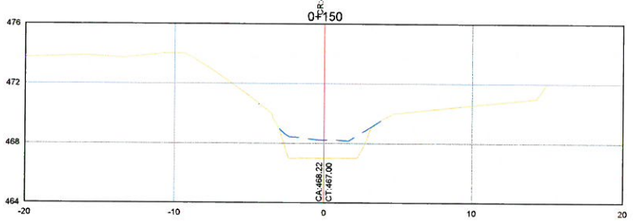
ESCALA: INDICADA

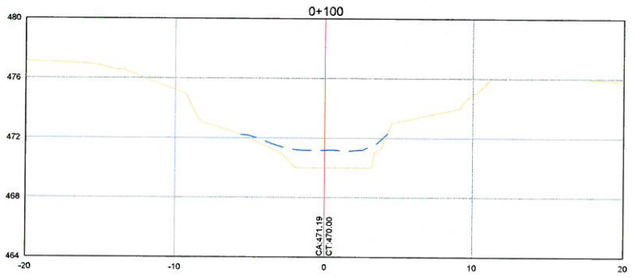
FECHA: SETIEMBRE 2019

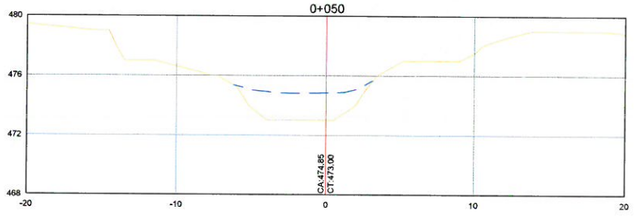
PLANO N°: 018-2019-HCA-03-18 REV. 0

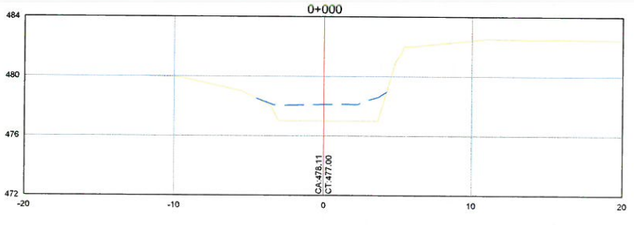


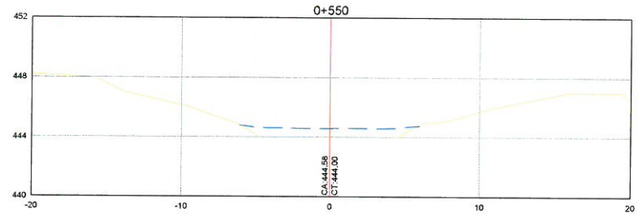


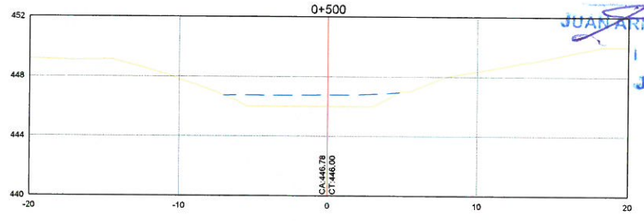


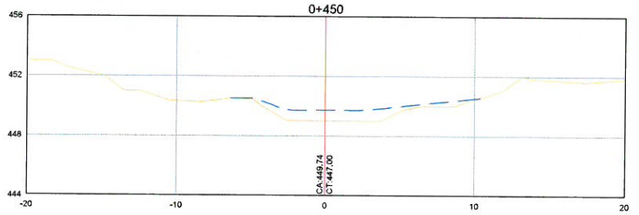


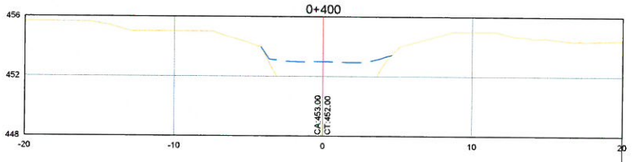


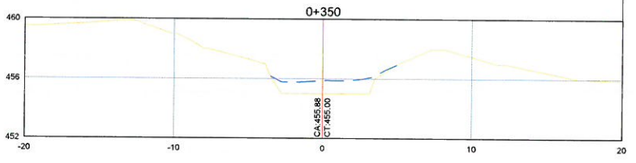


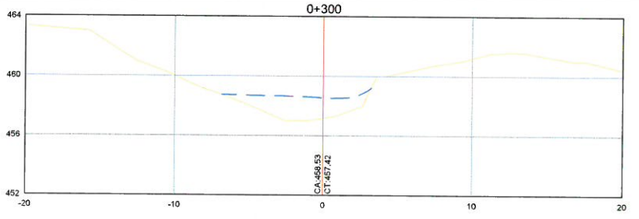


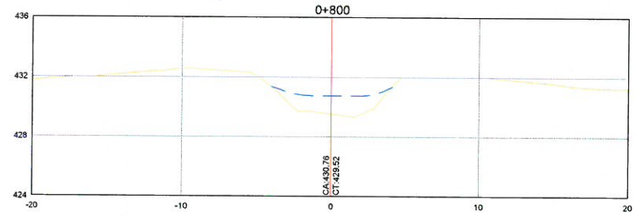


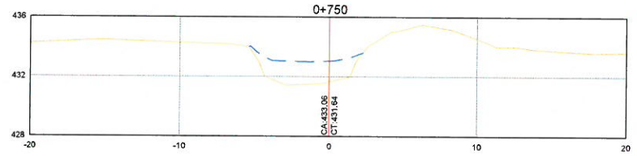


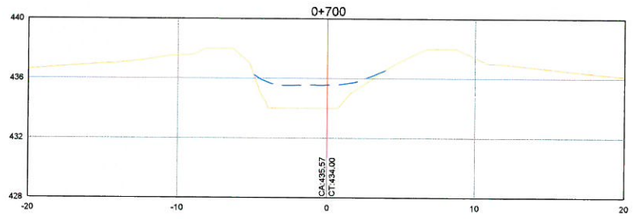


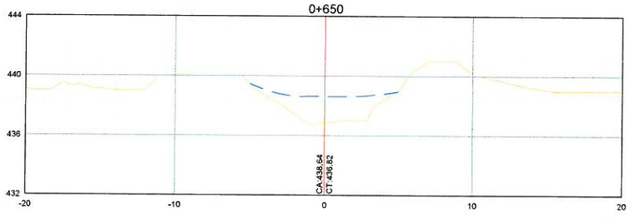


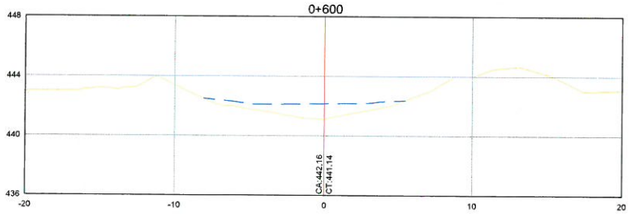












TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KURDIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

2010

LEYENDA	
TERRENO NATURAL	
TR=100 AÑOS	

NOTA:
CA= COTA DE AGUA
CT= COTA DE TERRENO

SECCIONES TRANSVERSALES
ESC:1/200

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M.	CIP 166626
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V.	CIP 14199
Presentó:	ING. J. KURDIWA Z.	CIP 42895

Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289

REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

PLANO : MAPA TR=100 AÑOS - SECCIONES TRANSVERSALES 1 QUEBRADA SAN JERONIMO

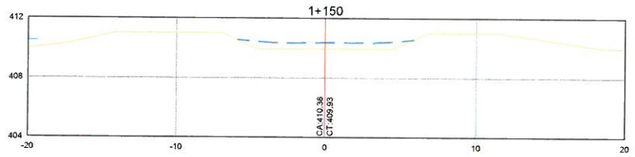
UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

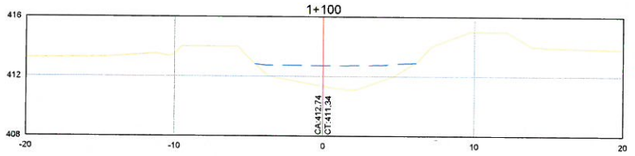
ESCALA: INDICADA

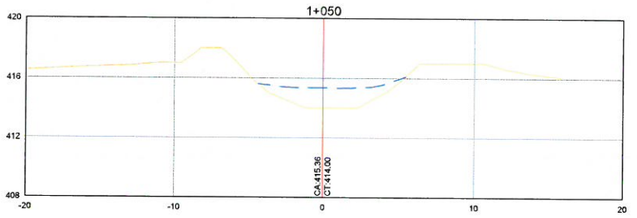
FECHA: SETIEMBRE 2019

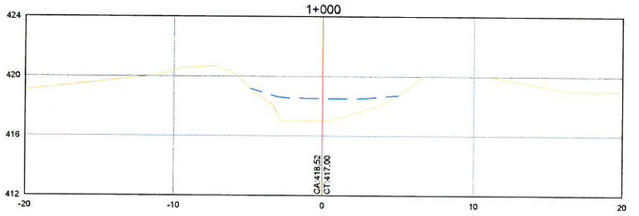
PLANO N°: 018-2019-HCA-03-19 REV. 0

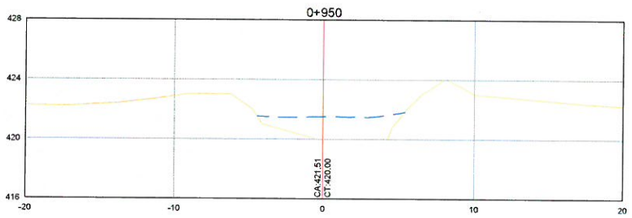
2009

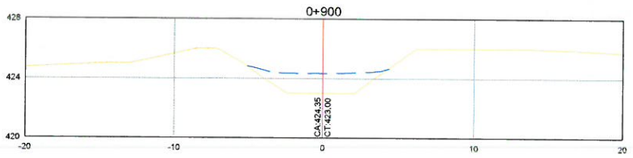


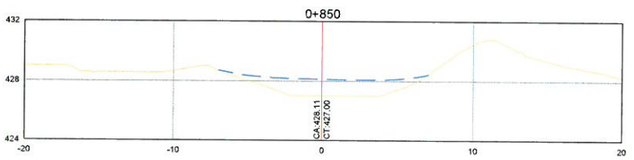


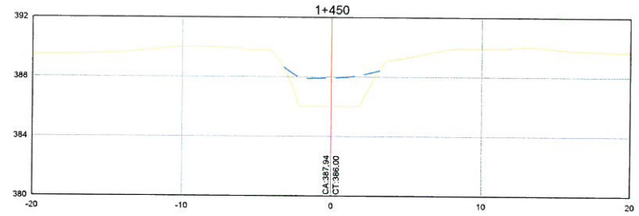


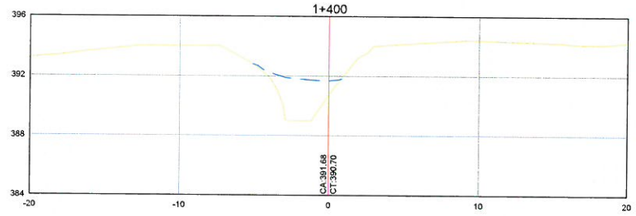


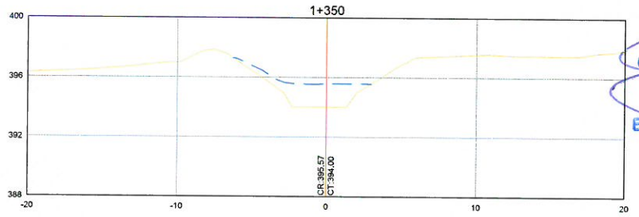


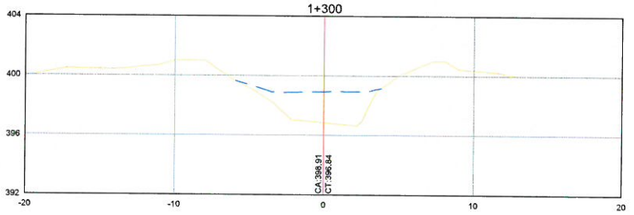


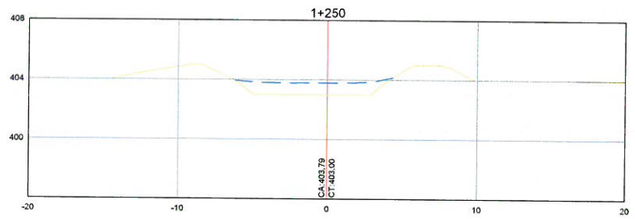


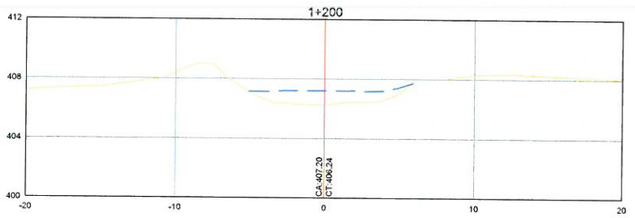


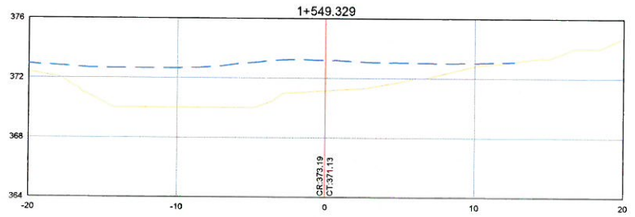


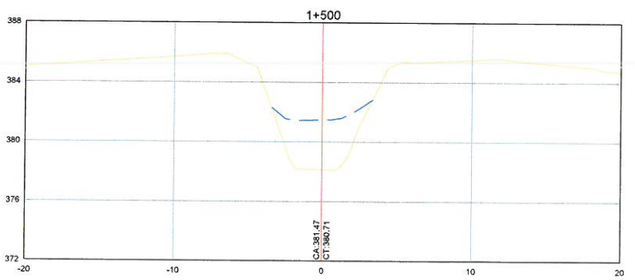












TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDÓN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

LEYENDA	
TERRENO NATURAL	
TR=100 AÑOS	

NOTA:
CA= COTA DE AGUA
COTA DE TERRENO

SECCIONES TRANSVERSALES 2
ESC: 1/200

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M. CIP 196636
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.
Verificó:	ING. A. MANSEN V CIP 14159
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z. CIP 42895

Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289

REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

PLANO : MAPA TR=100 AÑOS - SECCIONES TRANSVERSALES 2 QUEBRADA SAN JERONIMO

UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

ESCALA: INDICADA

FECHA: SETIEMBRE 2019

PLANO N°: 018-2019-HCA-03 20 REV. 0

2008

PLANTA QUEBRADA SAN JERONIMO
ESC:1/2000

INICIO
374368.254
8560979.694

FIN
373876.678
8562329.489

ANEXO SAN JERONIMO

Ruta Nacional PE-24
Panamericana Sur (Lima) Cañete (Lima)

LEYENDA

- CURVAS PRINCIPALES
- CURVAS SECUNDARIAS
- ALINEAMIENTO
- PI: PUNTO DE INTERSECCIÓN
- SENTIDO DE FLUJO
- HUELLA DE AGUA TR 500 AÑOS
- LINEA DE SECCIONES
- RIO CAÑETE
- CARRETERA

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVIAL

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA:
CONSORCIO
CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M. CIP 166629	Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V. CIP 14199	
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z. CIP 42895	

REVISIONES

N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

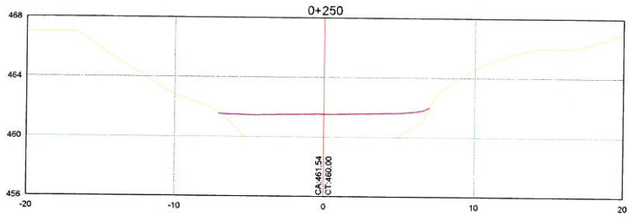
FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE
DEPARTAMENTO DE LIMA
N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

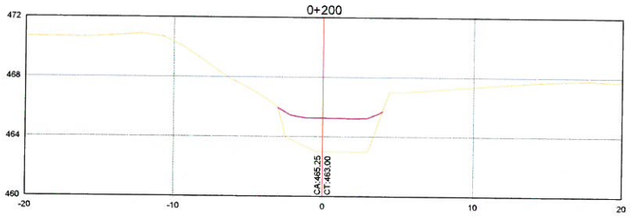
PLANO : MAPA TR=500 AÑOS PLANTA QUEBRADA SAN JERONIMO

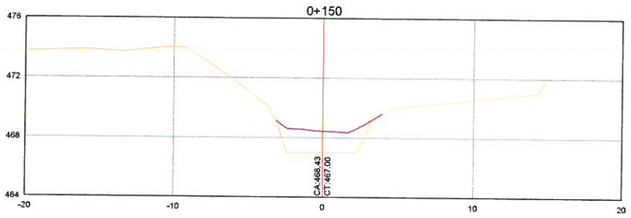
UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

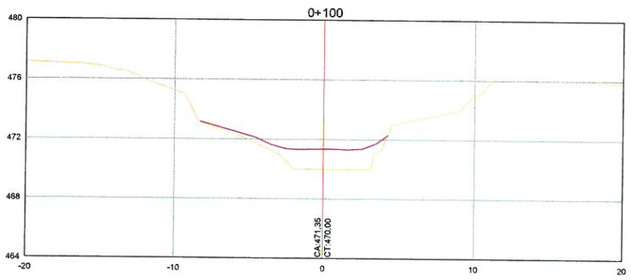
ESCALA: INDICADA
FECHA: SETIEMBRE 2019
PLANO N°: 018-2019-HCA-03-21 REV. 0

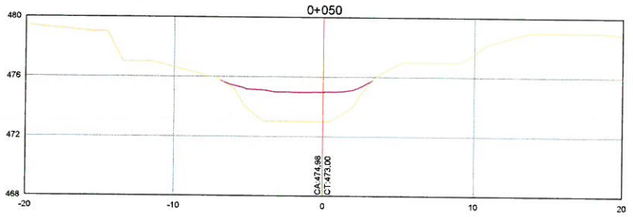
2007

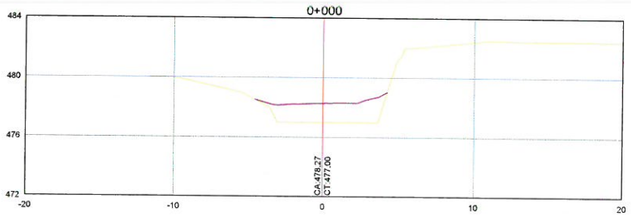


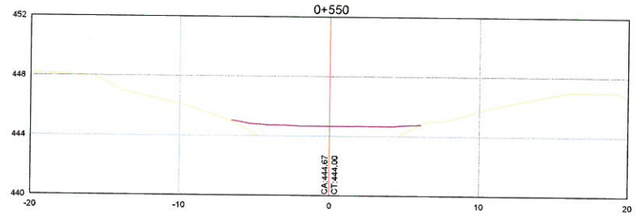


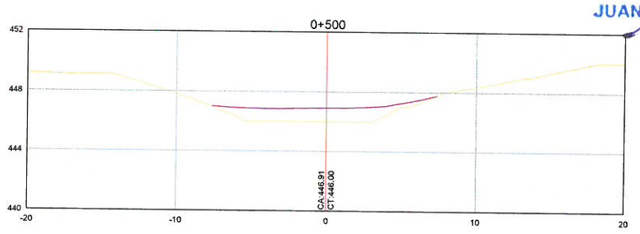


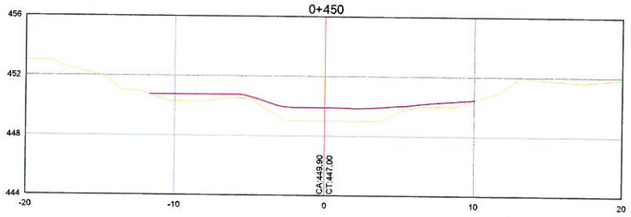


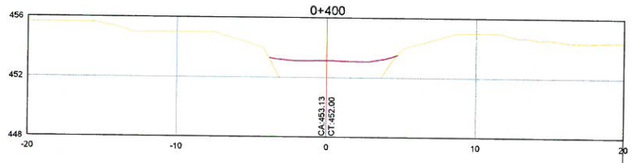


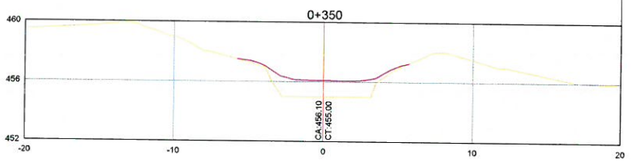


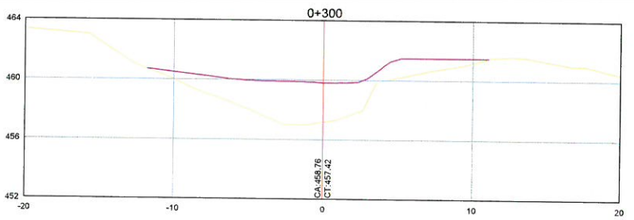


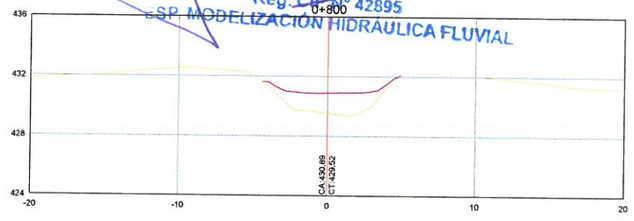


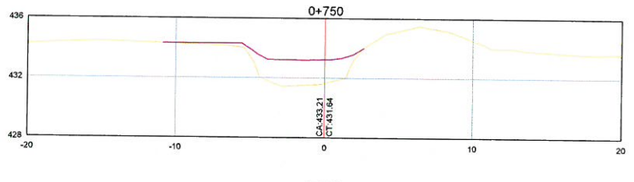


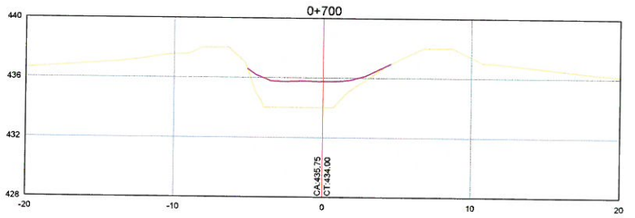


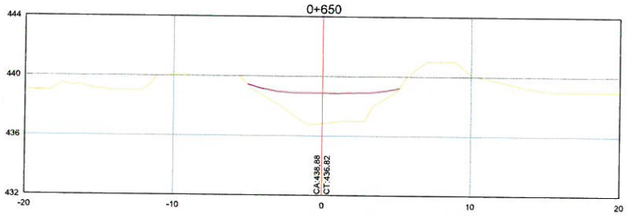


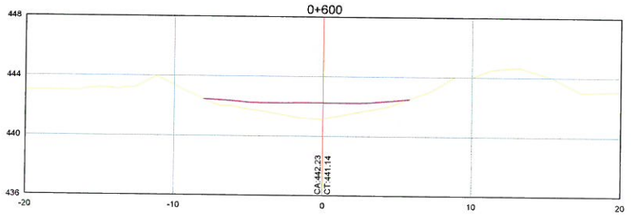












TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVIAL

LEYENDA	
TERRENO NATURAL	
TR=500 AÑOS	

NOTA:
CA= COTA DE AGUA
CT=COTA DE TERRENO

SECCIONES TRANSVERSALES 1

ESC:1/200

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M. CIP 166636	Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V CIP 14199	
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z. CIP 42895	

REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

PLANO : MAPA TR=500 AÑOS - SECCIONES TRANSVERSALES 1 QUEBRADA SAN JERONIMO

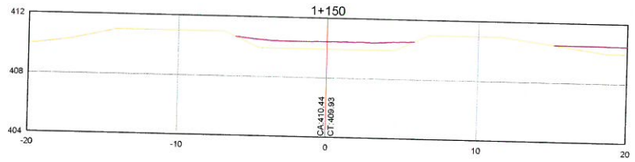
UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

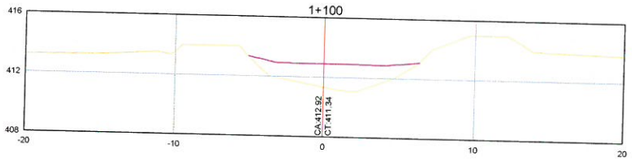
ESCALA: INDICADA

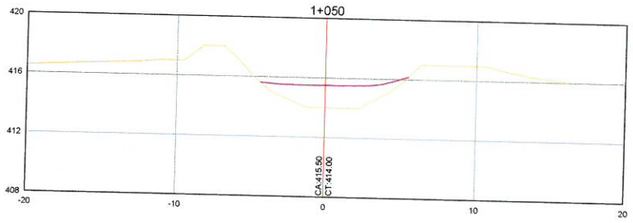
FECHA: SETIEMBRE 2019

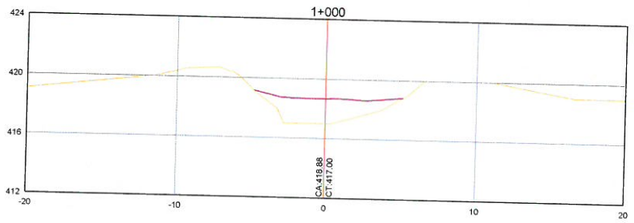
PLANO N°: 018-2019-HCA-03-22 REV. 0

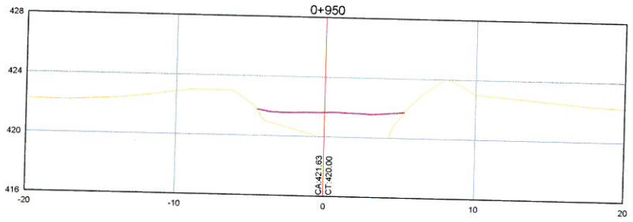
2006

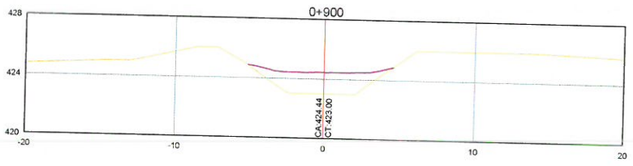


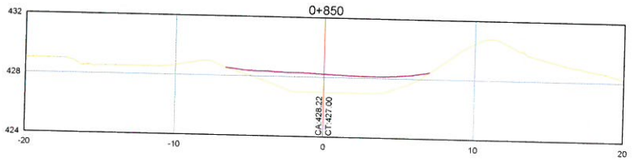


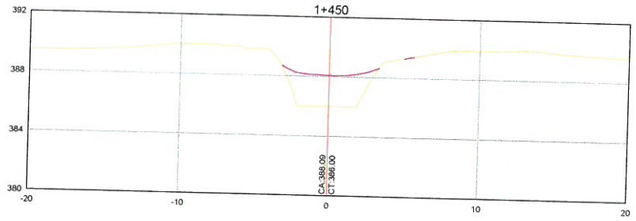


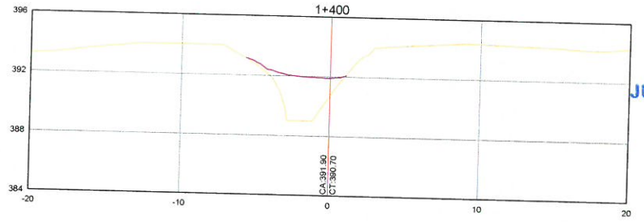


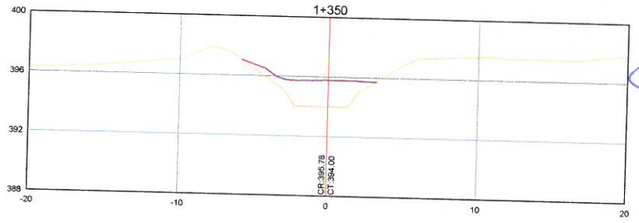


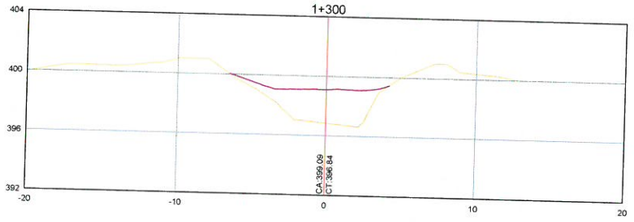


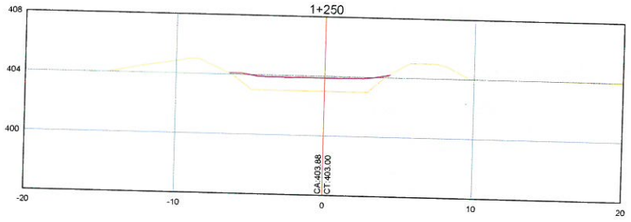


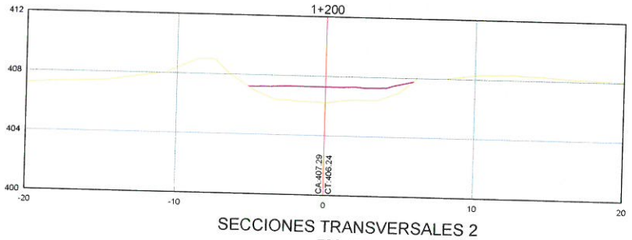












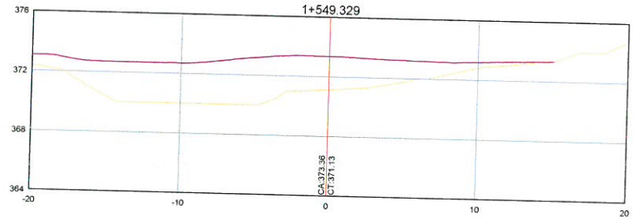
TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

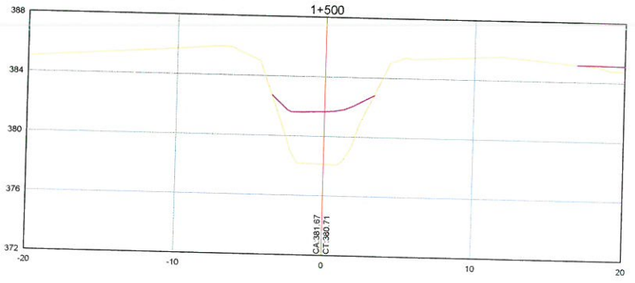
JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVIAL

LEYENDA	
TERRENO NATURAL	
TR=500 AÑOS	

NOTA:
CA= COTA DE AGUA
CT=COTA DE TERRENO





SECCIONES TRANSVERSALES 2
ESC:1/200

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M. CIP 166636
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.
Verificó:	ING. A. MANSEN V. CIP 141199
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z. CIP 42895

Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289

REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE
DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

PLANO : MAPA TR=500 AÑOS - SECCIONES TRANSVERSALES 2 QUEBRADA SAN JERONIMO

UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

ESCALA: INDICADA

FECHA: SETIEMBRE 2019

PLANO N°: 018-2019-HCA-03-23 REV. 0

ESTUDIO MODELACIÓN HIDRAULICA

PERFIL A-2 "CREACIÓN DEL SERVICIO DE PROTECCIÓN CONTRA INUNDACIONES Y MOVIMIENTO DE MASAS EN LAS QUEBRADAS SAN JERÓNIMO, CONDORAY, JACAYITA Y PICAMARÁN EN LOS DISTRITOS DE LUNAHUANÁ, PACARAN Y ZUÑIGA DE LA PROVINCIA DE CAÑETE- DEPARTAMENTO DE LIMA"

2. QUEBRADA CONDORAY

INDICE

1. ASPECTOS GENERALES DEL ESTUDIO 5
1.1 ANTECEDENTES 5
1.2. OBJETIVOS 6
1.3. ZONA DE ESTUDIO 7
2. MODELAMIENTO HIDRÁULICO 2D 11
2.1 DATOS INICIALES PARA LA MODELIZACIÓN DE LA QUEBRADA CONDORAY 19
2.1.1 TOPOGRAFÍA UTILIZADA. 19
2.1.2 PARÁMETROS HIDRÁULICOS. 20
2.1.2.1 HIDROGRÁMA DE CAUDALES MAXIMOS 20
2.1.2.2 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ANÁLISIS POR EL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING. 22
2.1.3 DIMENSIONAMIENTO DE LA MALLA 27
2.2 EJECUCIÓN DEL MODELO 2D. 29
2.2.1 CONDICIONES DE CONTORNO DEL FLUJO 29
2.2.2 TRANSPORTE DE SEDIMENTOS 33
2.2.2.1 PAQUETE DE ANÁLISIS DE SEDIMENTOS 37
3. RESULTADOS DE LA MODELACIÓN SIN SISTEMA DE PROTECCIÓN 37
4. SISTEMA DE PROTECCIÓN DE LA QUEBRADA CONDORAY 41
4.1 CANAL 42
4.1.1 PENDIENTE LONGITUDINAL 42
4.1.2 SECCIÓN DEL CANAL 42
4.1.2.1 PENDIENTE LONGITUDINAL DEL BADÉN 43
5. RESULTADOS DE LA MODELIZACIÓN CON ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN 44
6. CONCLUSIONES 46

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR-SIGT

JUAN ARMANDO PAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Mg. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42885
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

IMAGENES

Imagen 1. Vista satelital del tramo en estudio - Quebrada Condoray.....8
Imagen 2. Croquis – Situación Actual de zona en estudio.....9
Imagen 3. Topografía importada en formato ASCII......20
Imagen 4. Valores de Manning para la quebrada Condoray......23
Imagen 5. Tipos de Mallas.....28
Imagen 6 Refinamiento de malla según zonas......29
Imagen 7. Condición de contorno en la entrada para la quebrada Condoray......32
Imagen 8. Condición de contorno de salida para la quebrada Condoray......33
Imagen 9. Propagación de flujo, T_r = 100 años......38
Imagen 10. Velocidad Máxima, T_r = 100 años......39
Imagen 11. Zona de riesgo......40
Imagen 12. Áreas inundadas con la avenida cuyo T_r = 500 años......40
Imagen 13. Ejemplo de canal de mampostería de piedra en zona de quebrada.....41
Imagen 14. Vista en Planta del Sistema de defensa para la quebrada Condoray......42
Imagen 15. Sección típica para la quebrada Condoray.....43
Imagen 16. Vista en Planta del baden.....44
Imagen 17. Perfil del Badén tipico......44
Imagen 18. Propagación de Flujo con estructura de protección , T_r = 100 años..45

TABLAS

Tabla 1. Ubicación de la Quebrada Condoray.....7
Tabla 2. Tamaño de mallas en una serie de estudios de ingenieria y de investigaciones.....15
Tabla 3 Hidrogama del caudal máximo de flujo (líquido + sólido)- Quebrada Condoray.....21
Tabla 4 Caudales máximos para distintos periodos de retorno......22
Tabla 5 Tabla de Cowan para determinar la influencia de factores sobre el coeficiente n.....24
Tabla 6 Valores de influencia de Cowan para la quebrada Condoray.....26
Tabla 7 Valores de coeficientes de Rugosidad de Manning - FHWA 2012.....26
Tabla 8 Coeficiente de Rugosidad de Manning para las llanuras de inundación de la quebrada Condoray......27
Tabla 9 Discretización y refinamiento de malla según zonas de estudio......28
Tabla 10 Valores de Froude según periodo de retorno en zona de estudio.....31

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO DE AZEVAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIA

Tabla 11 Valores de Velocidad según periodo de retorno en la primera sección de análisis 31
Tabla 12. Coeficiente de difusión de sedimentos 36
Tabla 13. Número de Schmidt 36

CUADROS

Cuadro N° 1 Condiciones de contorno implementadas en los contornos abiertos. 30
Cuadro N° 2 Condición de contorno seleccionados para el modelo IBER 32
Cuadro N° 3 Paquete de análisis de sedimentos 37
Cuadro N° 4 Longitud total de Tramos revestidos. 42

FOTOGRAFIAS

Fotografía 1 Vista aguas arriba, intersección Cruce quebrada – y trocha carrozable. 10
Fotografía 2 Vista de Badén existente, Intersección Quebrada – carretera Existente. 10
Fotografía 3 Vista del Cauce de la Quebrada Condoray 25
Fotografía 4 Vista de protección de cultivos 25

FIGURAS

Figura N° 1 Vista de quebrada Condoray, en Cañete. 12
Figura N° 2 Red de Elementos Triangulares 14
Figura N° 3 Relación entre β y el cociente de la velocidad de sedimentación y la velocidad de corte. 18

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5280
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVIAL

1. ASPECTOS GENERALES DEL ESTUDIO

1.1 ANTECEDENTES

En los últimos años, en el Perú, han ocurrido fenómenos relacionados a inundaciones, movimiento de masas de lodo acompañados de piedras y rocas (flujo de detritos), también conocidos como huaicos, así como erosiones fluviales; este es el caso de la zona occidental de nuestro país; donde, estos fenómenos se vienen presentado de manera muy recurrente, principalmente entre los meses de diciembre y abril, correspondientes a la temporada de lluvias en nuestro país; llegando a afectar a los centros poblados y vías de acceso circundantes a estos sectores vulnerables, y la situación tiende a agravarse cuando sucede el evento denominado El Niño, ya que los flujos que se reproducen se ven incrementados por las altas precipitaciones que se producen durante ese evento.

Ante lo mencionado el Consorcio CISPDR-SIGT, viene ejecutando los estudios de preinversión a Nivel de Perfil, para la "Formulación del plan integral para el control de inundaciones y movimientos de masa de la cuenca del río Cañete", y de esta manera formular un plan de acción integral para el control de estos fenómenos presentes en los cauces y quebradas de la cuenca del río Cañete.

El Fenómeno del Niño genera caudales extremos en las cuencas de la vertiente del Pacífico. El calentamiento del Océano Pacífico, en particular de la Región Niño 1+2 (frente a la Costa Peruana), conjuntamente con la convergencia intertropical, la disminución de la circulación sobre el Pacífico Occidental y la presencia de los Andes, generan el aumento de precipitación de hasta dos órdenes de magnitud principalmente sobre la Vertiente del Pacífico, lo que genera caudales extremos en los ríos de esta hoya hidrográfica. Se han generado caudales de gran magnitud los años 1972, 1983, 1998 y 2017. En el último caso, se activaron quebradas a lo largo de la cuenca, tanto en las provincias de Cañete como la de Yauyos. En la provincia de Cañete los efectos de los flujos de escombros afectaron a una mayor cantidad de personas y propiedades en los distritos de Lunahuaná, Pacarán y Zúñiga así como a la

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVIAL

infraestructura vial y edificaciones, así como inundación de cultivos. El río Cañete inundó cultivos tanto en la parte media como en la parte baja y ocasiónó la pérdida de parte de la plataforma de la vía Cañete – Yauyos en varios sectores. La erosión excesiva de las márgenes del río Cañete ocasionó la caida de muros perimétricos y puso en peligro las edificaciones construidas cerca de la margen derecha en el tramo entre Pacarán y Lnuahuaná. Además ocasionó la caída de un puente colgante en Catapalla.

La presente Modelación Hidraulica 2D de la Quebrada Condoray es parte del proyecto "Creación del servicio de protección contra inundaciones y movimiento de masas en las quebradas San Jerónimo, Condoray, Jacayita y Picamarán en los distritos de Lunahuaná, Pacarán y Zuñiga de la Provincia de Cañete – Departamento de Lima"

1.2. OBJETIVOS

Objetivo principal

- Determinar las llanuras de inundación de la quebrada Condoray , tramo Santa Rosa - río Cañete, mediante el empleo del software Iber v2.5.1, modelo bidimensional de lecho móvil, para caudales de cálculo correspondientes a periodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 años.

Objetivos específicos

- Caracterizar las zonas inundables en la quebrada Picamarán del tramo Badén hasta el río Cañete para periodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 años.
- Determinar los niveles o tirantes de agua alcanzados en la quebrada Condoray, tramo Santa Rosa - río Cañete; cuyos caudales de cálculo corresponden a los periodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 años.
- Presentar mapas de inundación y velocidad de la quebrada Condoray, tramo Santa Rosa - río Cañete mediante el modelamiento hidraulico teniendo en cuenta las carateristicas actuales de la zona en estudio.
- Identificar las áreas expuestas a un mayor riesgo de inundación y/o afectación por movimientos de masas.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO GAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVIAL

- Proponer los sistemas de protección para las quebradas, para un periodo de retonro de 100 años.
- Presentar mapas de inundación y velocidad de la quebrada Condoray, teniendo en cuenta la implemenatción de las estructuras propuestas.

1.3. ZONA DE ESTUDIO

1.3.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO.

La quebrada Condoray se ubica en el distrito de Lunahuaná, provincia de Cañete, departamento de Lima. La zona analizada se encuentra en la cuenca baja de quebrada, entre la cota 580 msnm y 470 msnm, con una longitud de cauce, en este tramo, de 1.5 km, hasta la desembocadura al río Cañete; y con una pendiente promedio 0.0782 m/m.

Tabla 1. Ubicación de la Quebrada Condoray.

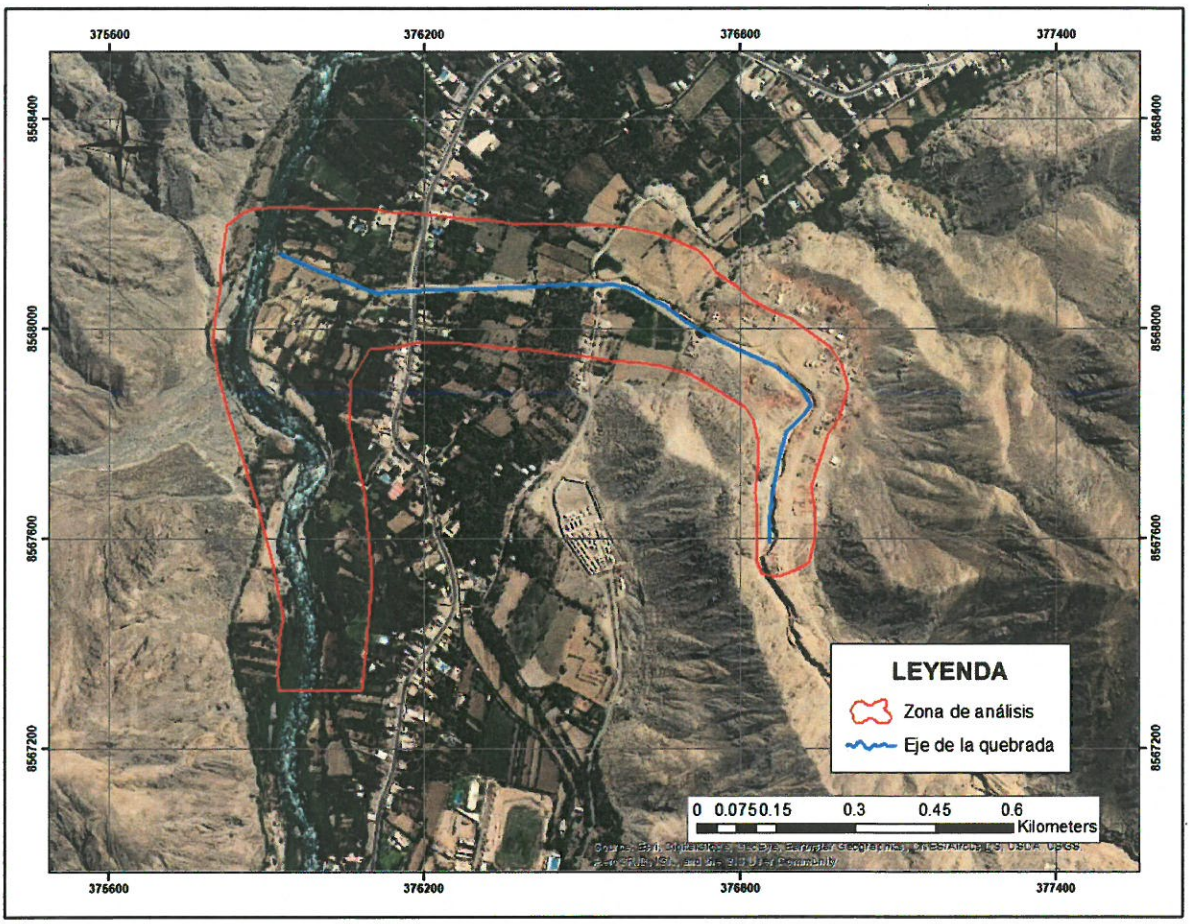
QUEBRADA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		Datum: WGS 84 - COORDENADAS UTM		
	Latitud	Longitud	Zona	Este (m)	Norte (m)
CONDORAY	12°57'10.44"S	76° 8'28.88"O	18L	376198	8568073

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIA

Imagen 1. Vista satelital del tramo en estudio - Quebrada Condoray.



1.3.2. OBRAS DE PROTECCIÓN EXISTENTES.

Al realizar la inspección de campo en la zona de estudio de la quebrada Condoray se apreciaron obras de protección, aguas arriba y aguas abajo del cruce entre la quebrada y la carretera Cañete – Yauyos (Ruta Nacional PE-24). Sin embargo, dicha obra fue rebasada ante la ocurrencia del último evento registrado, esto debido basicamente a su conformación en la zona de intersección entre quebrada y la vía existente, ya que hacia aguas abajo se genera un remanso del flujo debido a obstrucción que genera el propio sistema de defensa como se apreciará en la Figura N° 1 y las fotografias que se presentan líneas abajo.

TOMAS AMADEO SANCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

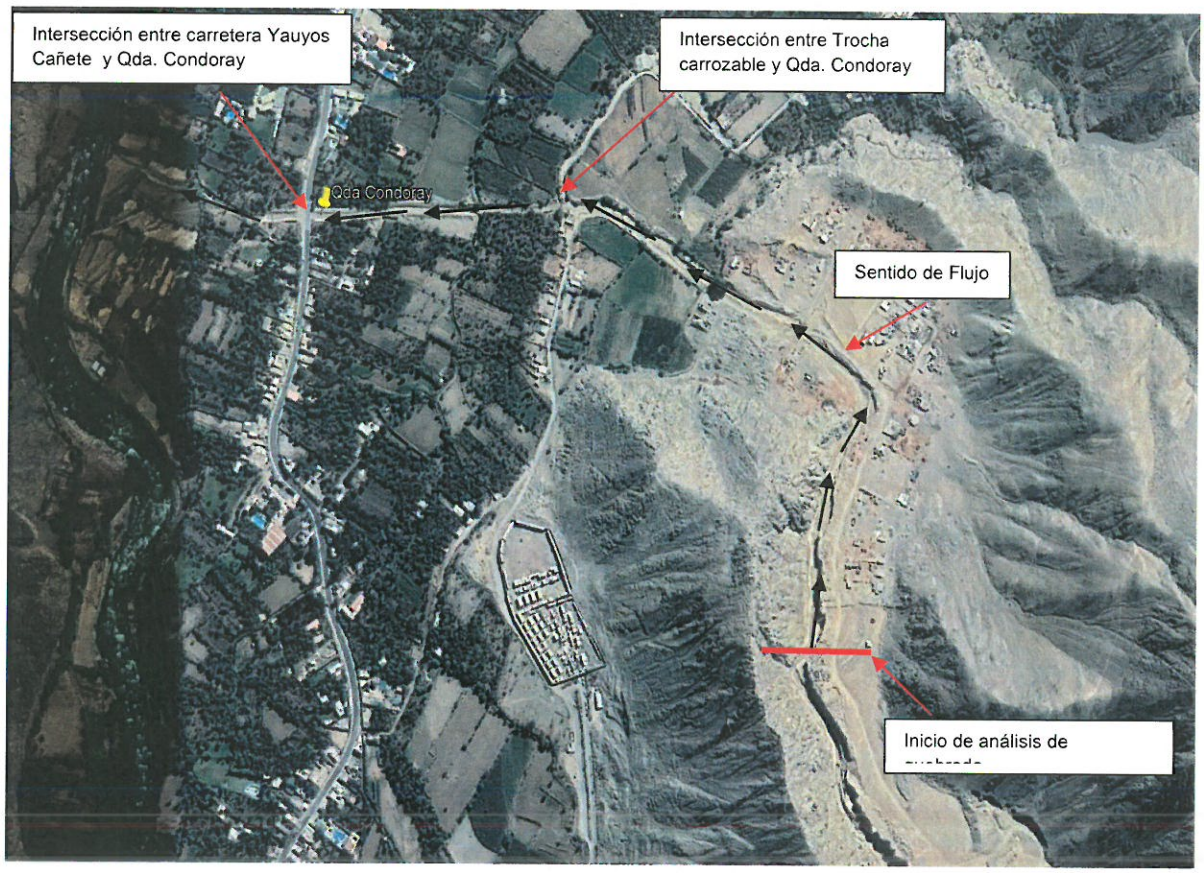
JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5280
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA CEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Otra característica importante a mencionar es que el material que se pudo apreciar en la zona de estudio corresponde a material fino y material tipo gravilla suelta.

Se recomienda proponer nuevas estructuras de protección capaces de proteger las areas de cultivo y permitir el paso de flujo.

Imagen 2. Croquis – Situación Actual de zona en estudio

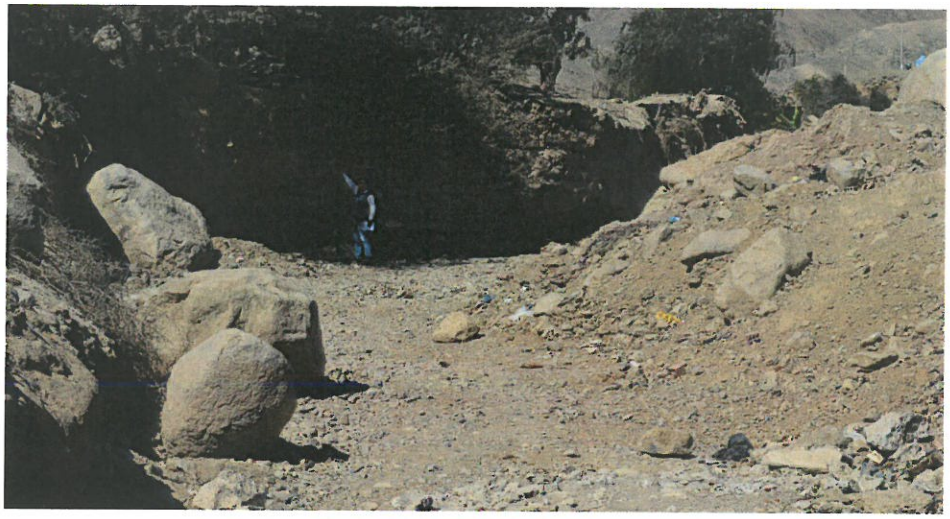


TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLU

Fotografía 1 Vista aguas arriba, intersección Cruce quebrada – y trocha carrozable.



Se puede observar en estas fotografias que no existe ningun sistema de protección en la intersección de la quebrada y trocha carrozable, el material que se puede observar es un material suelto, poco estable.

Fotografía 2 Vista de Badén existente, Intersección Quebrada – carretera Existente.



Aguas abajo en el cruce de la Quebrada y la carretera Cañete – Yauyos existe un sistema de protección tipo dique de mampostería, con una longitud de 74 metros hacia aguas arriba y 51 metros hacia aguas abajo. Sin embargo, estas defensas generan un problema justo en la intersección con la carretera, debido que aguas abajo el mismo sistema de defensa obstruye parte del recorrido del

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

flujo, lo que genera un represamiento del flujo. Por el motivo anteriormente señalado, se recomienda reemplazar este sistema.

2. MODELAMIENTO HIDRÁULICO 2D

Datos recopilados en las quebradas

Al ejecutar las simulaciones en las quebradas, es necesario recalcar que estas son intermitentes y se encuentran secas la mayor parte del tiempo. Solo se activan durante la temporada húmeda (Diciembre – Abril) y la mayor parte de ellas sólo durante eventos extraordinarios, es decir no se activan ni siquiera anualmente. Cuando estas quebradas se activan generan flujos de alta velocidad con gran cantidad de arrastre de materiales que harían muy peligroso realizar mediciones durante los eventos en los que se genera flujo de escombros. La Figura 1, que se muestra a continuación y que ha sido extraída de un video, muestra la turbulencia y las altas velocidades que alcanza el flujo, arrastrando partículas de gran tamaño. Debido a la falta de instrumentación en la cuenca, poca predictibilidad de estos eventos, alta turbulencia y transporte de sedimentos este tipo de eventos no ha sido documentado. Sin embargo, en el estudio hidrológico se estimaron los caudales en cada quebrada en base a evidencias físicas como marcas de agua, marcas de erosión, etc. Este tipo de información ha sido comparada con los resultados de la modelación hidráulica y la aproximación es adecuada.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42695
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Nótese la alta turbulencia del flujo caótico y la cresta en el extremo aguas abajo (a la izquierda). La flecha indica la dirección del flujo.



Figura N° 1 Vista de quebrada Condoray, en Cañete.

Modelo numérico bidimensional

En la actualidad los modelos numéricos, ayudados con la capacidad de procesamiento de los ordenadores, permiten adecuarse a un esquema en dos dimensiones (2D), superando los modelos 1D, y ayudándonos a cuantificar parámetros hidráulicos; sobre todo cuando se trata de simulaciones hechas sobre grandes extensiones de terrenos afectados por el paso del agua.

Iber es un modelo matemático bidimensional de lecho móvil para la simulación del flujo en ríos y estuarios. Fue desarrollado por una serie de instituciones españolas, entre ellas, centros de investigación de las universidades Universidade da Coruña, Universidade de Santiago de Compostela, Universitat Politècnica de Catalunya, y el Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria y promovido por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX. Bladé et al. (2014) describen, de manera sucinta, las consideraciones teóricas y los métodos empleados para resolver las ecuaciones de movimiento. En este documento se resumen las principales consideraciones teóricas y las funciones del programa Iber v2.5.1.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

El módulo hidrodinámico de Iber resuelve las ecuaciones de St. Venant bidimensionales, incorporando los efectos de la turbulencia y rozamiento superficial por viento. Las ecuaciones se muestran debajo:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hU_x}{\partial x} + \frac{\partial hU_y}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(hU_x) + \frac{\partial}{\partial x}\left(hU_x^2 + g\frac{h^2}{2}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(hU_xU_y\right) = -gh\frac{\partial Z_b}{\partial x} + \frac{\tau_{s,x}}{\rho} - \frac{\tau_{b,x}}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x}\left(\nu_t h\frac{\partial U_x}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\nu_t h\frac{\partial U_x}{\partial y}\right)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(hU_y\right) + \frac{\partial}{\partial x}\left(hU_xU_y\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(hU_y^2 + g\frac{h^2}{2}\right) = -gh\frac{\partial Z_b}{\partial y} + \frac{\tau_{s,y}}{\rho} - \frac{\tau_{b,y}}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x}\left(\nu_t h\frac{\partial U_y}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\nu_t h\frac{\partial U_y}{\partial y}\right)$$

Por otro lado, la resistencia al flujo se calcula con la ecuación de Manning, como se presenta debajo:

$$\tau_{b,x} = \rho gh\frac{n^2U_x|U|^2}{h^{4/3}} \qquad \tau_{b,y} = \rho gh\frac{n^2U_y|U|^2}{h^{4/3}}$$

en donde h es el tirante, U_x y U_y son las velocidades horizontales promediadas en profundidad, g es la aceleración de la gravedad, ρ es la densidad del agua, Z_b es la cota del fondo, τ_s es la fricción en la superficie libre debida al rozamiento producido por el viento, τ_b es la fricción debida al rozamiento del fondo y ν_t es la viscosidad turbulenta.

Las ecuaciones de aguas someras y las del modelo k-ε se resuelven mediante el método de volúmenes finitos para mallas bidimensionales no estructuradas. Los esquemas numéricos utilizados en Iber son especialmente apropiados para la modelización de cambios de régimen y de frentes seco-mojado (frentes de inundación).

La discretización del dominio espacial se realiza con volúmenes finitos en mallas no estructuradas, admitiéndose estas mixtas formadas por elementos triangulares y cuadrangulares. La Figura 2, que se presenta debajo, muestra

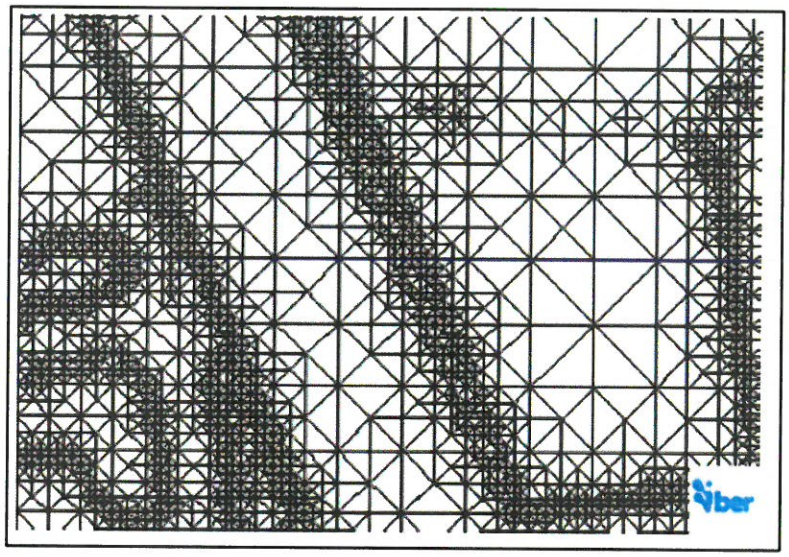
TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

una malla de cálculo formada por una Red Irregular de Triángulos Rectángulos (RTIN).

Figura N° 2 Red de Elementos Triangulares



Se Muestra una red de elementos triangulares a los que se les ha dado la forma de triángulos rectángulos. Fuente: Blade et al. (2014).

Tamaño de los elementos de la malla para modelación hidráulica 2D

La incorporación de modelos bidimensionales en estudios fluviales es relativamente reciente. Esto se debe, en gran parte, a que el hardware necesario para poder ejecutar estos programas no estaba disponible, en principio, y cuando estuvo disponible, el precio fue elevado. Posteriormente, el costo de los equipos fue disminuyendo. En tiempos recientes la disponibilidad de computadoras personales con un hardware apropiado (por ejemplo, una computadora i9 de décima generación, con procesadores gráficos adecuados) permite ejecutar una simulación de un tramo de río en un plazo razonable (entre horas y dos días). El tiempo de ejecución aumenta con la densidad de las mallas para un mismo tramo. Una simulación adecuada se logra con un balance entre la precisión de las salidas y el tiempo de ejecución. A manera de ejemplo, se incluyen ejemplos de dimensiones de la malla que se han empleado en estudios recientes en la Tabla 2.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Tabla 2. Tamaño de mallas en una serie de estudios de ingenieria y de investigaciones.

Nº	Río	País	Ancho medio (m)	Dimensiones de la malla (m x m)	Tipo de estudio	Nivel de estudio
1	Arroyo de la Almucera	España	250	25 x 25	Inundación	Preliminar
2	Ranchería	Colombia	500	23.4 x 23.4	Inundación	Preliminar
3	Ctalamuchita	Argentina	35	1 x1 a 10 x 10	Puentes	Ingeniería
4	Ica	Perú	60	2.5 a 5	Inundación	Ingeniería

Cabe notar que el tamaño de la malla se encuentra en el orden de 1/10 a 1/30 el ancho del cauce.

El programa también permite definir áreas a las que se puede asignar coeficientes de Manning. Las áreas se definen en base a las fotografías aéreas o satelitales tomando en cuenta la ecuación de Cowan y las tablas existentes en referencias como Chow (1959) u otros.

En los contornos de entrada se fija el caudal de agua y se asume que la dirección del flujo es perpendicular al contorno. En caso de que el flujo entre en régimen supercrítico, se impone adicionalmente el tirante. La distribución del caudal unitario a lo largo del contorno se realiza de forma proporcional al calado en cada punto del mismo según la expresión $q_n = C \cdot h^{5/3}$, donde C es una constante que asegura que la integral del caudal unitario q_n a lo largo del contorno considerado es igual al caudal total de entrada.

En los contornos de salida se impone el nivel de la lámina de agua en caso de que se produzca un régimen subcrítico, mientras que no es necesario imponer ninguna condición en el caso de que el régimen sea supercrítico. En los contornos de salida se considera asimismo la posibilidad de introducir una relación de curva de gasto que defina la relación entre la cota de la lámina de agua y el caudal específico desaguado en cada punto del contorno.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5280
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVIAL

Las condiciones internas son aquellas configuraciones geométricas particulares tales como compuertas, vertederos o puentes que entran en carga. Las ecuaciones de Saint Venant dejan de ser válidas al no cumplirse la distribución hidrostática por lo que se deben emplear aquellas relaciones que relacionan los caudales que pasan con el ancho y la carga de aquellas estructuras.

En la primera versión del programa Iber se incluye un módulo hidrodinámico, un módulo de turbulencia y un módulo de transporte de sedimentos. Se asume que la granulometría es uniforme, por carga de fondo y por carga en suspensión.

Otras capacidades del programa incluyen en las ecuaciones del modelo los efectos de las precipitaciones y del transporte de sedimentos. En general, según los autores del programa, se puede emplear el programa Iber para las siguientes aplicaciones:

- Simulación del flujo en superficie libre en cauces naturales.
- Evaluación de zonas inundables.
- Cálculo de las zonas de flujo preferente.
- Cálculo hidráulico de encauzamientos.
- Cálculo hidráulico de redes de canales en superficie libre.
- Cálculo de corrientes de marea en estuarios.
- Estabilidad de los sedimentos del lecho.
- Procesos de erosión y sedimentación por transporte de material no cohesivo.

En este estudio el programa Iber se empleará fundamentalmente para definir la extensión de las áreas de inundación y además, estimar los tirantes y velocidades de una manera más detallada que en un modelo unidimensional.

El transporte de sedimentos, tanto en fondo como en suspensión, se calcula mediante ciertas ecuaciones predefinidas. El transporte en fondo se puede calcular tomando en cuenta los siguiente métodos o información: umbral de movimiento de Shields, Meyer- Peter- Müller, Van Rijn, etc. El transporte en suspensión contiene las siguientes funciones:

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAECHEA ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVIAL

- Incorporación de transporte por difusión turbulenta.
- Término de deposición/resuspensión.
- Cálculo de la concentración de sedimento en suspensión según las formulaciones de:

o Van Rijn,

o Smith McLean, y

o Ariathurai.

- Cálculo de la velocidad de sedimentación de las partículas según van Rijn.
- Condición de contorno de concentración de sedimento en suspensión variable en tiempo.

Estimación de valor medio de coeficiente de difusión de sedimentos

Una serie de autores han empleado un modelo de difusión-advección fraccional (FADE, siglas en inglés). Nie et al (2017) desarrollaron una serie de métodos para predecir la distribución de la concentración de sedimentos en la vertical. La expresión para calcular el un coeficiente promedio de difusión de sedimentos. La expresión propuesta fue la siguiente:

$$\overline{\varepsilon_{sy}} = \frac{209\kappa u_* h}{1200}$$

Donde: k = constante de von Karman, u_* es la velocidad de corte, h es el tirante o calado en la sección estudiada.

Relación entre b y w_o/u^*

El número de Schmidt es la inversa de β. El valor de β se puede calcular a partir de la siguiente expresión:

$$\beta = 1 + \alpha_1 \left(\frac{w_o}{U_*}\right)^{\alpha_2}$$

Donde w_o es la velocidad de caída estimada del sedimento y U* es la velocidad de corte, es decir la raíz cuadrada del cociente del esfuerzo cortante medio

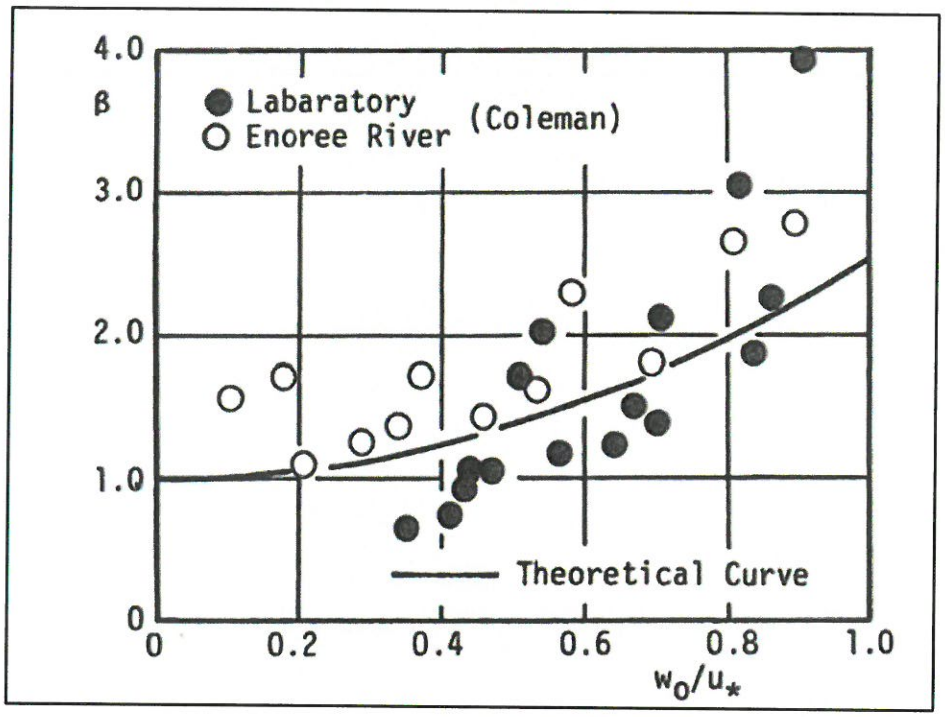
TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZENA
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

entre la densidad del fluido. Los valores propuestos por Tsujimoto (2010) son α_1 = 1.56 y α_2 = 2, en base a un modelo teórico y que aproximadamente coinciden con los valores propuestos por Kerssens (1979): α_1 = 1.54 y α_2 = 2.12, en base a una relación empírica propuesta en base a datos que Coleman (1970) tomó en el río Enoree.

Figura N° 3 Relación entre β y el cociente de la velocidad de sedimentación y la velocidad de corte.



Las salidas del programa, en formato ASCII, como el que emplea Arc Info, permite tratar los datos en entorno GIS y presentar las salidas en un formato gráfico amigable con el usuario, diseñadores y tomadores de decisiones.

El metodo de volúmenes finitos, incrementa la mejora en la estabilidad y robustez sobre las técnicas de diferencias finitas y elementos finitos, pudiendo manejar adeucadamente situaciones de flujo en regímenes subcríticos, supercríticos y mixtos.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42695
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

2.1 DATOS INICIALES PARA LA MODELIZACIÓN DE LA QUEBRADA CONDORAY.

A continuación, se describirán los parámetros empleados en el modelo 2D, para IBER; así como la descripción de las particularidades más importantes que presenta el modelo.

2.1.1 TOPOGRAFÍA UTILIZADA.

Se utilizo la topografia proporcionada por la especialidad de cartografía los cuales fueron efectuados mediante LIDAR (Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging). Este procedimiento consiste en determinar los puntos X, Y y Z de la superficie terrestre mediante la emisión y detección de un haz láser que rebota en la superficie y que toma en cuenta las inclinaciones del eje del vehículo con respecto a los tres ejes. En este caso en particular el método es adecuado debido a la escasa vegetación del terreno. En tramos urbanos es necesario tener en cuenta los rebotes que podrían ocurrir con los techos de las edificaciones.

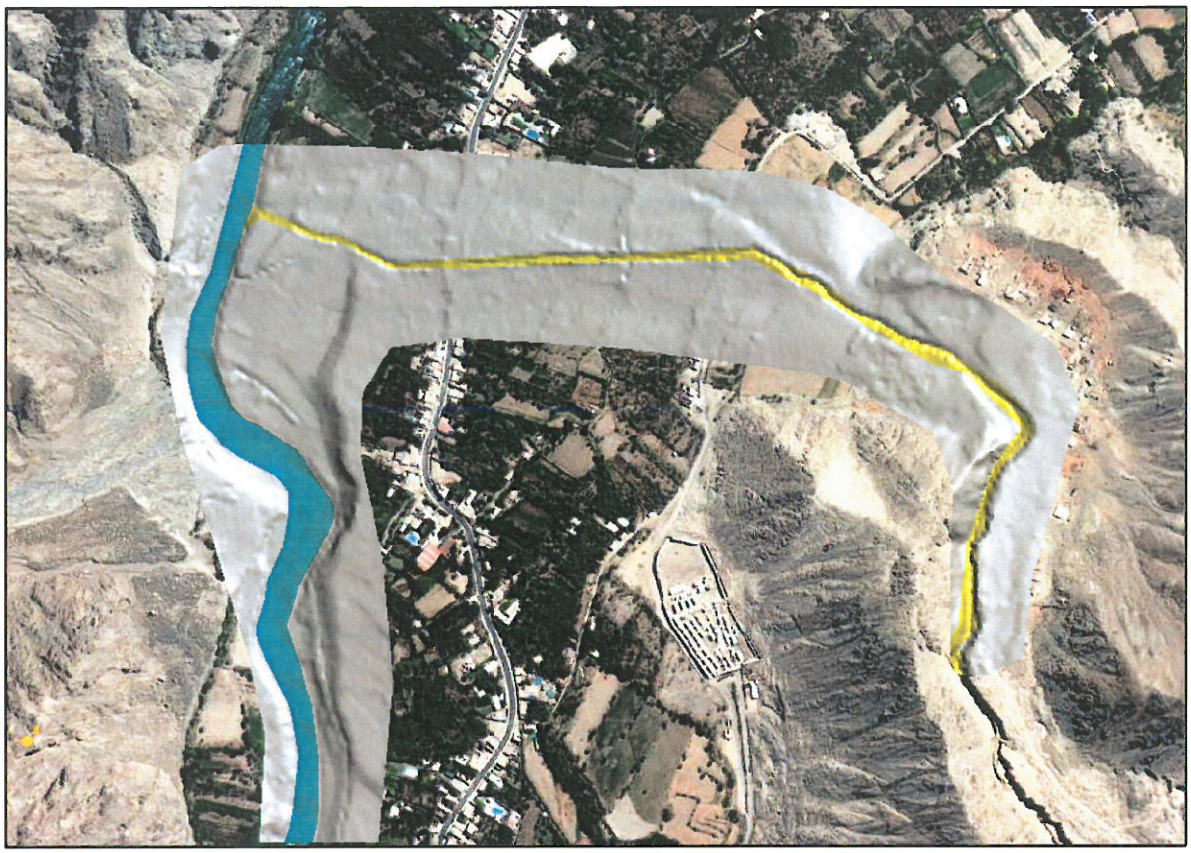
Es importante mencionar que las carateristicas del DEM proporcionado por la especialidad de topografia son: tamaño de celda (X,Y) de (0.3; 0.3) y número de banda de 1, a partir de este DEM, se generó la base para el modelamiento hidráulico en el Software IBER; para ello, a la superficie proporcionada, se le asignó un formato tipo ASCII.

TOMAS AMADEO SANCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO CABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JESUS MARTIN KURIYAMA VALLE
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 92895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVIAL

Imagen 3. Topografía importada en formato ASCII.



2.1.2 PARÁMETROS HIDRÁULICOS.

2.1.2.1 HIDROGRÁMA DE CAUDALES MAXIMOS.

Se ha empleado para la simluación hidrogramas de flujo para periodos de retorno T_r = 10, 50, 100 y 500 años. Los cuales se han obtenido del informe Hidrológico correspondiente al presente estudio.

La tabla que se presenta a continuación muestra los valores del hidrograma de caudal máximo de flujo (líquido + sólido), para los diferentes periodos de retorno, esta información esta asociada a la condición de contorno de entrada , la cual deberá ser empleada en el proceso de simulación:

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO GLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5259
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Tabla 3 Hidrogama del caudal máximo de flujo (líquido + sólido)- Quebrada Condoray.

QDA. CONDORAY	PERIODO DE RETORNO			
(min)	10	50	100	500
0	0	0	0	0
60	0	0	0	0
120	0	0	0	0
180	0	0	0	0
240	0	0	0	0
300	0	0	0	0
360	0	0	0	0
420	0	0	0	0
480	0	0	0	0
540	0	0	0	0
600	0	0	0,2	3,9
660	4,9	7,3	9,2	15,4
720	9,7	14,6	17,1	23,3
780	13	19,5	22,2	28,7
840	13	19,5	22,2	28,2
900	13	19,5	22,1	27,8
960	13	19,5	22,1	27,7
1020	13	19,5	22	27,4
1080	13	19,5	22	27,2
1140	13	19,5	21,9	27,1
1200	13	19,5	21,8	26,9
1260	13	19,5	21,8	26,8
1320	13	19,5	21,8	26,7
1380	11,4	17,1	19,1	23,6
1440	11,4	17,1	19,1	23,5
1500	3,2	4,9	5,4	6,7
1560	0	0	0,1	0,1
1620	0	0	0	0
1680	0	0	0	0
1740	0	0	0	0
1800	0	0	0	0
1860	0	0	0	0
1920	0	0	0	0
1980	0	0	0	0
2040	0	0	0	0
2100	0	0	0	0

TOMAS AMADEO SANCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ALAN NUÑO CHAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP Nº 5259
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP Nº 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

QDA. CONDORAY	PERIODO DE RETORNO			
2160	0	0	0	0
2220	0	0	0	0
2280	0	0	0	0
2340	0	0	0	0
2400	0	0	0	0
2460	0	0	0	0
2520	0	0	0	0
2580	0	0	0	0
2640	0	0	0	0
2700	0	0	0	0
2760	0	0	0	0
2820	0	0	0	0
2880	0	0	0	0
2940	0	0	0	0
3000	0	0	0	0
3060	0	0	0	0

Los caudales pico para los distintos periodos de retorno se muestran a continuación en un cuadro resumen:

Tabla 4 Caudales máximos para distintos periodos de retorno.

Quebrada	Periodo de Retorno (T_r)	Caudal (m^3/s)
Condoray	10	13
	50	19.5
	100	22.1
	500	27.7

2.1.2.2 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ANÁLISIS POR EL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING.

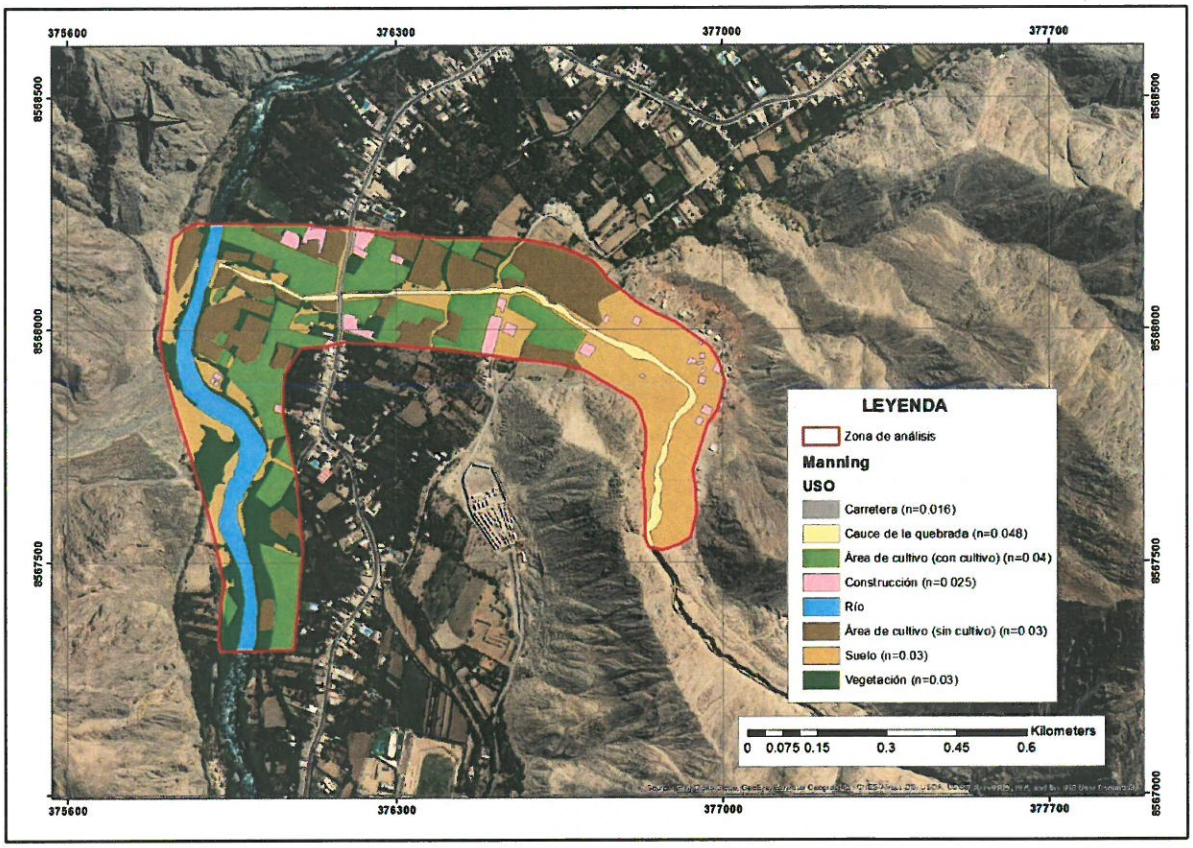
Se caracterizó la zona en estudio , para ello se empleo valores de rugosidad que representan la superficie en estudio, estos valores se pueden apreciar en la imagen n°4 (Valores de coeficiente de Manning).

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVIAL

Imagen 4. Valores de Manning para la quebrada Condoray.



Para determinar el valor del coeficiente de Manning del cauce de la quebrada se utilizó el método de Cowan, donde se puedes estimar esta mediante la siguiente relación:

$$n = m_5 \times (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)$$

En la siguiente tabla se muestran los valores correspondientes a las variable utilizadas por Cowan:

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO LAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

ING. JULIO MARTIN AURORWA ZAVALETA
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVIAL

Tabla 5 Tabla de Cowan para determinar la influencia de factores sobre el coeficiente n

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		0.050
	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
	Media		0.010 - 0.025
	Alta		0.025 - 0.050
	Muy Alta		0.050 - 0.100
Grado de los efectos por meandro	Menor	m_5	1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

Fuente: Hidraúlica de Tuberias y Canales – Arturo Rocha

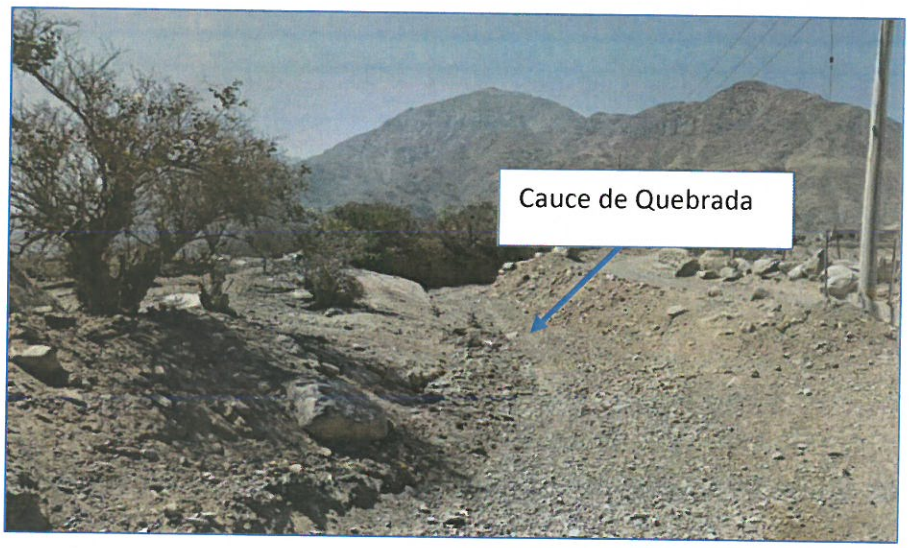
Para determinar los valores de influencia de Cowan se realizó una visita de campo a la quebrada Condoray, donde se pudo observar las condiciones del cauce que presenta este curso de agua.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO GLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Fotografía 3 Vista del Cauce de la Quebrada Condoray



Fotografía 4 Vista de protección de cultivos .



Como se muestra en las Fotografias 3 y 4, la quebrada Condoray tiene como material de cauce material suelto de mala estabilidad conformada por gravilla y grava fina, irregularidad menor, variación de sección gradual, nivel de obstrucción menor, vegetación baja y nivel de grado de meandro menor, de esta forma se presenta en la Tabla 6 los valores de influencia de Cowan y se tiene como coeficiente de rugosidad de manning de la quebrada Condoray (n) igual a 0.048.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO BLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP Nº 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Tabla 6 Valores de influencia de Cowan para la quebrada Condoray

Valores de influencia de Cowan	
n_0	0.024
n_1	0.006
n_2	0.003
n_3	0.010
n_4	0.005
m_5	1.000

Fuente: Elaboración Propia

Los valores para las áreas de cultivo, con y sin cultivo fueron obtenidos de la sección D de la tabla de valores de Coeficiente de Rugosidad de Manning (n) de Hydraulic Design of Safe Bridges.

Tabla 7 Valores de coeficientes de Rugosidad de Manning - FHWA 2012

	TIPO DE CANAL	MÍNIMO	NORMAL	MÁXIMO
D.2 PLANICIES DE INUNDACIÓN	a. Con pasto sin arbusto			
	Pastizales bajos	0.025	0.030	0.035
	Pastizales altos	0.030	0.035	0.050
	b. Áreas cultivadas			
	Sin cultivo	0.020	0.030	0.040
	Cultivos en línea maduros	0.025	0.035	0.045
	Con cultivo	0.030	0.040	0.050
	c. Matorrales			
	Matorrales dispersos, mucha maleza	0.035	0.050	0.070
	Pocos matorrales y árboles en invierno	0.035	0.050	0.060
	Pocos matorrales y árboles en verano	0.040	0.060	0.080
	Matorrales medios a densos en invierno	0.045	0.070	0.110
	Matorrales medios a densos en verano	0.070	0.100	0.160
	d. Árboles			
	Sauces densos, rectos y en verano	0.110	0.150	0.200
	Terreno limpio, con troncos sin retoños.	0.030	0.040	0.050
	Igual que el anterior, pero con gran cantidad de retoños.	0.050	0.060	0.080
	Gran cantidad de árboles, algunos troncos caídos, con poco crecimiento de matorrales, nivel del agua por debajo de las ramas.	0.080	0.100	0.120
	Igual que el anterior, pero con nivel de creciente por encima de las ramas	0.100	0.120	0.160

Fuente: Hydraulic Design of Safe Bridges - FHWA 2012

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO LAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Tabla 8 Coeficiente de Rugosidad de Manning para las llanuras de inundación de la quebrada Condoray.

Valores de Manning (n)	
Área Cultivada sin cultivo	0.030
Área Cultivada con cultivos	0.040
Matorrales dispersos, mucha maleza	0.050

Fuente: Elaboración Propia.

2.1.3 DIMENSIONAMIENTO DE LA MALLA

El proceso de calibración de un modelo bidimensional parte del tipo y tamaño de malla adecuado para la modelización hidráulica; los ríos y las quebradas tienen una geometria irregular y la construcción de una malla eficiente no es evidente, ante ello es deseable que la malla sea irregular, con el fin de mimimizar el número de elementos con transición suaves; para ello son muy adecuados los métodos de mallado basados en el error cordal (máxima distancia entre el terreno original y la malla). Por ello Iber incorpora las capacidades estandar de mallado de GiD, como la creación de mallas estructuradas y no estructuradas de triangulos y de cuadrilateros. Las mallas estructuradas estan formadas por elementos cuadrangulares ordenados en filas y columnas, no obstante, resulta complejo adaptarlas a geometrias irregulares.

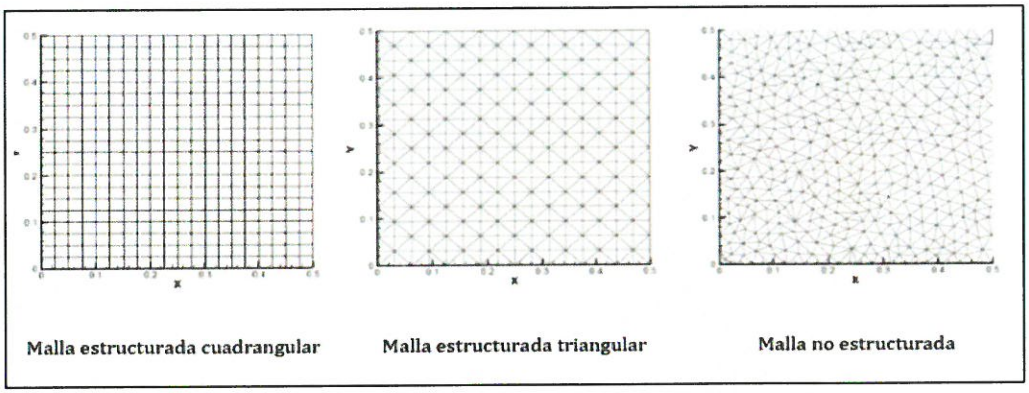
Para el presente estudio y análisis se utilizarán mallas no estructuradas las cuales estan formadas por elementos de cualquier forma, la ventaje es que se adaptan a cualquier geometria como son la simulación de rios y llanuras.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42095
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Imagen 5. Tipos de Mallas



Una vez definido el tipo de malla a utilizar se procedió a distiguir en zonas la superficie para realizar el proceso de discretización y refinamiento para el dominio de cálculo; a cada zona se le asignará un tamaño de malla diferente, bajo la condición de que, en zonas más sensibles de afecciones o de detalle se asignaran tamaños de malla más pequeños y en zonas con menor apremio un tamaño de malla mayor; es importante mencionar que dicho tamaño de malla debe ser coherente con el tamaño de resolución del DEM que se ha utilizado para el el modelamiento, por lo que no se podría colocar un tamaño de malla menor ya que seria incongruente al momento del analisis.

Por lo expuesto anteriormente se asigno los siguientes tamaños de mallas según las zonas, entiendo que el objetivo principal del presente documento es el analisis en la zona del cauce de la quebrada.

Tabla 9 Discretización y refinamiento de malla según zonas de estudio.

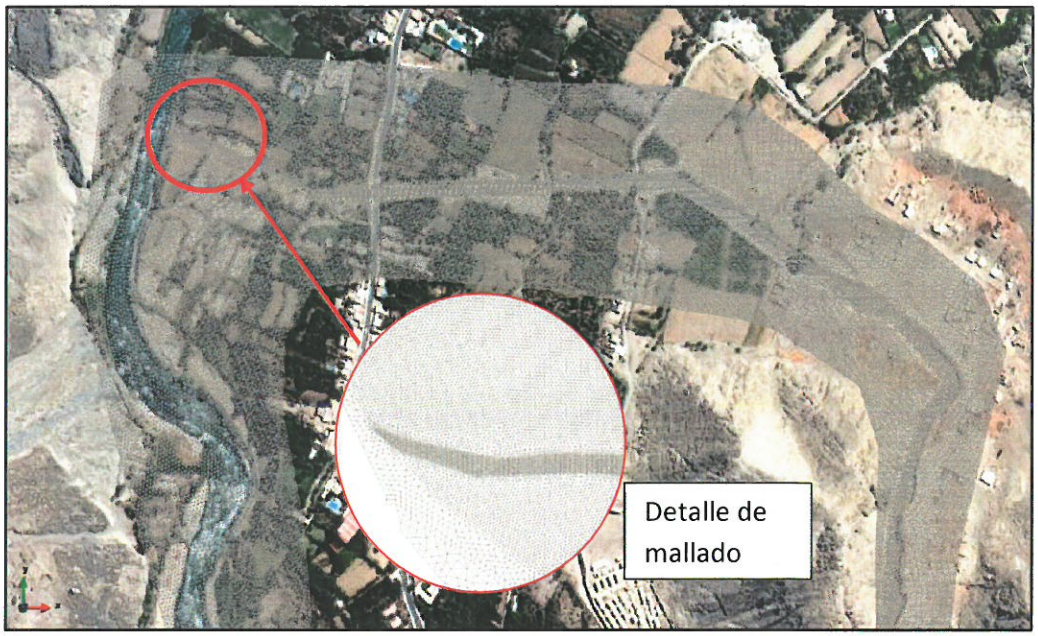
ZONAS	TAMAÑO DE MALLA
Cauce de Quebrada	1.00 x 1.00 m
Llanuras , y zona de río	5.00 x 5.00 m
zonas alejadas	7 .00 x 7.00 m

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVIAL

Imagen 6 Refinamiento de malla según zonas.



2.2 EJECUCIÓN DEL MODELO 2D.

2.2.1 CONDICIONES DE CONTORNO DEL FLUJO

Se pueden imponer diferentes tipos de condiciones de contorno, para que las ecuaciones utilizadas por el programa estén bien planteadas desde el punto de vista matemático, el número de condiciones a imponer en los contornos depende de si se trata de un contorno de entrada o de salida de flujo, así como del tipo de régimen, así pues, si se considera que el flujo es del tipo supercrítico o subcrítico las condiciones serán distintas para cada caso.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP Nº 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP Nº 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVIAL

Cuadro N° 1 Condiciones de contorno implementadas en los contornos abiertos.

Contorno		Régimen	Condiciones impuestas
Entrada	Caudal total	Subcrítico / Crítico	Caudal total en dirección normal al contorno
		Supercrítico	Caudal total en dirección normal al contorno y velocidad media
	Caudal específico	Subcrítico / Crítico	Caudal específico en dirección normal al contorno
		Supercrítico	a) Caudal específico en dirección normal al contorno y calado b) Caudal específico en dirección normal al contorno y cota de agua
Salida	Subcrítico		a) Calado b) Cota de agua c) Vertedero (cota y coeficiente de descarga) d) Curva de gasto
	Supercrítico / Crítico		No es necesario imponer ninguna condición

Fuente: Manual referencia Hidráulico - Iber

Teniendo en cuenta estos requerimientos para poder identificar el tipo de flujo en cuanto a las quebradas se realizó un primer análisis mediante el uso del software HEC-RAS, el cual nos permitirá determinar de manera a priori el tipo de flujo mediante el valor del número de Froude, y de esta manera poder establecer qué tipo de condición de contorno es ideal colocar al modelo y obtener valores más reales.

Es así que para la quebrada CONDORAY, se obtuvo el siguiente resultado para los distintos periodos de retorno.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Tabla 10 Valores de Froude según periodo de retorno en zona de estudio

QDA	TR	QPICO	N° FROUDE EN TRAMO DE ESTUDIO
CONDORAY	10	13.0	Mayor a 1
	50	19.5	Mayor a 1
	100	22.1	Mayor a 1
	500	27.7	Mayor a 1

Fuente: Elaboración Propia.

La tabla de resultados para cada periodo de retorno se presentará en el anexo correspondiente al presente estudio; así pues, se determina que el flujo presente en esta quebrada es un flujo super crítico, por lo que, la condición de contorno de entrada inicial al programa IBER es: Caudal total y velocidad; ver cuadro N°1; la velocidad inicial requerida como parámetro de entrada al programa IBER fue obtenida mediante el uso del Software HEC-RAS y se determinó en la primera sección de analisis.

Tabla 11 Valores de Velocidad según periodo de retorno en la primera sección de análisis

QDA	TR	QPICO (m^3/S)	V Inicial (m/s)
CONDORAY	10	13.00	3.34
	50	19.50	3.78
	100	22.10	3.92
	500	27.70	4.20

Fuente: Elaboración Propia.

Es importante mencionar que los modelos de onda dinámica, como el caso del presente estudio tienden a estabilizarse debido a las ecuaciones que la rigen, por lo que el análisis previo mediante el uso del SOFTWARE HEC-RAS para la determinación de parámetros iniciales es considerado válido para el nivel del presente estudio. Los valores a ingresar como condiciones de contorno Inicial y final al modelo IBER serán Q total y velocidad en la sección inicial del tramo y en la salida no será necesario imponer ninguna condición.

TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDÁN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

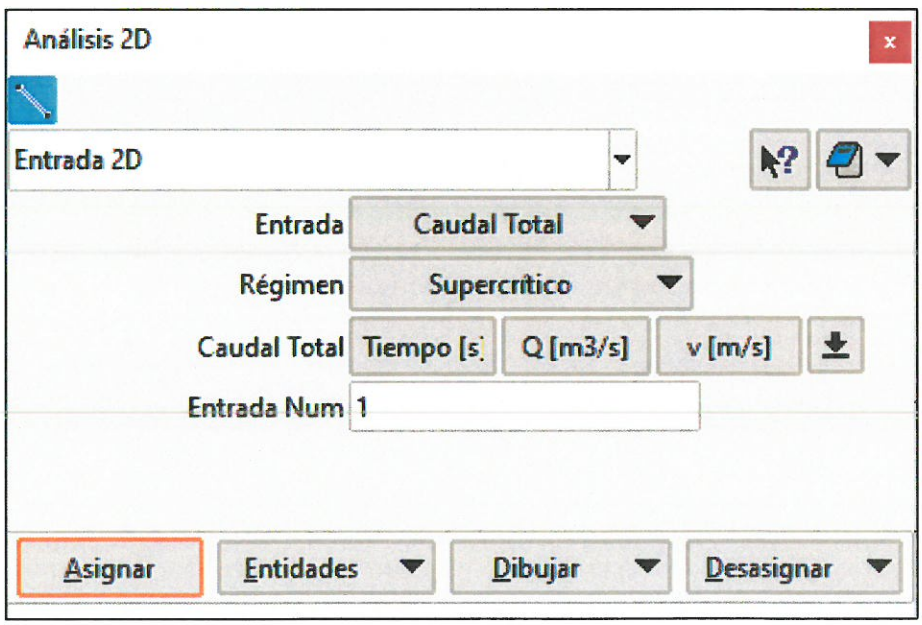
Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42595
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Cuadro N° 2 Condición de contorno seleccionados para el modelo IBER

Contorno		Régimen	Condiciones impuestas
Entrada	Caudal total	Subcrítico / Crítico	Caudal total en dirección normal al contorno
		Supercrítico	Caudal total en dirección normal al contorno y velocidad media
	Caudal específico	Subcrítico / Crítico	Caudal específico en dirección normal al contorno
		Supercrítico	a) Caudal específico en dirección normal al contorno y calado b) Caudal específico en dirección normal al contorno y cota de agua
Salida		Subcrítico	a) Calado b) Cota de agua c) Vertedero (cota y coeficiente de descarga) d) Curva de gasto
		Supercrítico / Crítico	No es necesario imponer ninguna condición

Para el modelo se tiene el siguiente paquete de condición de contorno en la entrada, considerando un flujo supercrítico:

Imagen 7. Condición de contorno en la entrada para la quebrada Condoray.



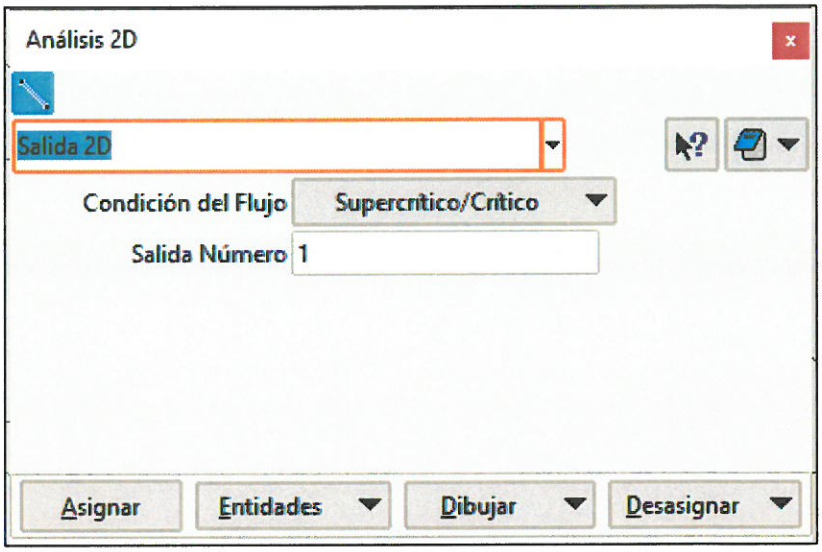
TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO UZAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289

Ing. JULIO MARTIN KURONIYA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUV

De la misma manera, se ha asociado una condición de contorno de salida, la cual para el presente modelo se utilizó una condición de flujo Supercrítico/ Crítico.

Imagen 8. Condición de contorno de salida para la quebrada Condoray.



2.2.2 TRANSPORTE DE SEDIMENTOS.

En el módulo de transporte de sedimentos se resuelven las ecuaciones de transporte por carga de fondo y por carga en suspención, teniendo en cuenta ambos modos de transporte se calcula la evolución de la cota del fondo debido a procesos de sedimentación y erosión. En todos los casos se consideran granulometrías uniformes.

- El caudal sólido de fondo se calcula mediante formulaciones empiricas en función de la tensión de fondo. Para el módulo de trasporte de sedimentos por carga de fondo se escogió la formula empírica correspondiente a Meyer – Peter y Müller (1984), la cual presenta las siguientes características:

Fórmula de Meyer- Peter y Müller (1948)

Meyer-Peter y Müller desarrollaron una ecuación empírica a partir de estudios efectuados en aforadores con gastos que fluctuarán de 0.002 a 2 m^3/s, pendiente

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

de 0.004 a 0.2 y con tirante de 0.01 a 1.2 m. Los experimentos se condujeron con materiales naturales y sintéticos cuyo diámetro osciló entre 0.4 a 30 mm. Es conveniente utilizarla para cauce con arena con diámetro mayor de 0.0002 m, hasta grava gruesa con diámetro < de 0.03 m; la fórmula es recomendada para ríos de montaña, pendiente aproximada de 1.2 % y rugosidades medias.

Otros autores mencionan, la ecuación de Meyer- Peter y Müller fue propuesta a partir de información experimental de laboratorio con partículas de sedimento relativamente grueso, en el rango de arenas a gravas y con granulometría uniforme y también mezclas de sedimentos de distintos tamaños. Se recomienda su aplicabilidad en cauces anchos (B/h > 40) y materiales gruesos, donde d_s corresponde a d_{50}. (*Ref. Hidráulica Fluvial y Transporte de Sedimentos, Yarko Niño. 2005*).

$$g_B = 8\gamma_s\left(g\left(\frac{\gamma_s}{\gamma_s - \gamma}\right)D^3\right)^{0.5}\left[\frac{n_s^{1.5}}{n}\tau_* - 0.047\right]^{1.5}$$

$$n_s = \frac{D_{90}^{1/6}}{26}$$

Donde,

g_B:	gasto sólido de fondo unitario	Kgf/m
D:	diámetro de la partícula (dm, d_{50} ... etc)	m
G:	aceleración debido a la gravedad	m^2/s
Γ :	peso específico del agua	Kgf/m^3
γ_s :	peso específico del suelo	Kgf/m^3
r_* :	número adimensional de Shields	
q :	profundidad del flujo	
n :	coeficiente de Manning	
n_s:	coeficiente de Manning debido a la partícula	

- En el trasporte en suspención se calcula resolviendo la ecuación de convección y difusión promediada en profundidad para la concentración de sedimento, incluyendo un termino de deposición/ resuspensión que modela el intercambio de sedimento entre el lecho y la carga en suspensión, y se analizo apartir de la fórmula empirica Van Rijn.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO ELAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Fórmula de Van Rijn (1984)

La ecuación de Van Rijn fue derivada a través de análisis teóricos y verificados con datos de laboratorio y de campo utilizando sedimentos uniformes con diámetros de partículas comprendidos entre 0.2 mm y 2 mm. (Quincho, 2015).

g_B cuando $T < 3$

$$g_B = 0.053\,\gamma_s \left[g\left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}\right) D_{50}^3\right]^{0.4} T^{2.1} v^{0.2}$$

g_B cuando $T \geq 3$

$$g_B = 0.1\,\gamma_s \left[g\left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}\right) D_{50}^3\right]^{0.5} T^{1.5} D_*^{-0.3}$$

Donde,

g_B	gasto sólido total unitario	Kgf/m
D	diámetro de la partícula (d_{50}.)	m
g	aceleración debido a la gravedad	m^2/s
γ	peso específico del agua	Kgf/m^3
γ_s	peso específico del suelo	Kgf/m^3
S	pendiente media de la cuenca	
r_o	esfuerzo cortante que el flujo ejerce en el fondo	Kgf/m^2
r_c	esfuerzo cortante critico en el fondo, necesario para iniciar el movimiento de las partículas	Kgf/m^3
D_*	número adimensional de la partícula	m
V	viscosidad cinemática del agua	m/s
T	adimensional	

Asi mismo se tuvo en cuenta los siguientes coeficientes.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Mg. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42695
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUV.

Tabla 12. Coeficiente de difusión de sedimentos

Quebrada	y100 (m)	So	u* (m/s)	e_s (m^2/s)
Picamarán	1.30	0.0612	0.883	0.0800
Condoray	**0.90**	**0.0782**	**0.831**	**0.0521**
Jacayita	0.40	0.0965	0.615	0.0171
San Jerónimo	0.88	0.067	0.761	0.0466

Fuente: Elaboración Propia.

Estimación del numero de Schmidt

Tabla 13. Número de Schmidt

Quebrada	D susp(mm)	D susp(m)	w_o (m/s)	w_o/u^*	b	N ° Schmidt
Picamarán	1	0.001	0.101	0.114	1.015	0.985
Condoray	**1**	**0.001**	**0.101**	**0.121**	**1.017**	**0.983**
Jacayita	1	0.001	0.101	0.163	1.033	0.968
San Jerónimo	1	0.001	0.101	0.132	1.021	0.979

Fuente: Elaboración Propia.

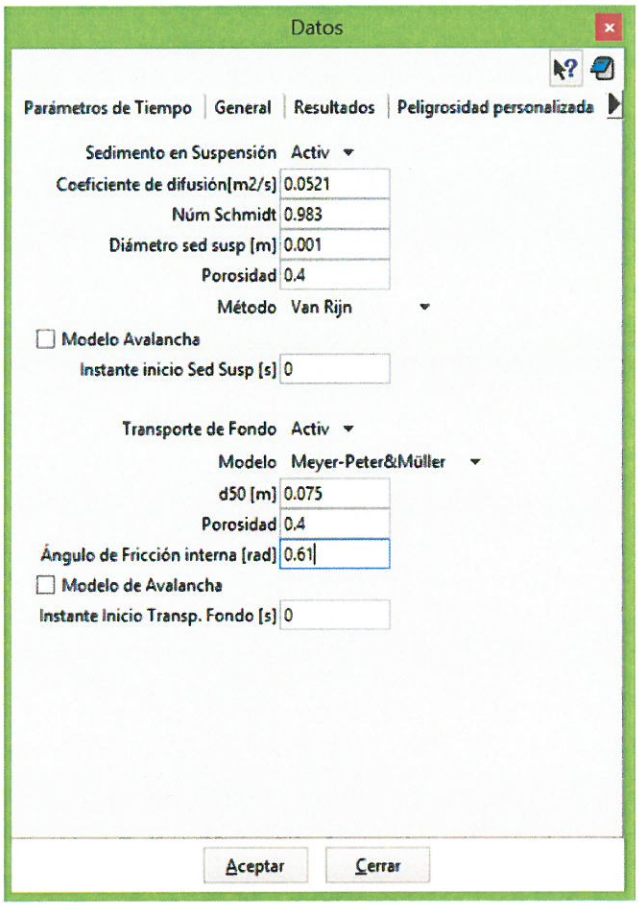
TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROY...

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVA...
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42695
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLU...

2.2.2.1 PAQUETE DE ANÁLISIS DE SEDIMENTOS

Cuadro N° 3 Paquete de análisis de sedimentos



3. RESULTADOS DE LA MODELACIÓN SIN SISTEMA DE PROTECCIÓN

La presentación de resultados para los distintos periodos de retornos se podrá apreciar con mayor detalle en los anexos del presente documento.

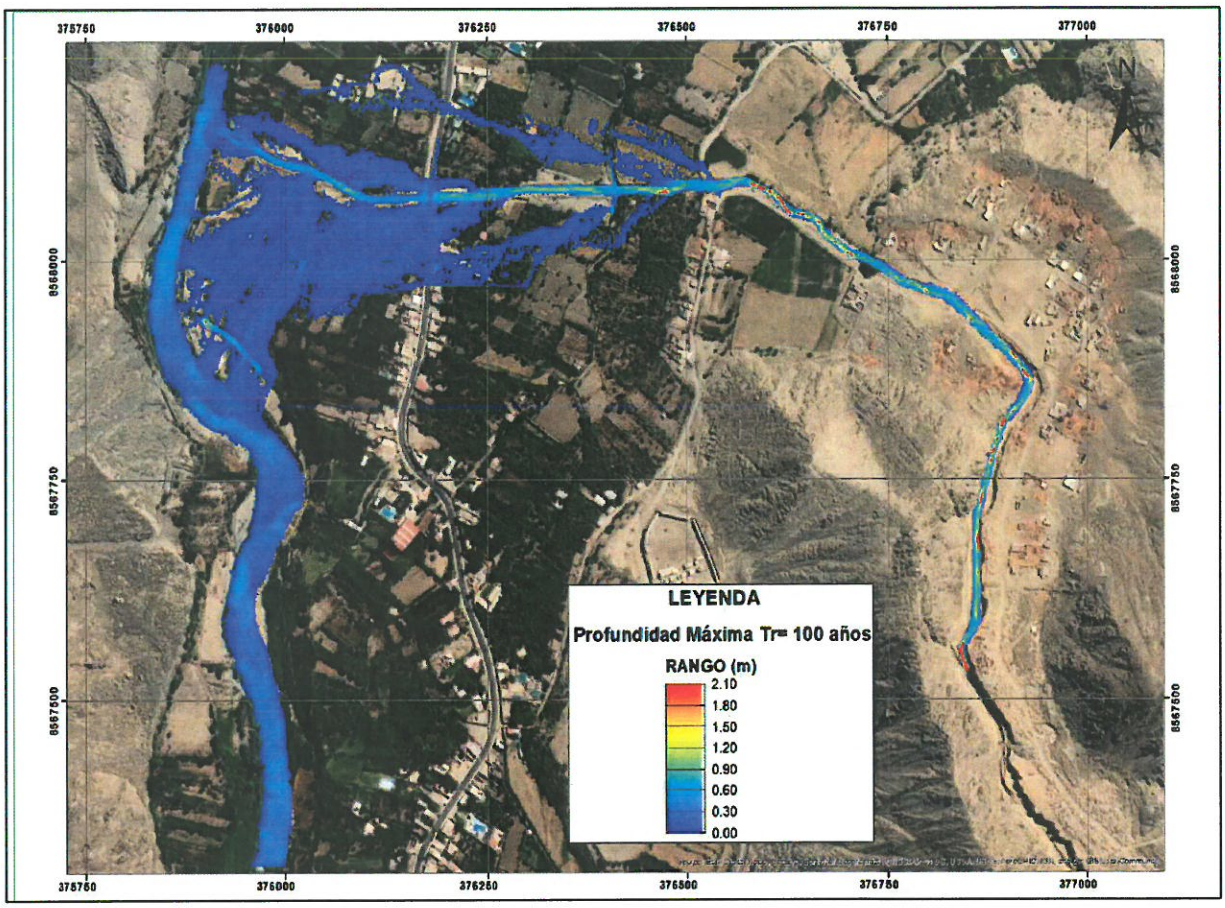
A continuación se muestra la salidas para el periodo de retorno de T_r = 100 años en la Imagen 9.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Imagen 9. Propagación de flujo, T_r = 100 años.

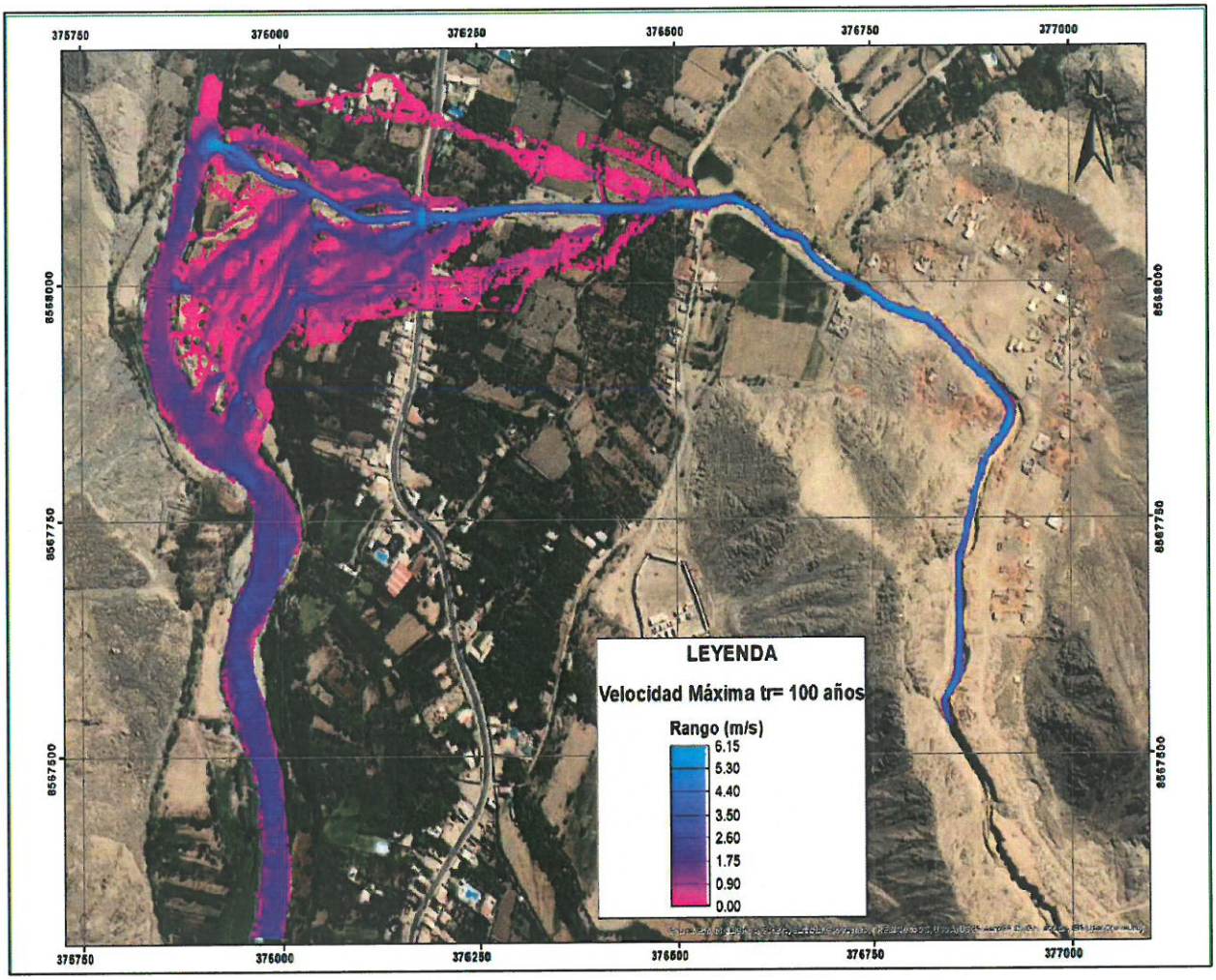


TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
CONSORCIO CISPDR-SIGT

JUAN ARMANDO PLAZADAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Imagen 10. Velocidad Máxima, T_r = 100 años.



TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO CAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELACIÓN HIDRÁULICA FLUV.

Imagen 11. Zona de riesgo.

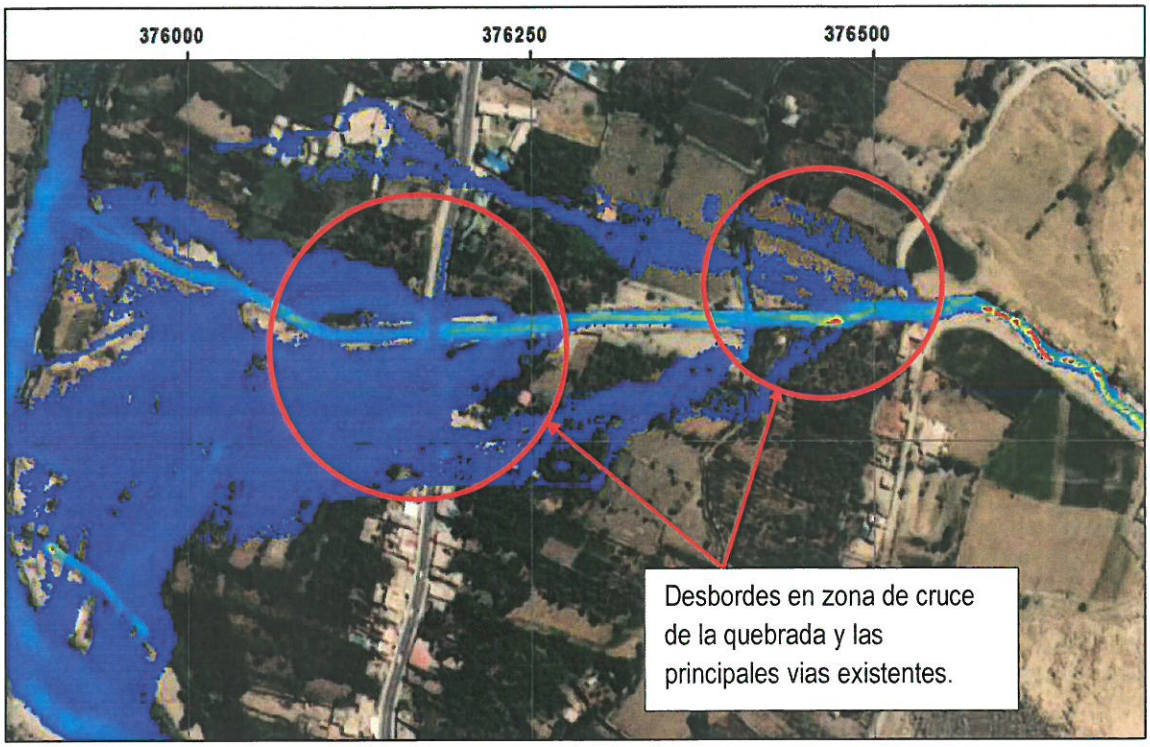
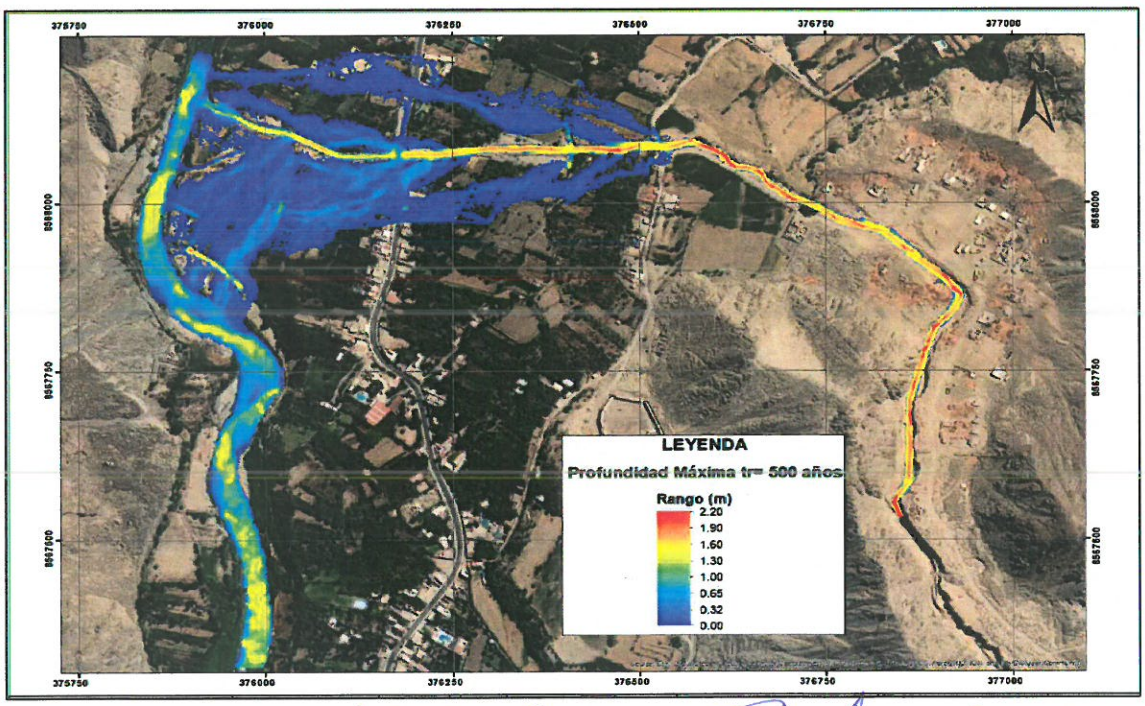


Imagen 12. Áreas inundadas con la avenida cuyo T_r = 500 años.



TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO CAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Se han simulado avenidas con hidrogramas correspondientes a las avenidas cuyo periodo de 10, 50, 100 y 500 años. Los desbordes se generan entre la antigua y la nueva vía Cañete – Yauyos (PE-24), inundando campos de cultivo en ambos lados del cauce.

Del análisis realizado se pudo apreciar que a pesar de la existencia de obras de protección en la zona de cruce de la quebrada y la carretera Cañete – Yauyos, estas obras son insuficientes ya que el flujo llega a desbordarse afectando zonas de cultivo, por lo que se recomienda mejorar el sistema existente.

4. SISTEMA DE PROTECCIÓN DE LA QUEBRADA CONDORAY

El sistema de protección que se plantea implementar es un sistema de canal de mampostería a lo largo del cauce de la quebrada, con el fin de proteger las zonas de cultivo y a su vez dar paso a los flujos que se presenten ante posibles eventos extremos , en la zona de intersección entre vias principales y secundarias con la quebrada en estudio se plantea el mejoramiento de los badenes existentes o la construcción de los mismos y de esta manera cumplir con la protección de zonas de cultivos y vias principales. Para el diseño de este sistema se consideró la geomorfologia de la quebrada y los datos resultantes de la modelización de la misma, como son tirantes y velocidades máximas.

Imagen 13. Ejemplo de canal de mampostería de piedra en zona de quebrada.



TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN [illegible] AZABAL [illegible]
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP Nº 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42695
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

4.1 CANAL

4.1.1 PENDIENTE LONGITUDINAL

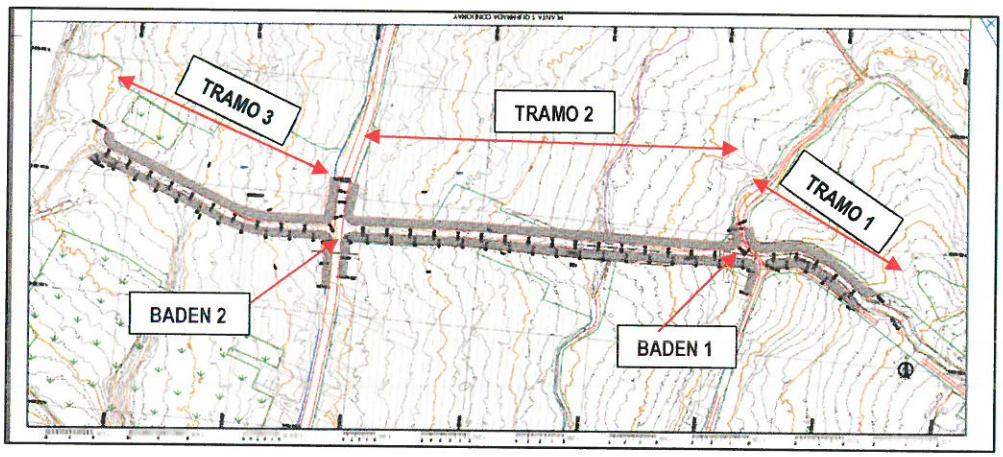
La pediente longitudinal del canal se estableció siguiendo la pendiente natural del cauce de la quebrada para que no se alteren los procesos geomorfológicos, como la erosión y sedimentación.

Se tiene una longitud de quebrada protegida de 0.685 Km, esta se especifica para la margen derecha, izquierda y cauce en el cuadro N° 4, teniendo una longitud de protección total de 2.25 km aproximadamente.

4.1.2 SECCIÓN DEL CANAL

Se escogió un canal de tipo trapezoidal con una base de 6.5 m y un talud de 2 H:1 V para los tres tramos existentes con alturas variables, los detalles se pueden apreciar en el anexo del presente estudio.

Imagen 14. Vista en Planta del Sistema de defensa para la quebrada Condoray.



Cuadro N° 4 Longitud total de Tramos revestidos.

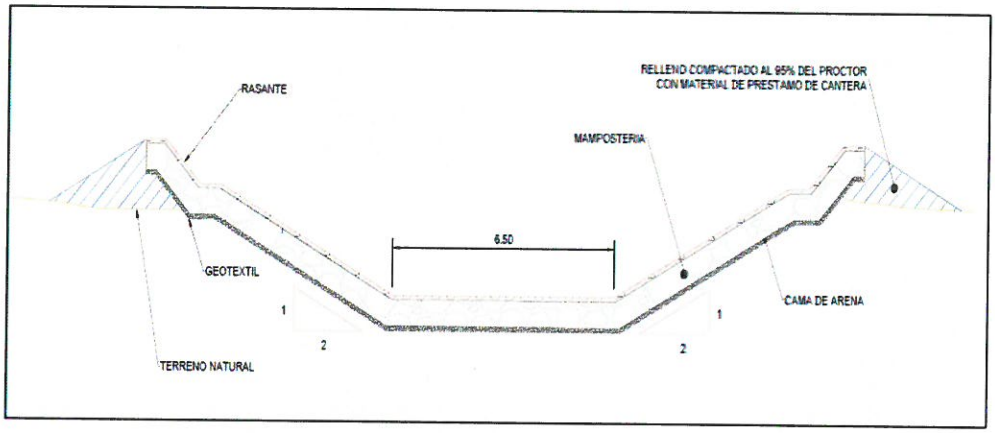
Quebrada	Longitud del Tramo (km)		
	Margen Derecha	Margen Izquierda	Eje-Cauce
Condoray	0.7859	0.7853	0.6845

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO PLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Imagen 15. Sección típica para la quebrada Condoray



4.1.2.1 PENDIENTE LONGITUDINAL DEL BADÉN

El diseño hidráulico del badén debe adoptar pendientes longitudinales de ingreso y salida de la estructura de tal manera que el paso de los vehículos a través de el, sea de manera confortable y no implique dificultades para los conductores y daño a los vehículos. La pendiente longitudinal para el badén de la quebrada Condoray es de 5%.

La longitud del badén debe ser tal que permita el paso normal de los vehículos. La longitud establecida para la quebrada Condoray es de 15 m.

Se han propuesto 2 badenes con similares características en el cruce de la quebrada Condoray.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVIAL

Imagen 16. Vista en Planta del baden

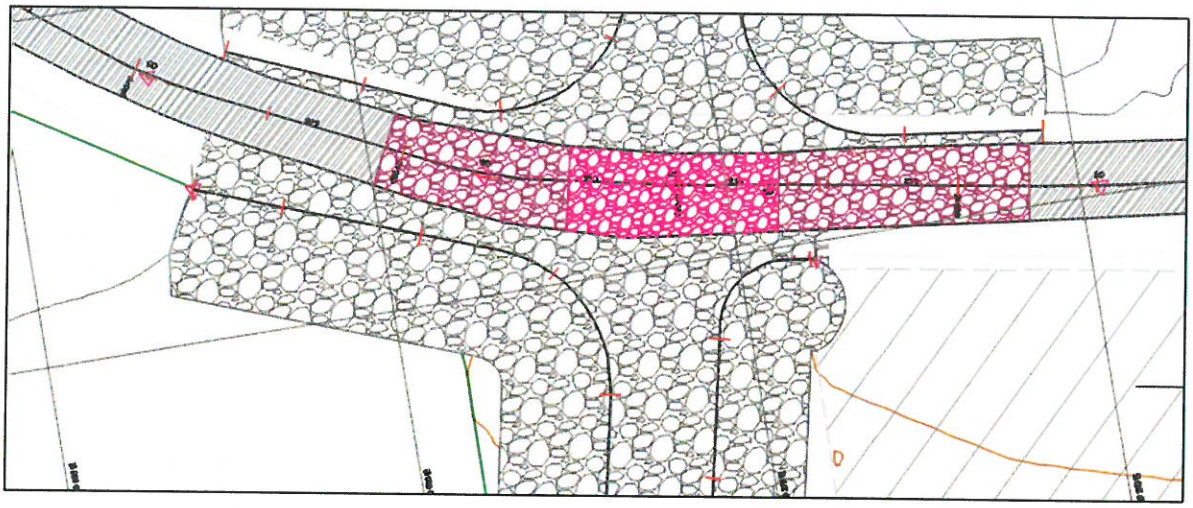
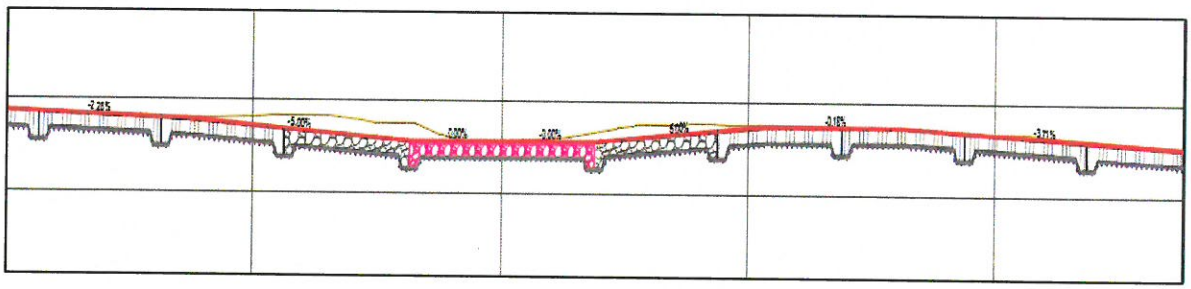


Imagen 17. Perfil del Badén tipico.



Un mayor detalle de las presentes obras se encuentran en los anexos planos del presente estudio.

5. RESULTADOS DE LA MODELIZACIÓN CON ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN

La presentación de resulados para los distintos periodos de retornos se podrá apreciar con mayor detalle en los anexos del presente documento.

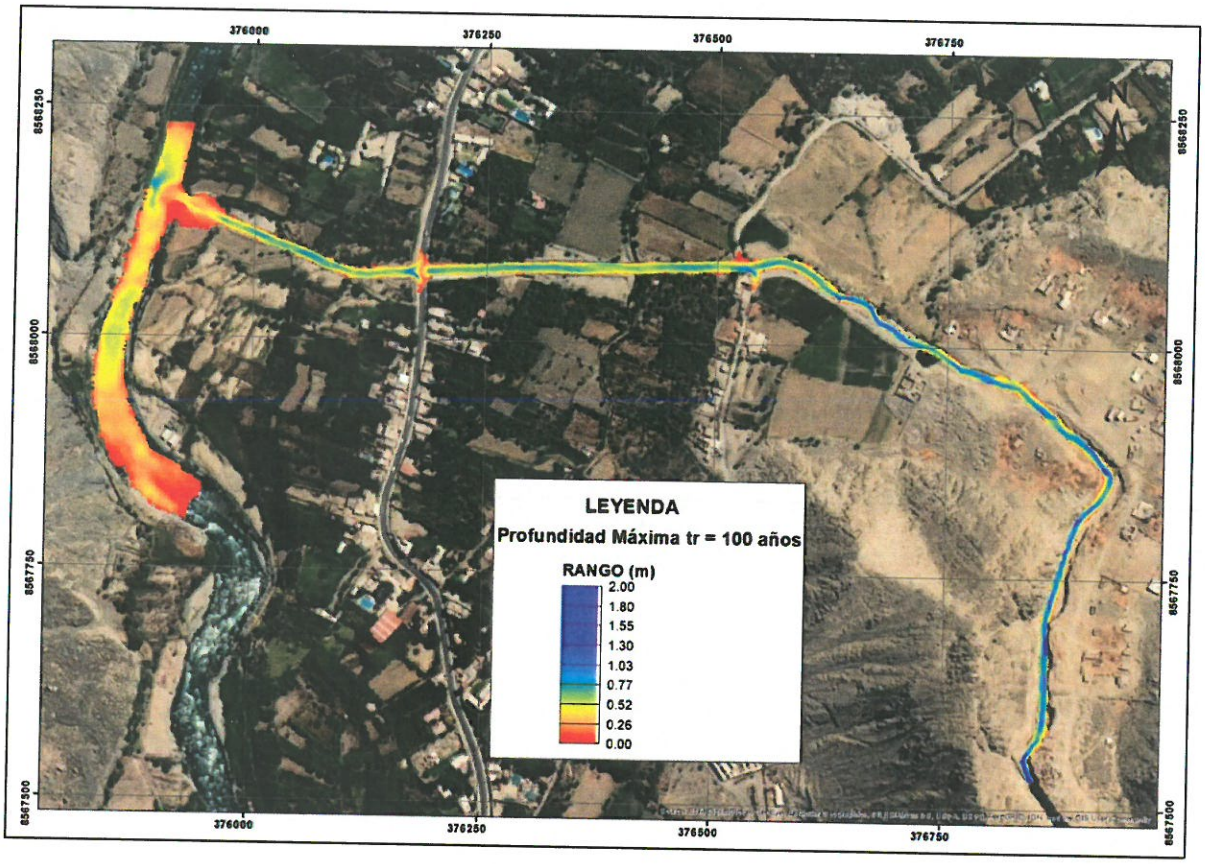
A continuación se muestra las salidas para el periodo de retorno de T_r = 100 años.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO CAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVIAL

Imagen 18. Propagación de Flujo con estructura de protección , T_r = 100 años.



Se presentan los mapas de propagación de flujo, donde se verifica la solución propuesta. El diseño de las defensas fue elaborado para un periodo de retorno de 100 años y se comprueba que las defensas propuestas permiten el paso del flujo tanto en la quebrada como en zona de cruces (badén), sin presentar desbordes significantes, con lo cual se cumple con los objetivos del presente estudio.

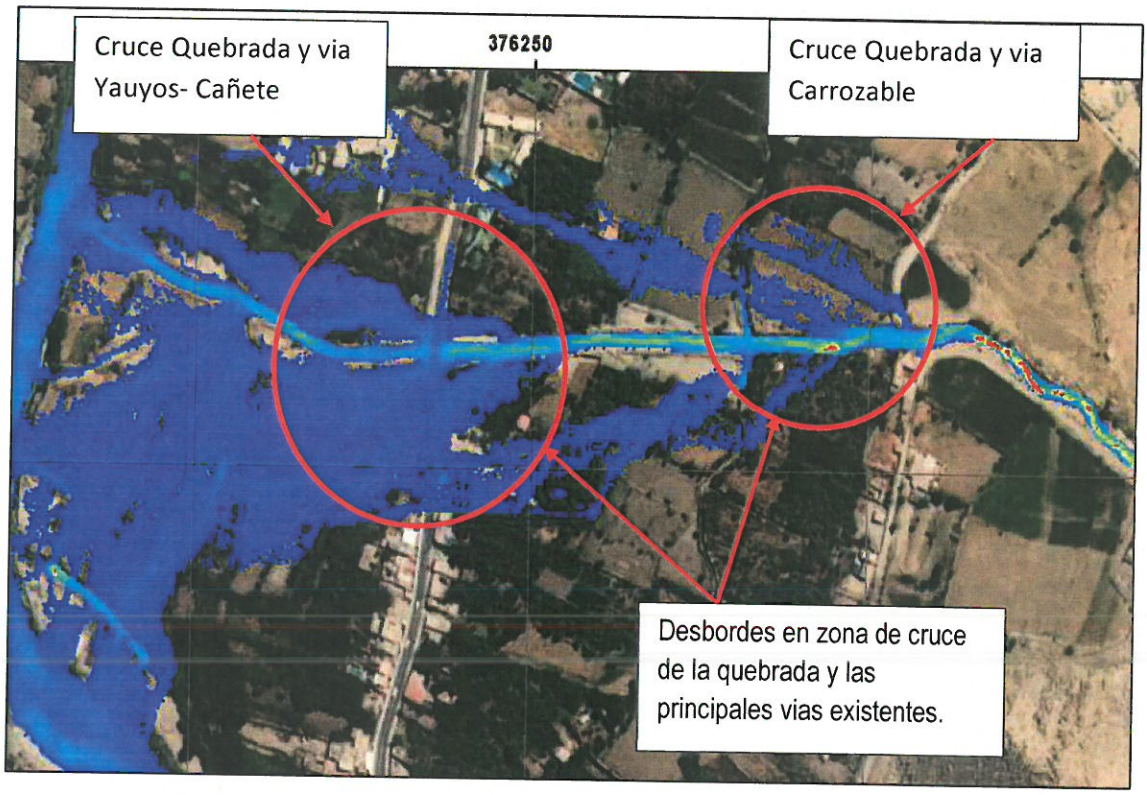
TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

6. CONCLUSIONES

- Se pudo determinar sectores vulnerables al momento de visualizar los resultados de las salidas de la modelación hidráulica. Estos sectores coinciden plenamente con los sectores afectados severamente por los flujos de escombros y que fueron identificados en la inspección realizada en la zona de estudio.
- En estas zonas se producen inundaciones en los siguientes sectores: la primera se da en la zona de cruce de la quebrada y una vía de acceso de trocha carrozable si bien es cierto se da en menor proporción comparado con el cruce entre la quebrada y la via Cañete - Yauyos, que a pesar de que en esa zona existe un sistema de protección presenta un mayor desborde de flujo.



- El valor del tirante para un periodo de retorno de 100 años se encuentra entre 0 y 2.00 metros, lo cual tiene relación a lo observado en campo, en la zona donde se estrecha el cauce llega a valores de 1.00 m y 1.20 m para un periodo de retorno de 100 años.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5269
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

- En cuanto a las velocidades presenta valores entre 0 y 6.15 m/s, son velocidades que corresponden al flujo de quebradas. Los valores mas altos ocurren en zonas donde el cauce de la quebrada llega a estrecharse resultando valores de 3.5 m/s y 4 m/s. Teniendo en cuenta estos valores se procedió a proteger la quebrada como un solo sistema tipo canal de Mampostería, que permitirá el paso del flujo y a su vez protegerá las zonas de cultivo y vías cercanas. El material escogido es resistente a los embates del flujo, que tienen una fuerza de arrastre considerable, como se aprecia en la imagen que se presenta debajo.



- Lo demás resultados para los distintos periodos de retorno se pueden observar en los anexos del presente documento.

Referencias

Bladé, E.; Ceab, L.; Coresteina, G.; Escolanoc, E.; Puertas, J.; Vázquez-Cendónd, E.; Dolzay, J. y CollcaInstitut, A. (2014) Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos. Rev. int. métodos numér. cálc. diseño ing. 2014; 30(1):1–

Nie, S.; Sun, H; Zhang, Y.; Chen, D.; Chen, Wen; Chen, L & Schaefer, S. (2017) Vertical Distribution of Suspended Sediment under Steady Flow: Existing Theories and Fractional Derivative Model. Discrete Dynamics in Nature and Society Vol 2017, artículo 5481531. https://doi.org/10.1155/2017/5481531

TOMÁS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5269
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Tsujimoto, Tetsuro (2011) Diffusion coefficient of suspended sediment and kinematic eddy viscosity of flow containing suspended load. River flow 2010: Proceedings of the International Conference on Fluvial Hydraulics, Braunschweig, Germany, September 8-10, 2010. Diettrich, Koll, Aberle & Geisenhaiser (Eds.)

TOMAS AMADEO SANCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

ANEXO

1956

LEYENDA

- CURVAS PRINCIPALES
- CURVAS SECUNDARIAS
- ALINEAMIENTO
- PI: PUNTO DE INTERSECCIÓN
- SENTIDO DE FLUJO
- HUELLA DE AGUA TR 10 AÑOS
- LINEA DE SECCIONES
- RIO CAÑETE
- CARRETERA

INICIO
376858.345
8567516.695

FIN
375917.837
8568149.549

ANEXO CONDORAY

Ruta Nacional PE-24 (Pedregoso/Junín) - Cajatambo (Lima)

PLANTA QUEBRADA CONDORAY
ESC:1/1500

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

ING. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA:
CONSORCIO
CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M. CIP 166636	Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V CIP 14199	
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z. CIP 42895	

REVISIONES

N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

PLANO : MAPA TR=10 AÑOS PLANTA QUEBRADA CONDORAY

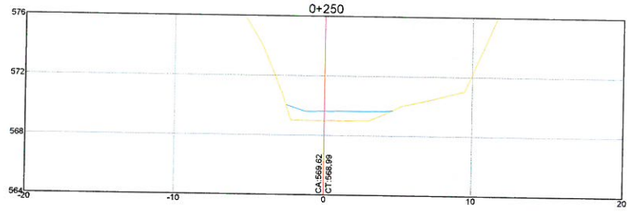
UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

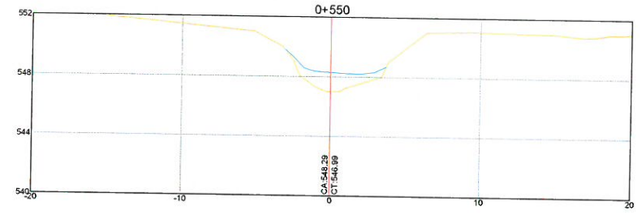
ESCALA: INDICADA

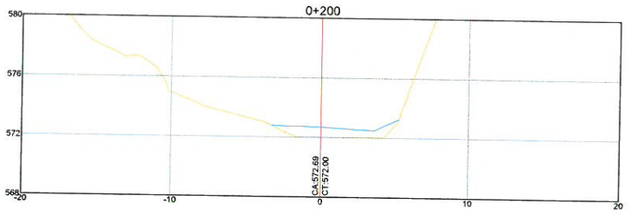
FECHA: SETIEMBRE 2019

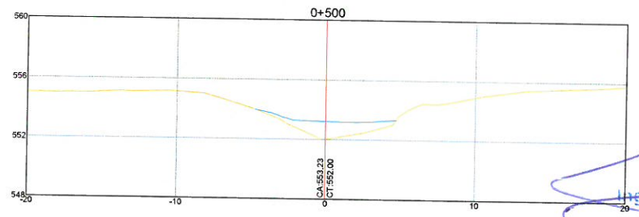
PLANO N°: REV. 0

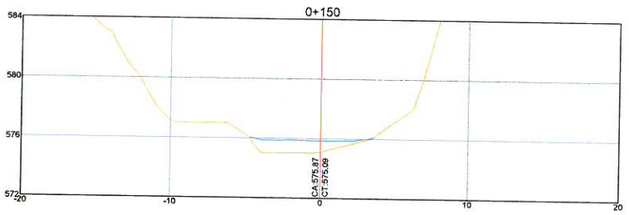
018-2019-HCA-02-22

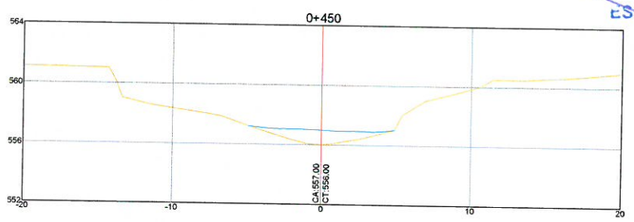


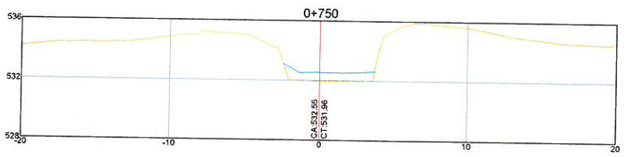


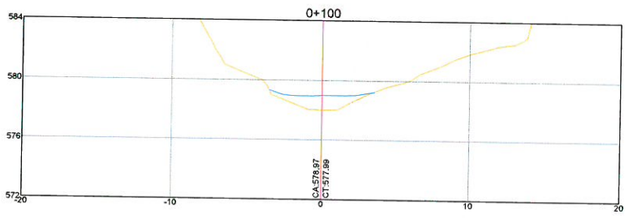


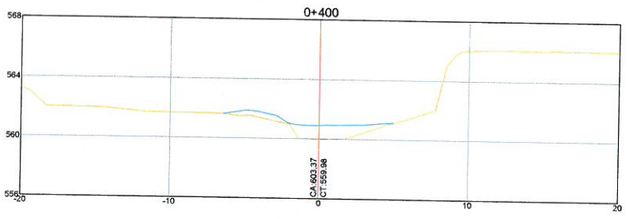


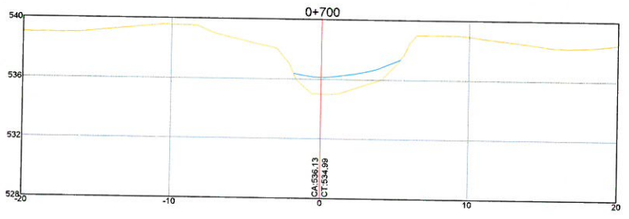


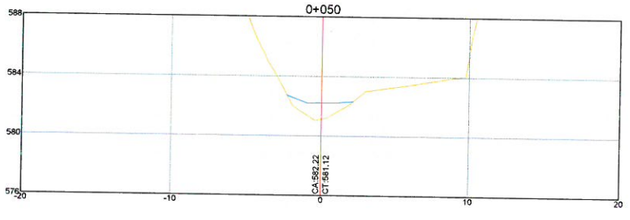


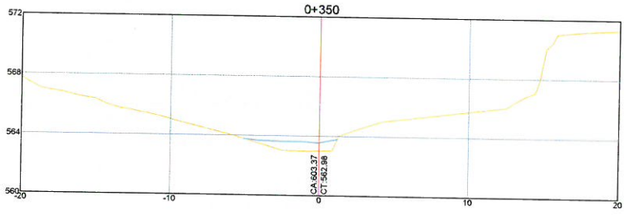


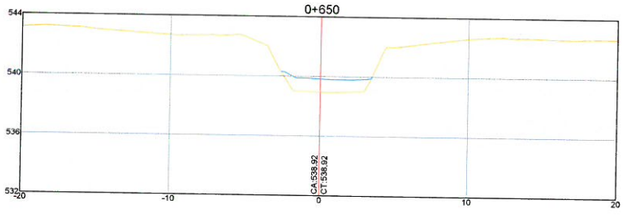


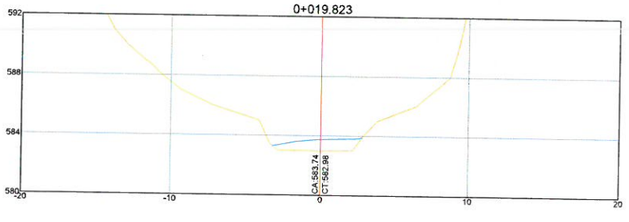


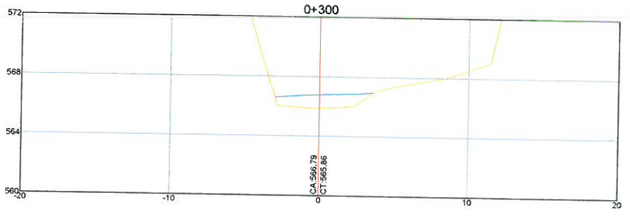


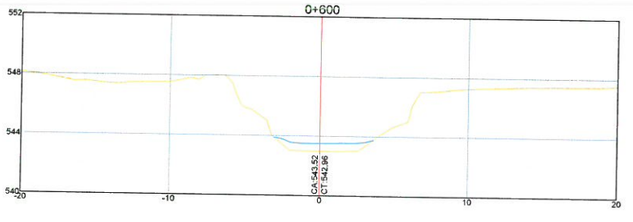












LEYENDA	
TERRENO NATURAL	
TR=10 AÑOS	

NOTA:
CA= COTA DE AGUA
CT=COTA DE TERRENO

TOMÁS A. SÁNCHEZ ROMÁN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN [illegible] VALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

SECCIONES TRANSVERSALES 1
ESC:1:200

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M. CIP 166836	Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V CIP 14199	
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z. CIP 42895	

REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

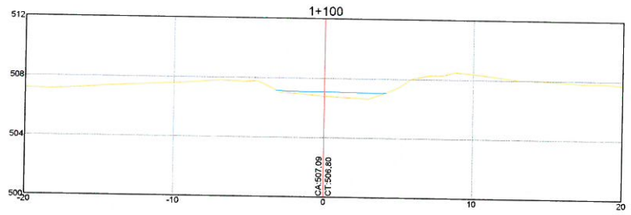
PLANO : MAPA TR=10 AÑOS SECCIONES TRANSVERSALES 1 QUEBRADA CONDORAY

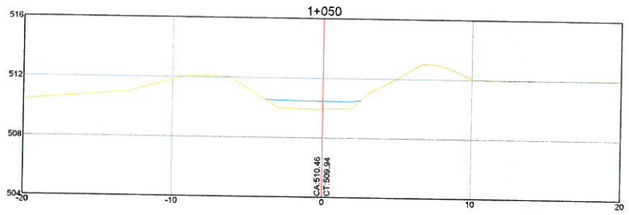
UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

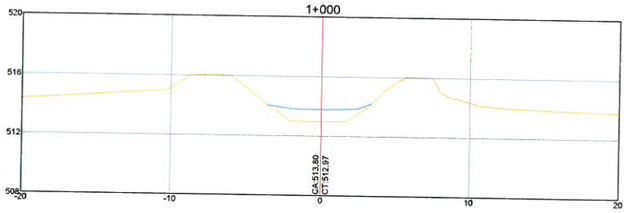
ESCALA: INDICADA

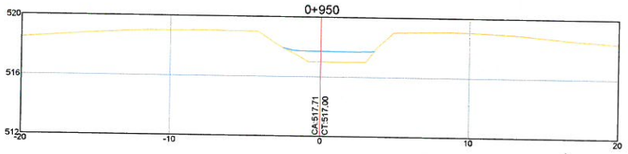
FECHA: SETIEMBRE 2019

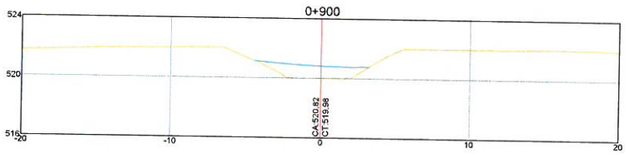
PLANO N°: 018-2019-HCA-02-23 REV. 0

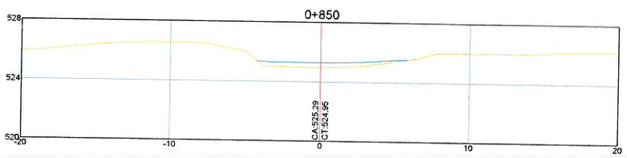


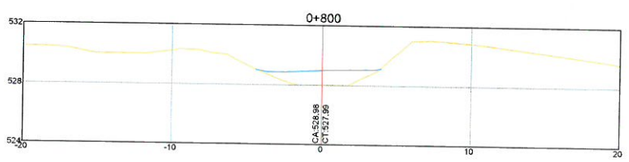


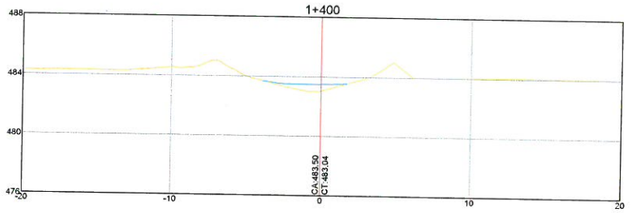


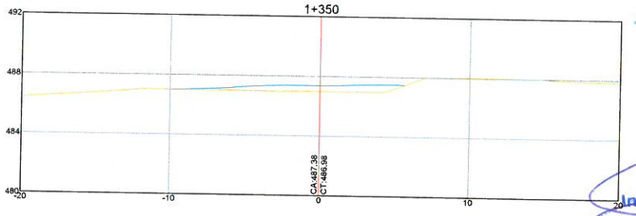


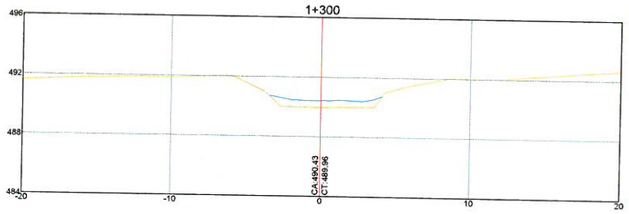


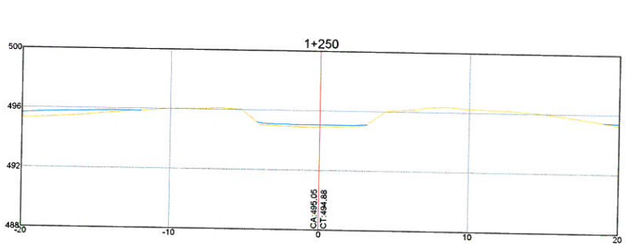


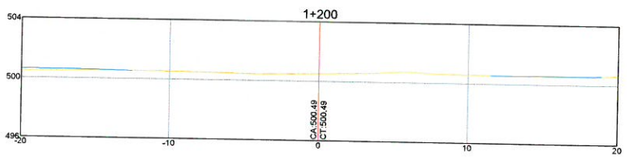


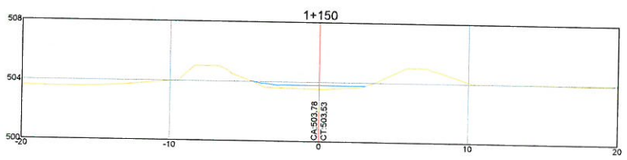


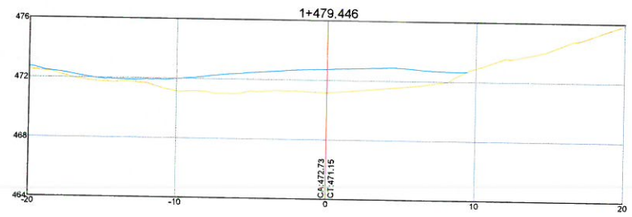


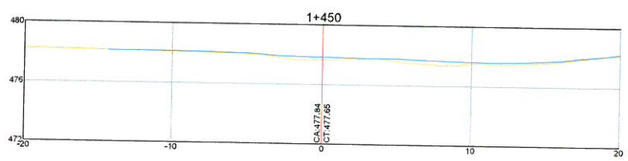












SECCIONES TRANSVERSALES 2
ESC:1:200

TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDÁN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

LEYENDA	
TERRENO NATURAL	
TR=10 AÑOS	

NOTA:
CA= COTA DE AGUA
CT=COTA DE TERRENO

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M. CIP 166636	Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V CIP 14199	
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z. CIP 42895	

REVISIONES

N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

PLANO : MAPA TR=10 AÑOS SECCIONES TRANSVERSALES 2 QUEBRADA CONDORAY

UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

ESCALA: INDICADA

FECHA: SETIEMBRE 2019

PLANO N°: 018-2019-HCA-02-24 REV. 0

1:75 | 1:100 | 1:125 | 1:150 | 1:200 | 1:250 | 1:300 | 1:333.33 | 1:400 | 1:500

INICIO
376858.345
8567516.695

LEYENDA

- CURVAS PRINCIPALES
- CURVAS SECUNDARIAS
- ALINEAMIENTO
- PI: PUNTO DE INTERSECCIÓN
- SENTIDO DE FLUJO
- HUELLA DE AGUA TR 50 AÑOS
- LINEA DE SECCIONES
- RÍO CAÑETE
- CARRETERA

ANEXO CONDORAY

Ruta Nacional PE-22 Picoranca(Límite) - Cañete (Lima)

FIN
375917.837
8568149.549

TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVIAL

PLANTA QUEBRADA CONDORAY
ESC: 1/1500

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA:
CONSORCIO
CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M.	CIP 198636
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V	CIP 14199
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z.	CIP 42895
Aprobó :	ING. J. OLAZABAL A.	CIP 5289

REVISIONES

N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

PLANO : MAPA TR=50 AÑOS PLANTA QUEBRADA CONDORAY

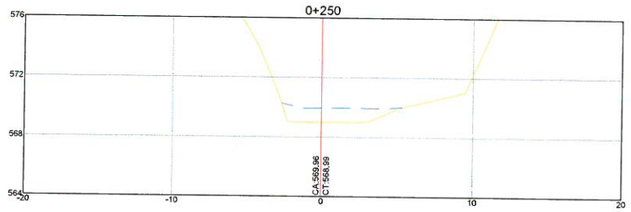
UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

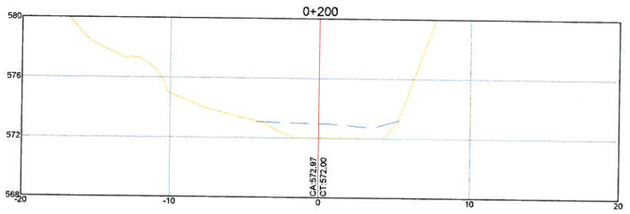
ESCALA: INDICADA

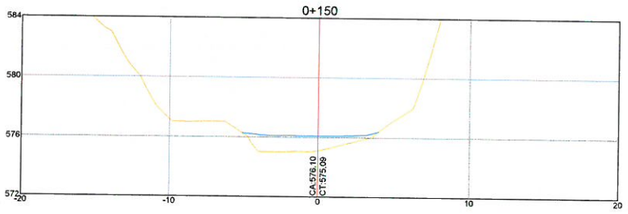
FECHA: SETIEMBRE 2019

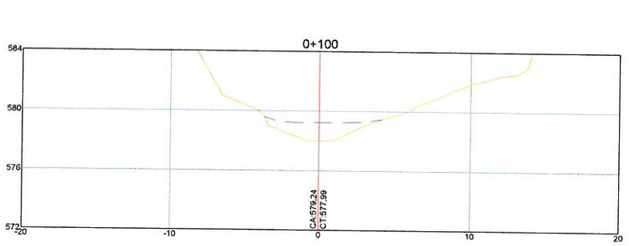
PLANO N°: 018-2019-HCA-02-25 REV. 0

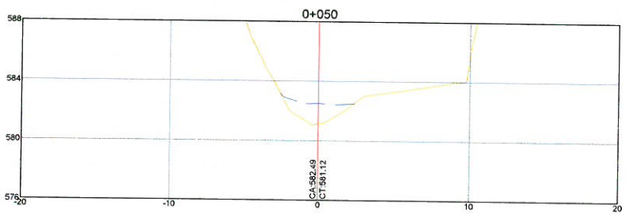
1952

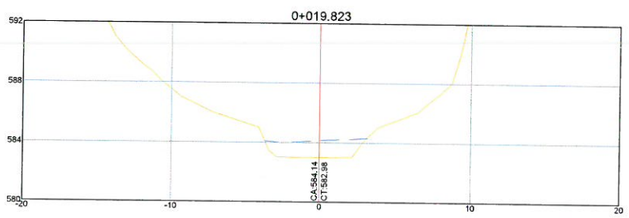


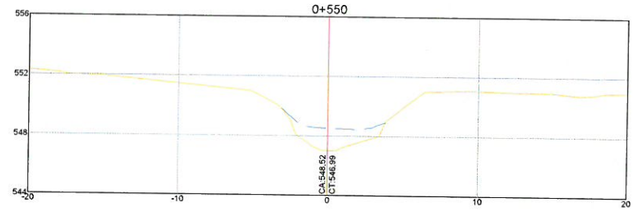


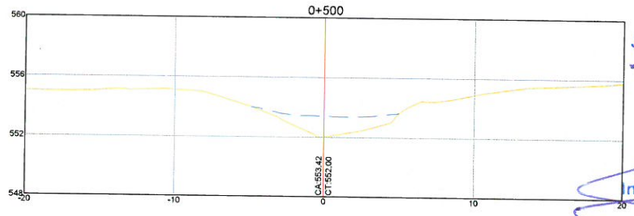


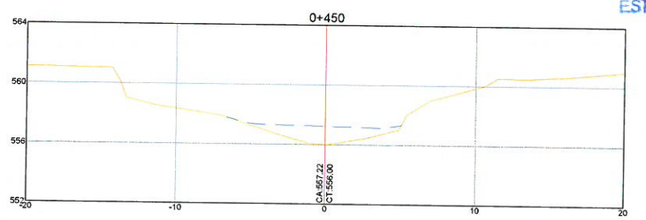


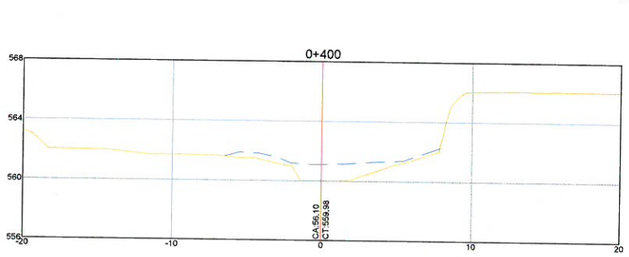


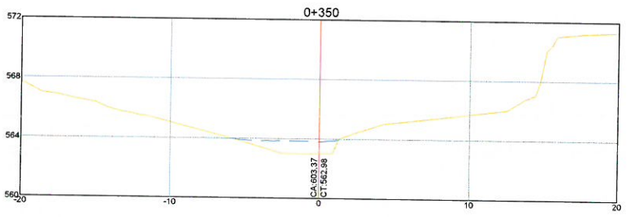


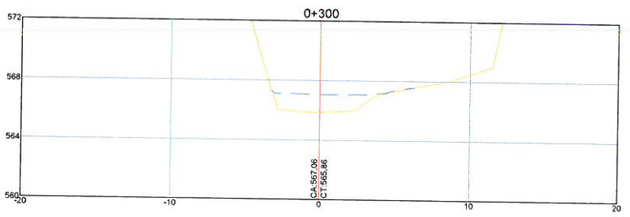


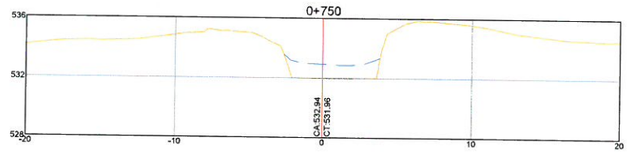


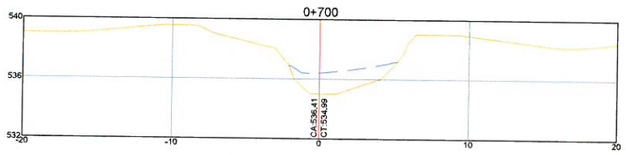


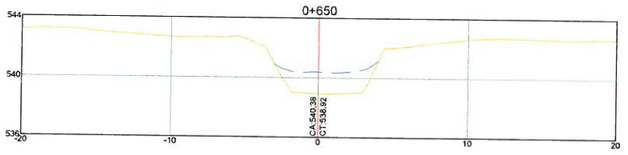


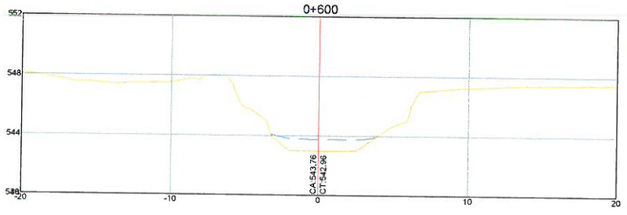












TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP Nº 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

LEYENDA	
TERRENO NATURAL	
TR=50 AÑOS	

NOTA:
CA= COTA DE AGUA
CT=COTA DE TERRENO

SECCIONES TRANSVERSALES 1
ESC:1:200

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M.	CIP 189539
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V.	CIP 14199
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z.	CIP 42895

Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289

REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

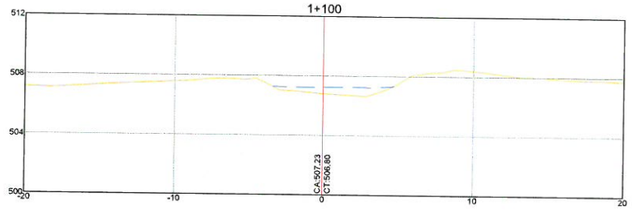
FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

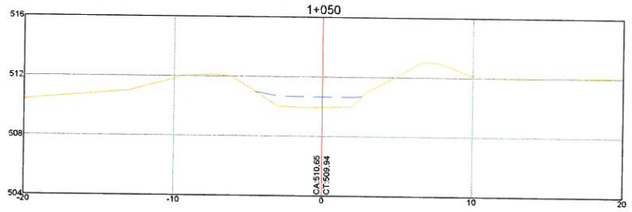
N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

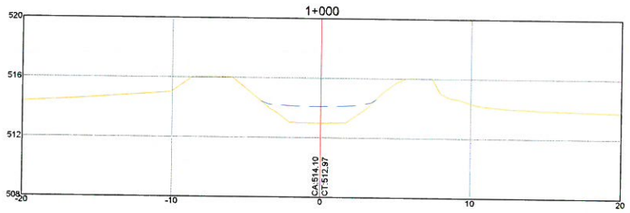
PLANO : MAPA TR=50 AÑOS QUEBRADA CONDORAY

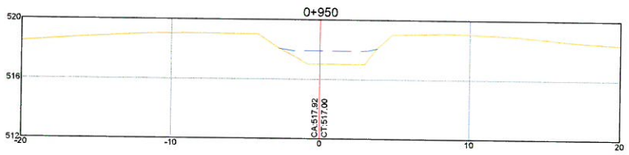
UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

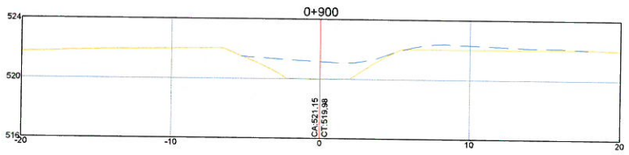
ESCALA:	INDICADA
FECHA:	SETIEMBRE 2019
PLANO N°:	REV. 0
	018-2019-HCA-02-26

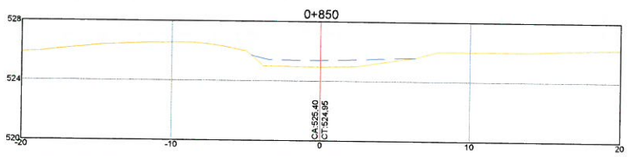


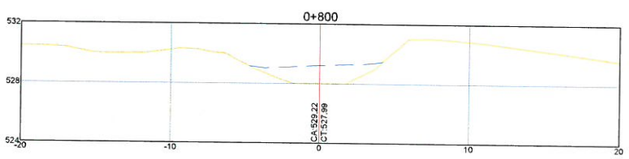


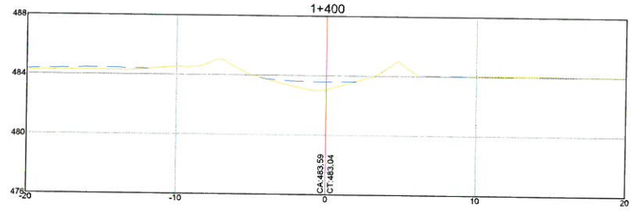


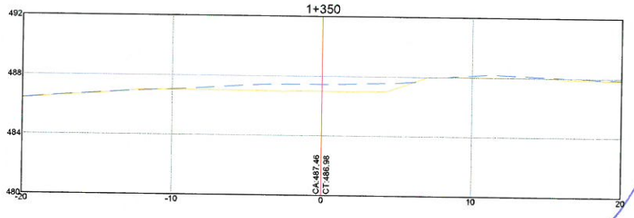


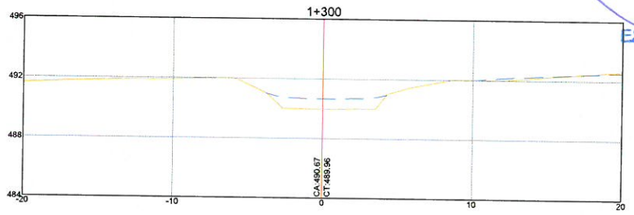


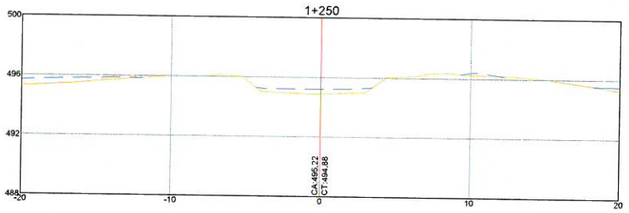


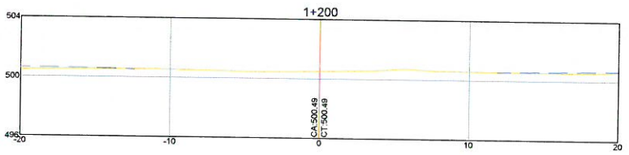


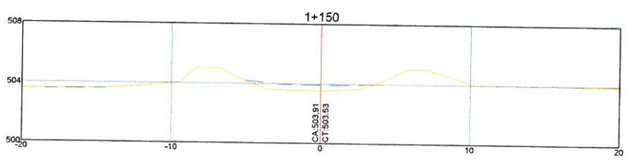


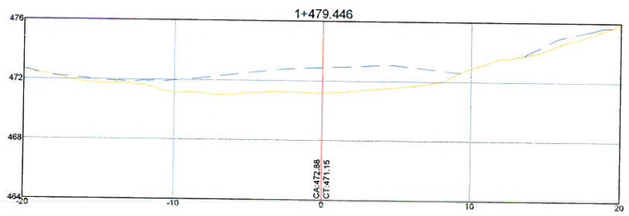


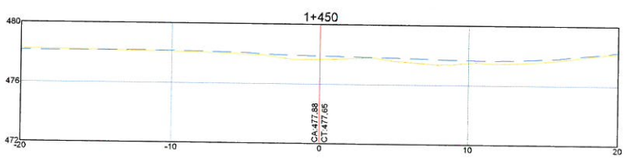












TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVIAL

LEYENDA	
TERRENO NATURAL	
TR=50 AÑOS	

NOTA:
CA= COTA DE AGUA
CT=COTA DE TERRENO

SECCIONES TRANSVERSALES 2
ESC:1:200

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M. CIP 166636	Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V. CIP 14199	
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z. CIP 42895	

REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

PLANO : MAPA TR=50 AÑOS QUEBRADA CONDORAY

UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

ESCALA: INDICADA

FECHA: SETIEMBRE 2019

PLANO N°: 018-2019-HCA-02-27 REV. 0

1950

1:75 1:100 1:125 1:150 1:200 1:250 1:300 1:333.33 1:400 1:500

INICIO
376858.345
8567516.695

FIN
375917.837
8568149.549

LEYENDA

- CURVAS PRINCIPALES
- CURVAS SECUNDARIAS
- ALINEAMIENTO
- PI: PUNTO DE INTERSECCIÓN
- SENTIDO DE FLUJO
- HUELLA DE AGUA TR 100 AÑOS
- LINEA DE SECCIONES
- RIO CAÑETE
- CARRETERA

ANEXO CONDORAY

Red Nacional PE-24 Pucacaca(Lurin) - Cerro(Lima)

TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVIAL

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA:
CONSORCIO
CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M.	CIP 166636
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V	CIP 14199
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z.	CIP 42895

Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289

REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

PLANO : MAPA TR=100 AÑOS PLANTA QUEBRADA CONDORAY

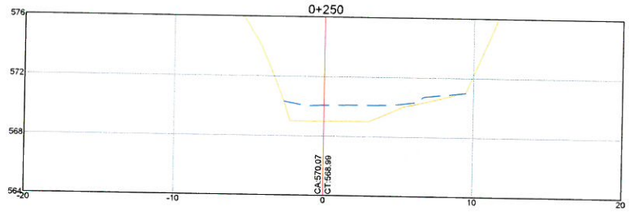
UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

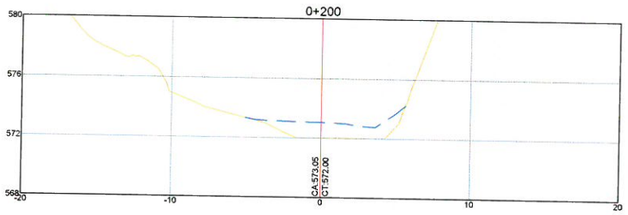
ESCALA: INDICADA

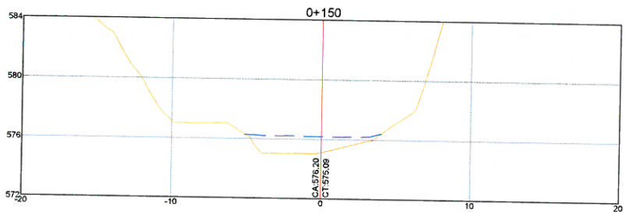
FECHA: SETIEMBRE 2019

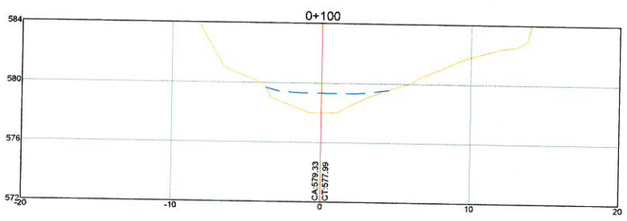
PLANO N°: 018-2019-HCA-02-28 REV. 0

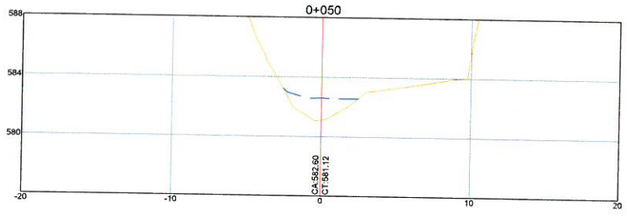
1949

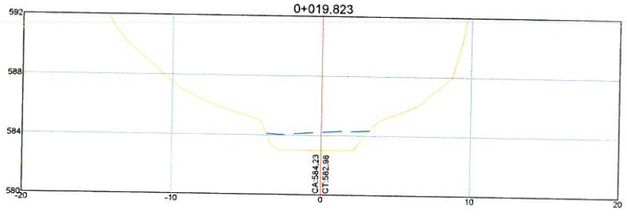


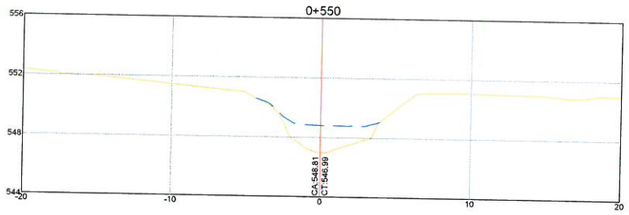


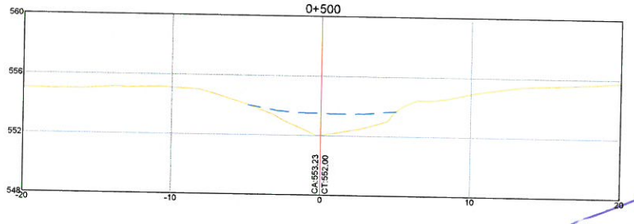


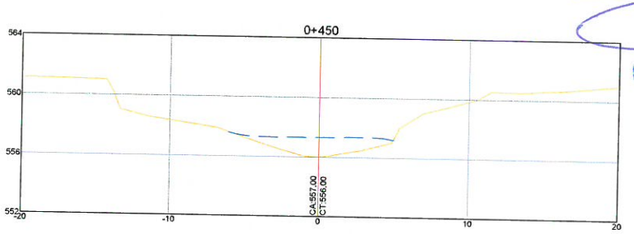


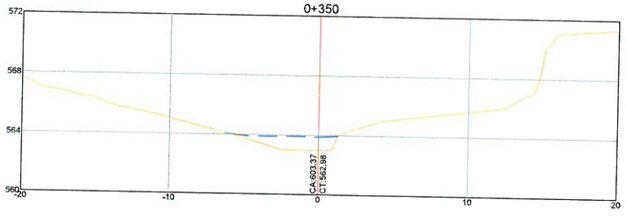


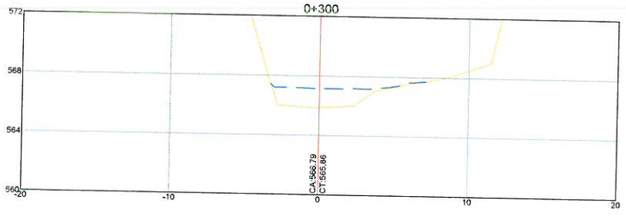


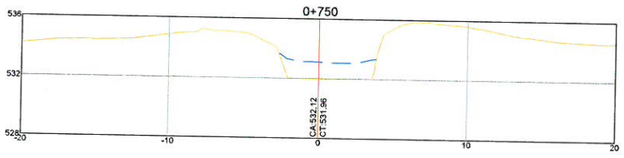


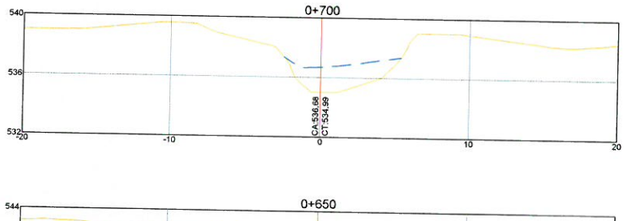


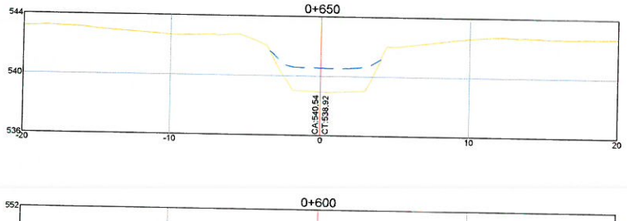


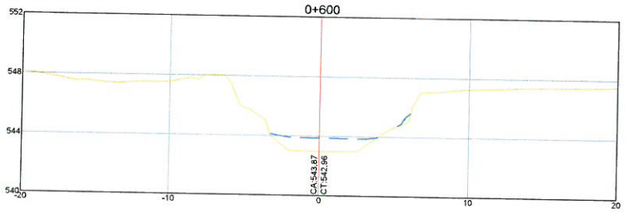












LEYENDA

TERRENO NATURAL

TR=100 AÑOS

NOTA:

CA= COTA DE AGUA

CT=COTA DE TERRENO

M. A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

SECCIONES TRANSVERSALES 1
ESC:1:200

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M. CIP 186626	Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V. CIP 14199	
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z. CIP 42895	

REVISIONES

N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

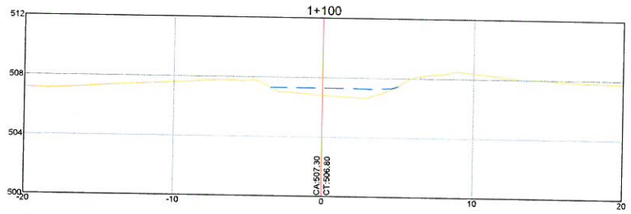
PLANO : MAPA TR=100 AÑOS SECCIONES TRANSVERSALES 1 QUEBRADA CONDORAY

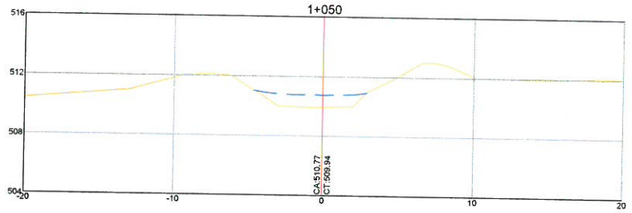
UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

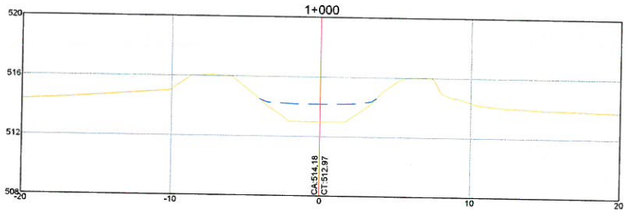
ESCALA: INDICADA

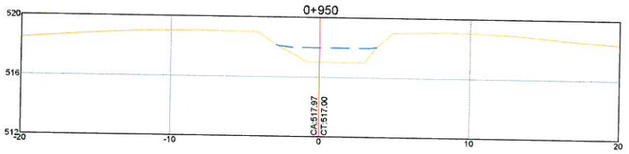
FECHA: SETIEMBRE 2019

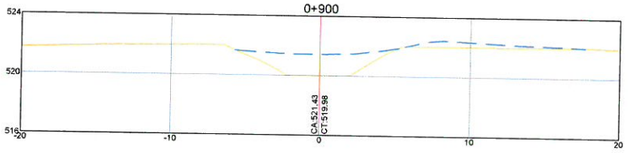
PLANO N°: 018-2019-HCA-02-29 REV. 0

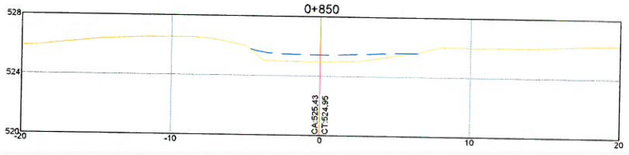


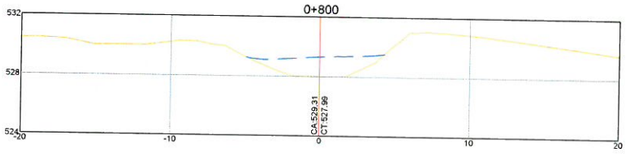


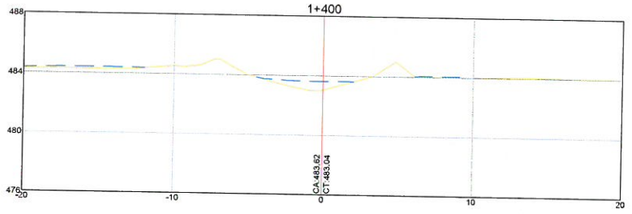


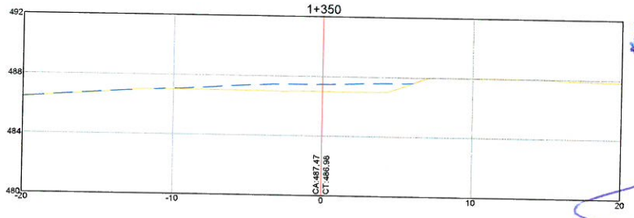


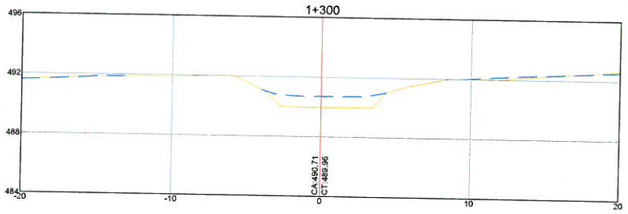


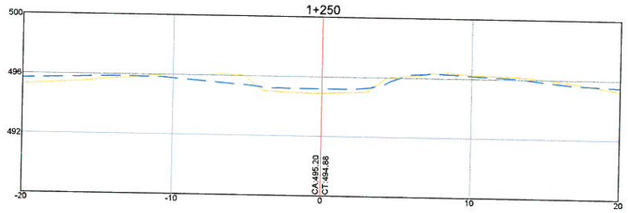


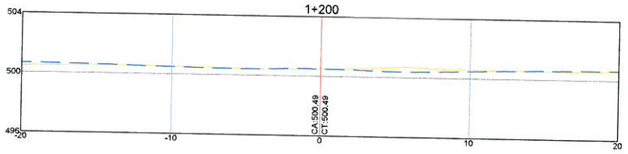


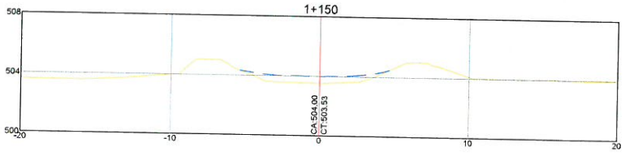


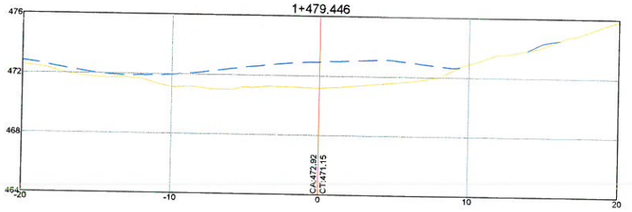


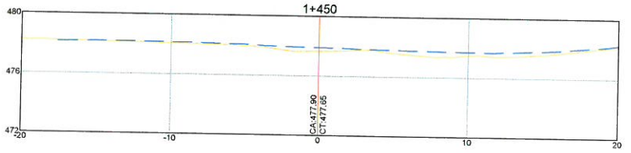












Ing. J.S.A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KURCIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

LEYENDA	
TERRENO NATURAL	
TR=100 AÑOS	

NOTA:
CA= COTA DE AGUA
CT=COTA DE TERRENO

SECCIONES TRANSVERSALES 2
ESC:1:200

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M. CIP 166636	Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V CIP 14199	
Presentó:	ING. J. KURCIWA Z. CIP 42895	

REVISIONES

N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

PLANO : MAPA TR=100 AÑOS QUEBRADA CONDORAY

UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

ESCALA: INDICADA

FECHA: SETIEMBRE 2019

PLANO N°: 018-2019-HCA-02-30 REV. 0

1947

LEYENDA

- CURVAS PRINCIPALES
- CURVAS SECUNDARIAS
- ALINEAMIENTO
- PI: PUNTO DE INTERSECCIÓN
- SENTIDO DE FLUJO
- HUELLA DE AGUA TR 500 AÑOS
- LINEA DE SECCIONES
- RIO CAÑETE
- CARRETERA

INICIO
376858.345
8567516.695

FIN
375917.837
8568149.569

ANEXO CONDORAY

TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JUNO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVI

PLANTA QUEBRADA CONDORAY
ESC:1/1500

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA:
CONSORCIO
CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M.	CIP 186639
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V.	CIP 14199
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z.	CIP 42895

Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289

REVISIONES

N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

PLANO : MAPA TR=500 AÑOS PLANTA QUEBRADA CONDORAY

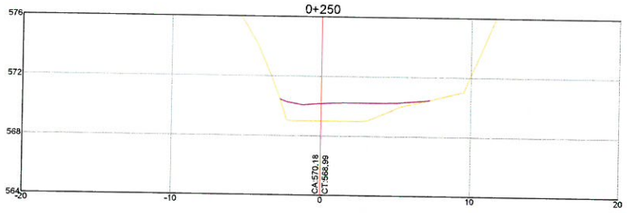
UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

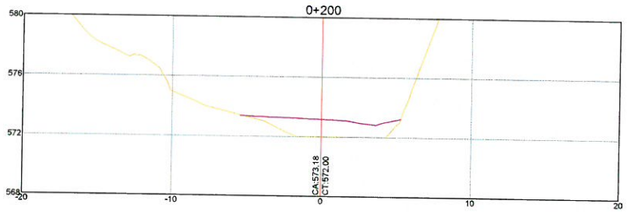
NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

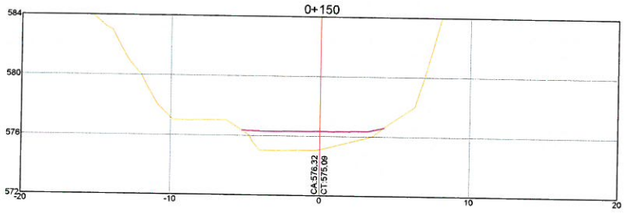
ESCALA: INDICADA

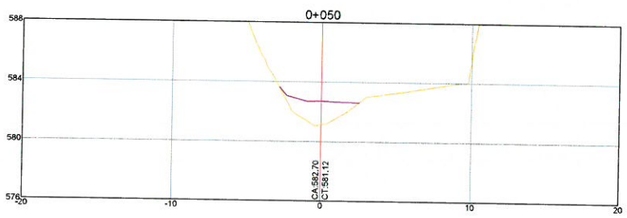
FECHA: SETIEMBRE 2019

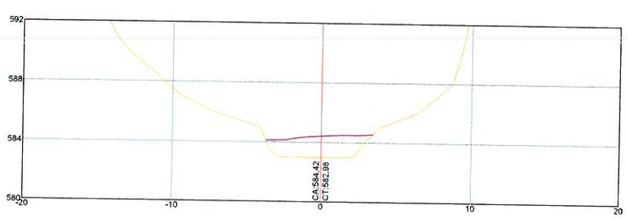
PLANO N°: 018-2019-HCA-02-31 REV. 0

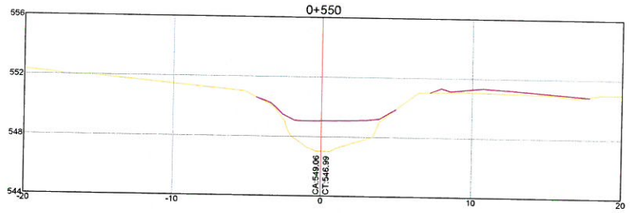


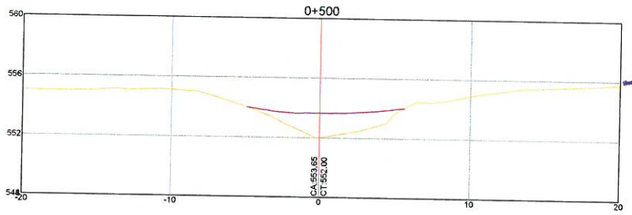


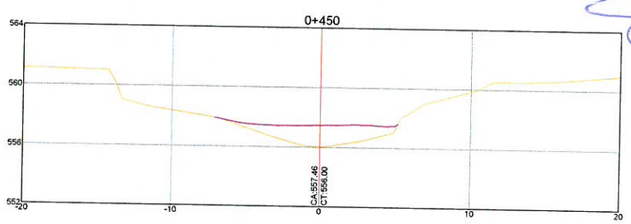


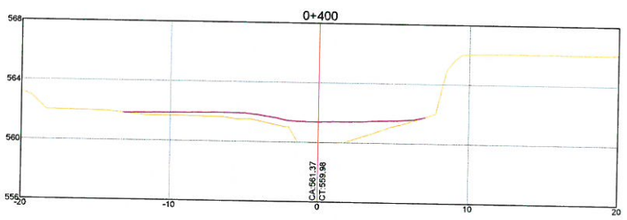


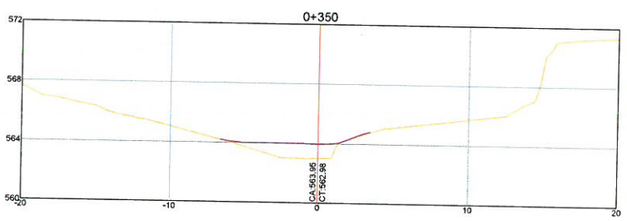


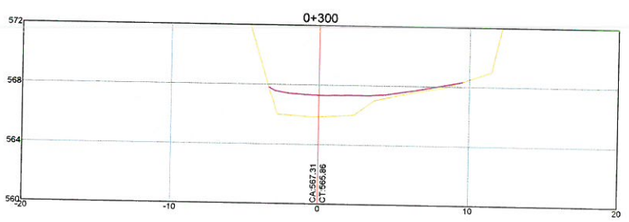


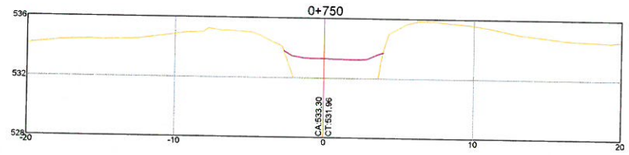


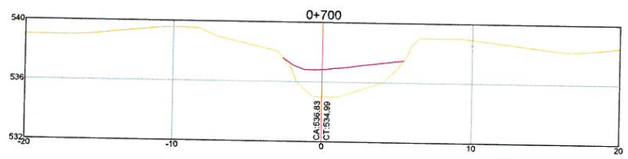


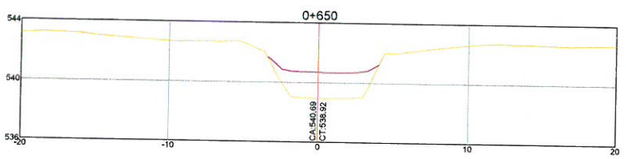


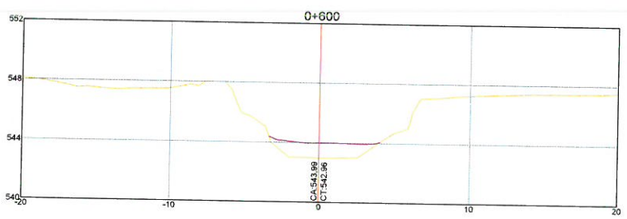












C. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVIAL

LEYENDA	
TERRENO NATURAL	
TR=500 AÑOS	

NOTA:
CA= COTA DE AGUA
CT=COTA DE TERRENO

SECCIONES TRANSVERSALES 1
ESC:1:200

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M. CIP 166639	Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V CIP 141199	
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z. CIP 42895	

REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

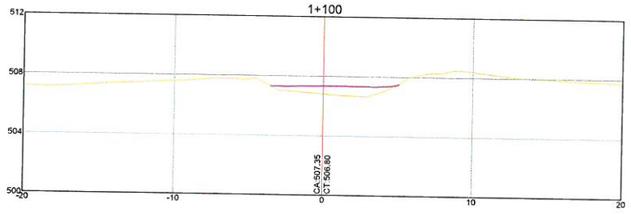
N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

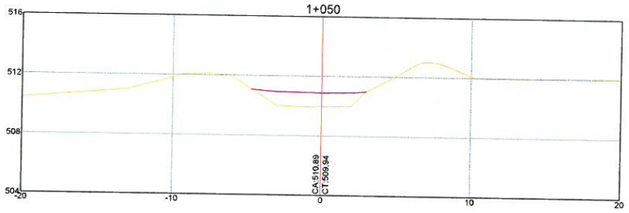
NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

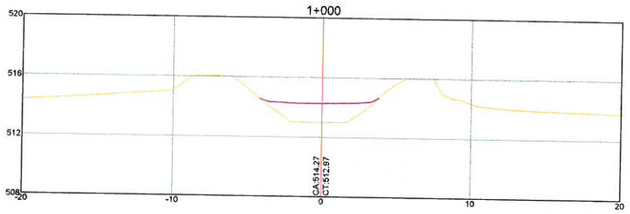
PLANO : MAPA TR=500 AÑOS
SECCIONES TRANSVERSALES 1
QUEBRADA CONDORAY

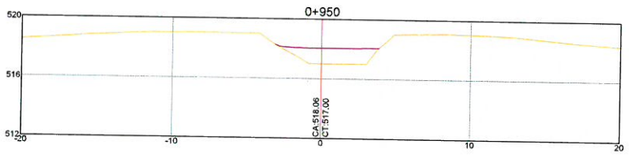
UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

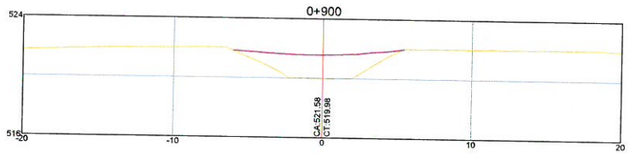
ESCALA: INDICADA
FECHA: SETIEMBRE 2019
PLANO N°: 018-2019-HCA-02-32
REV. 0

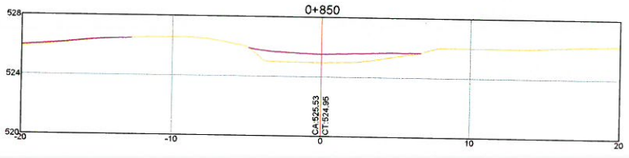


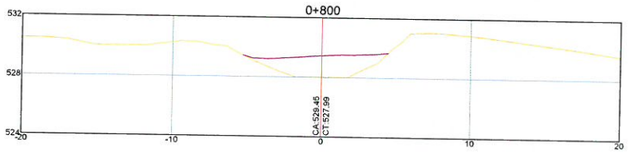


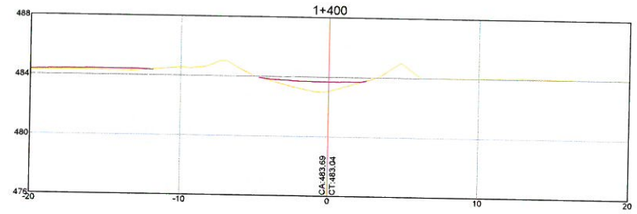


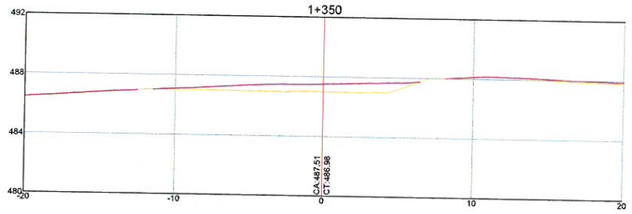


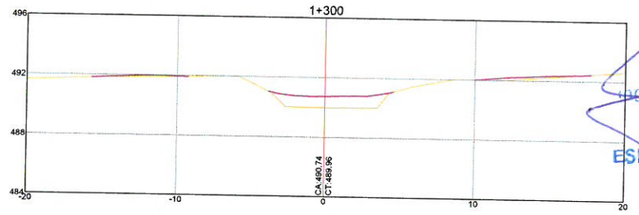


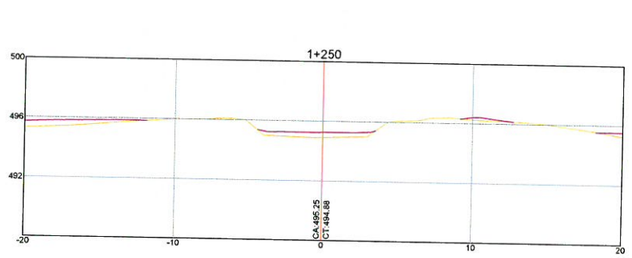


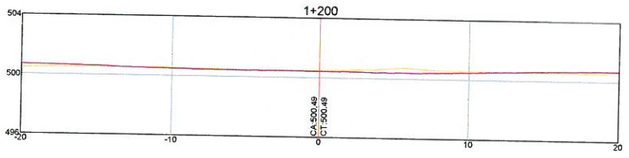


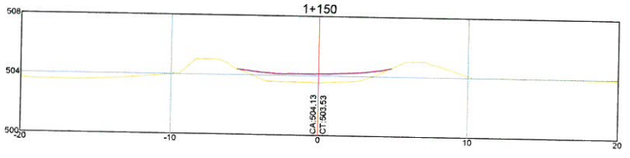


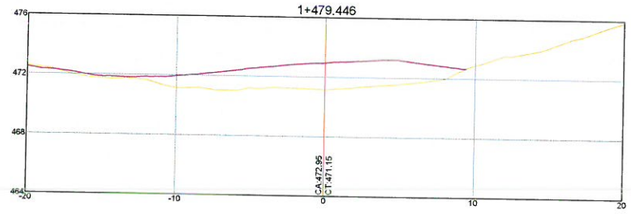


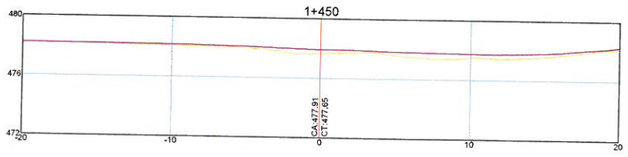












TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

LEYENDA	
TERRENO NATURAL	
TR=500 AÑOS	

NOTA:

CA= COTA DE AGUA

CT=COTA DE TERRENO

SECCIONES TRANSVERSALES 2
ESC:1:200

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M. CIP 166636
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.
Verificó:	ING. A. MANSEN V. CIP 14199
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z. CIP 42895

Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289

REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE
DEPARTAMENTO DE LIMA
N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

PLANO : MAPA TR=500 AÑOS
SECCIONES TRANSVERSALES 1
QUEBRADA CONDORAY

UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

ESCALA: INDICADA

FECHA: SETIEMBRE 2019

PLANO N°: 018-2019-HCA-02-33 REV. 0

ESTUDIO MODELACIÓN HIDRAULICA

PERFIL A-2 "CREACIÓN DEL SERVICIO DE PROTECCIÓN CONTRA INUNDACIONES Y MOVIMIENTO DE MASAS EN LAS QUEBRADAS SAN JERÓNIMO, CONDORAY, JACAYITA Y PICAMARÁN EN LOS DISTRITOS DE LUNAHUANÁ, PACARAN Y ZUÑIGA DE LA PROVINCIA DE CAÑETE- DEPARTAMENTO DE LIMA"

3. QUEBRADA JACAYITA

INDICE

1. ASPECTOS GENERALES DEL ESTUDIO 5

1.1. ANTECEDENTES 5

1.2. OBJETIVOS 6

1.3. ZONA DE ESTUDIO 7

1.3.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO 7

1.3.2. OBRAS DE PROTECCIÓN EXISTENTES 8

2. MODELAMIENTO HIDRÁULICO 11

2.1. DATOS RECOPILADOS EN LAS QUEBRADAS 11

2.2. MODELO NUMÉRICO BIDIMENSIONAL 12

2.3. TAMAÑO DE LOS ELEMENTOS DE LA MALLA PARA MODELACIÓN HIDRÁULICA 2D 14

2.4. PARÁMETROS INICIALES DE LA MODELIZACIÓN 19

2.4.1. TOPOGRAFÍA UTILIZADA 19

2.4.2. PARÁMETROS HIDRÁULICOS 20

2.4.3. DIMENSIONAMIENTO DE LA MALLA 28

2.5. EJECUCIÓN DEL MODELO 2D 30

2.5.1. CONDICIONES DE CONTORNO DEL FLUJO 30

2.5.2. TRANSPORTE DE SEDIMENTOS 34

3. RESULTADOS DE LA MODELIZACIÓN SIN SISTEMA DE PROTECCIÓN 38

4. SISTEMA DE PROTECCIÓN DE LA QUEBRADA JACAYITA 43

4.1. CANAL 43

4.1.1. PENDIENTE LONGITUDINAL 43

4.1.2. SECCIÓN DEL CANAL 44

4.2. BADÉN 45

4.2.1. PENDIENTE LONGITUDINAL DEL BADÉN 45

5. RESULTADOS DE LA MODELIZACIÓN CON ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN 46

6. CONCLUSIONES 49

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVI

IMÁGENES

Imagen 1. Vista satelital del tramo en estudio quebrada Jacayita 8
Imagen 2. Croquis de obras existentes en la quebrada Jacayita 9
Imagen 3. Cauce de la quebrada Jacayita, vista aguas arriba 10
Imagen 4. Cruce del cauce de la quebrada con la carretera 10
Imagen 5. Cruce del cauce de la quebrada Jacayita con un canal de riego no revestido 11
Imagen 6 Vista de Quebrada Picamarán, en Cañete. Nótese la turbulencia del flujo caótico. Fuente: Panamericana Televisión (2017) 12
Imagen 7. Topografía importada en formato ASCII 20
Imagen 8. Valores del coeficiente de Manning para la quebrada Jacayita 24
Imagen 9. Vista aguas arriba de la quebrada Jacayita 26
Imagen 10. Vista aguas abajo de la quebrada Jacayita 26
Imagen 11. Refinamiento de malla según zonas 30
Imagen 12. Condición de contorno en la entrada para la quebrada Jacayita 33
Imagen 13. Condición de contorno de salida para la quebrada Jacayita 34
Imagen 14. Propagación de Flujo, T_r = 100 años. 38
Imagen 15. Velocidad Máxima , T_r = 100 años. 39
Imagen 16. Zona de riesgo 40
Imagen 17. Inundación generada por la avenida centenaria. 41
Imagen 18. Inundación generada por la avenida cuyo periodo de retorno es 500 años. 41
Imagen 19. Canal de mampostería de piedra 43
Imagen 20. Planta del sistema de defensas para la quebrada Jacayita 44
Imagen 21. Sección típica para la quebrada Jacayita 45
Imagen 22. Planta del badén de la quebrada Jacayita 46
Imagen 23. Perfil del badén de la quebrada Jacayita 46
Imagen 24. Propagación de Flujo , T_r = 100 años. 47
Imagen 25. Velocidad Máxima , T_r = 100 años. 47
Imagen 26. Tirantes Máximos , T_r = 500 años. 48
Imagen 27. Velocidad Máxima , T_r = 500 años. 49

TOMAS AMADEO SANCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

TABLAS

Tabla 1. Ubicacion de la quebrada Jacayita 7
Tabla 2. Tamaño de mallas en una serie de estudios de ingeniería y de investigaciones 15
Tabla 3 Hidrograma del caudal máximo de flujo (líquido + sólido) - Quebrada Jacayita 21
Tabla 4 Caudales máximos 23
Tabla 5. Tabla de Cowan para determinar la influencia de factores sobre el coeficiente n 25
Tabla 6. Valores de influencia de Cowan para la quebrada Jacayita 26
Tabla 7. Valores de coeficientes de Rugosidad de Manning - FHWA 2012 27
Tabla 8. Coeficiente de rugosidad de Manning para las llanuras de inundación de la quebrada Jacayita 28
Tabla 9. Discretización y refinamiento de malla según zonas de estudio. 29
Tabla 10. Valores de Froude según periodo de retorno en zona de estudio 31
Tabla 11. Valores de Velocidad según periodo de retorno en la primera sección de análisis 32
Tabla 12. Coeficiente de difusión de sedimentos 36
Tabla 13. Número de Schmidt 37
Tabla 14. Longitud de protección del cauce de la quebrada 44

CUADROS

Cuadro 1 Condiciones de contorno implementadas en los contornos abiertos 31
Cuadro 2. Condiciones de contorno seleccionadas para el modelo IBER 33
Cuadro 3. Paquete de análisis de sedimentos 37

FIGURAS

Figura 1. Red de Elementos Triangulares 14
Figura 2. Relación entre β y el cociente de la velocidad de sedimentación y la velocidad de corte 18
Figura 3. Tipos de mallas 29

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO GLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

1. ASPECTOS GENERALES DEL ESTUDIO

1.1. ANTECEDENTES

En los últimos años, en el Perú, han ocurrido fenómenos relacionados a inundaciones, movimiento de masas de lodo acompañados de piedras y rocas (flujo de detritos), también conocidos como huaicos, así como erosiones fluviales; este es el caso de la zona occidental de nuestro país donde estos fenómenos se vienen presentado de manera muy recurrente, principalmente entre los meses de diciembre y abril, correspondientes a la temporada de lluvias en nuestro país. Estos eventos llegan a afectar a los centros poblados y vías de acceso circundantes a estos sectores vulnerables, y la situación tiende a agravarse cuando sucede el evento denominado El Niño, ya que los flujos que se reproducen se ven incrementados por las altas precipitaciones que se producen durante ese evento.

Ante lo mencionado el Consorcio CISPDR-SIGT, viene ejecutando los estudios de preinversión a Nivel de Perfil, para la "Formulación del plan integral para el control de inundaciones y movimientos de masa de la cuenca del río Cañete", y de esta manera formular un plan de acción integral para el control de estos fenómenos presentes en los cauces y quebradas de la cuenca del río Cañete.

El Fenómeno del Niño genera caudales extremos en las cuencas de la vertiente del Pacífico. El calentamiento del Océano Pacífico, en particular de la Región Niño 1+2 (frente a la Costa Peruana), conjuntamente con la convergencia intertropical, la disminución de la circulación sobre el Pacífico Occidental y la presencia de los Andes generan el aumento de precipitación de hasta dos órdenes de magnitud principalmente sobre la Vertiente del Pacífico, lo que genera caudales extremos en los ríos de esta hoya hidrográfica. Se han generado caudales de gran magnitud los años 1972, 1983, 1998 y 2017. En el último caso, se activaron quebradas a lo largo de la cuenca, tanto en las provincias de Cañete como la de Yauyos. En la provincia de Cañete los efectos de los flujos de escombros afectaron a una mayor cantidad de personas y

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO CHAVARRI ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVIAL

propiedades en los distritos de Lunahuaná, Pacarán y Zúñiga así como a la infraestructura vial y edificaciones, así como inundación de cultivos. El río Cañete inundó cultivos tanto en la parte media como en la parte baja y ocasiónó la pérdida de parte de la plataforma de la vía Cañete – Yauyos en varios sectores. La erosión excesiva de las márgenes del río Cañete ocasionó la caida de muros perimétricos y puso en peligro las edificaciones construidas cerca de la margen derecha en el tramo entre Pacarán y Lunahuaná. Además ocasionó la caída de un puente colgante en Catapalla.

La presente Modelización Hidráulica 2D de la Quebrada Jacayita es parte del proyecto "Creación del servicio de protección contra inundaciones y movimiento de masas en las quebradas San Jerónimo, Condoray, Jacayita y Picamarán en los distritos de Lunahuaná, Pacarán y Zuñiga de la Provincia de Cañete – Departamento de Lima".

1.2. OBJETIVOS

Objetivo principal

- Determinar las llanuras de inundación de la quebrada Jacayita, Tramo Centro Poblado - río Cañete, distrito de Pacarán, mediante el empleo del software Iber v2.5.1, modelo bidimensional de lecho móvil, para caudales de cálculo correspondientes a periodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 años.

Objetivos específicos

- Caracterizar las zonas inundables en la quebrada Jacayita, tramo Centro Poblado - río Cañete, para periodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 años.
- Determinar los niveles o tirantes de agua alcanzados en la quebrada Jacayita, tramo Centro Poblado - río Cañete; cuyos caudales de cálculo corresponden a los periodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 años.
- Presentar mapas de inundación y velocidad de la quebrada Jacayita, tramo Centro Poblado - río Cañete mediante el modelamiento hidraulico teniendo en cuenta las carateristicas actuales de la zona en estudio.

TOMAS AMADEO SANCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO CARBAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

ING. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

- Indentificar las áreas expuestas a un mayor riesgo de inundación y/o afectación por movimientos de masas.
- Proponer los sistemas de protección para las quebradas, para un periodo de retorno de 100 años
- Presentar mapas de inundación y velocidad de la quebrada Jacayita, tramo Centro Poblado - río Cañete mediante el modelamiento hidraulico teniendo en cuenta la implementación de las estructuras propuestas.

1.3. ZONA DE ESTUDIO

1.3.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La quebrada Jacayita se ubica en el distrito de Pacarán, provincia de Cañete, departamento de Lima. La zona analizada se encuentra en la cuenca baja de quebrada, entre la cota 618 msnm y 552 msnm, con una longitud de cauce, en este tramo, de 636 metros, hasta la desembocadura al río Cañete; y con una pendiente promedio de 9.65%.

Tabla 1. Ubicacion de la quebrada Jacayita

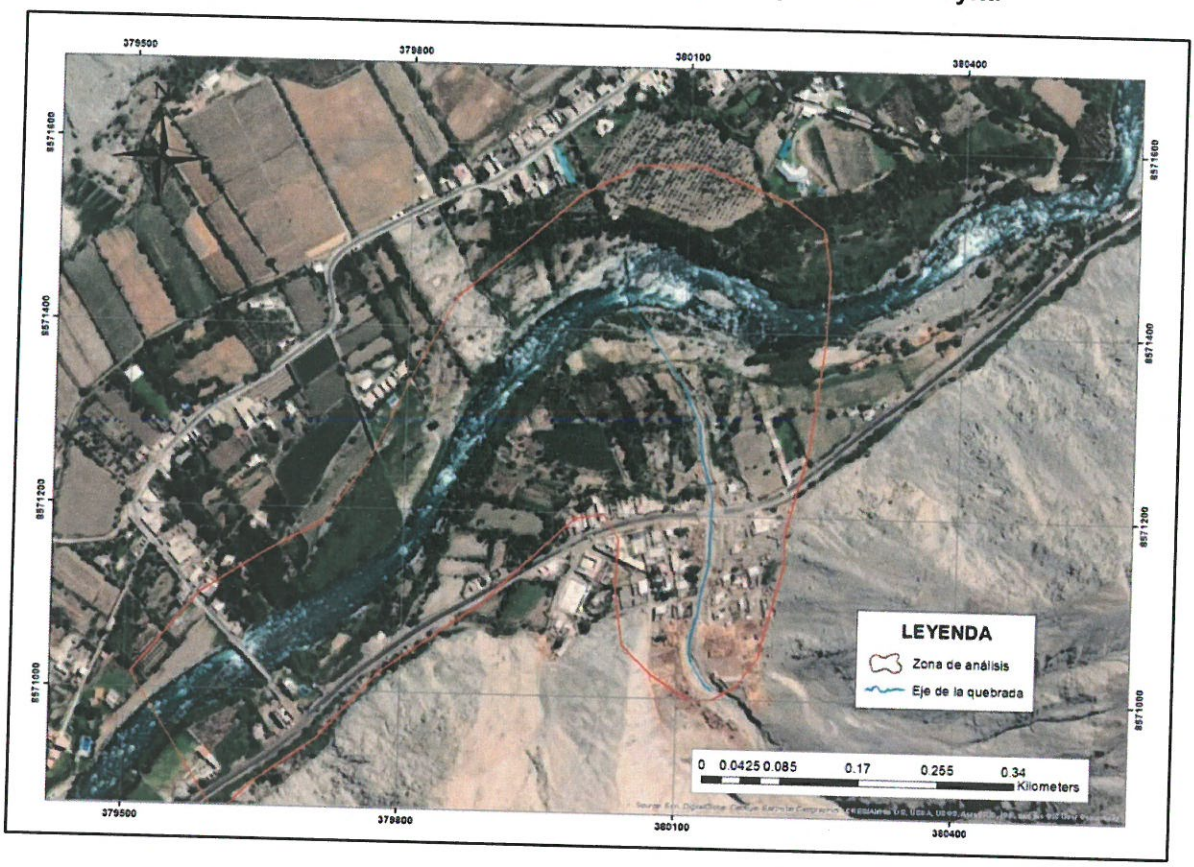
QUEBRADA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		Datum: WGS 84 - COORDENADAS UTM		
	Latitud	Longitud	Zona	Este (m)	Norte (m)
JACAYITA	12°55'20.17" S	76° 6'17.93" O	18L	380130	8571202

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Imagen 1. Vista satelital del tramo en estudio quebrada Jacayita



1.3.2. OBRAS DE PROTECCIÓN EXISTENTES

En la visita de campo se observó que la quebrada Jacayita no cuenta con un sistema de protección longitudinal (Imagen 3). La quebrada cruza la carretera Cañete – Yauyos (Ruta Nacional PE 24), la cual tiene una protección superficial con mampostería de piedra (Imagen 4), a su vez también cruza con un canal artesanal no revestido para riego (Imagen 5).

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Imagen 2. Croquis de obras existentes en la quebrada Jacayita



TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR-SIGT

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Imagen 3. Cauce de la quebrada Jacayita, vista aguas arriba

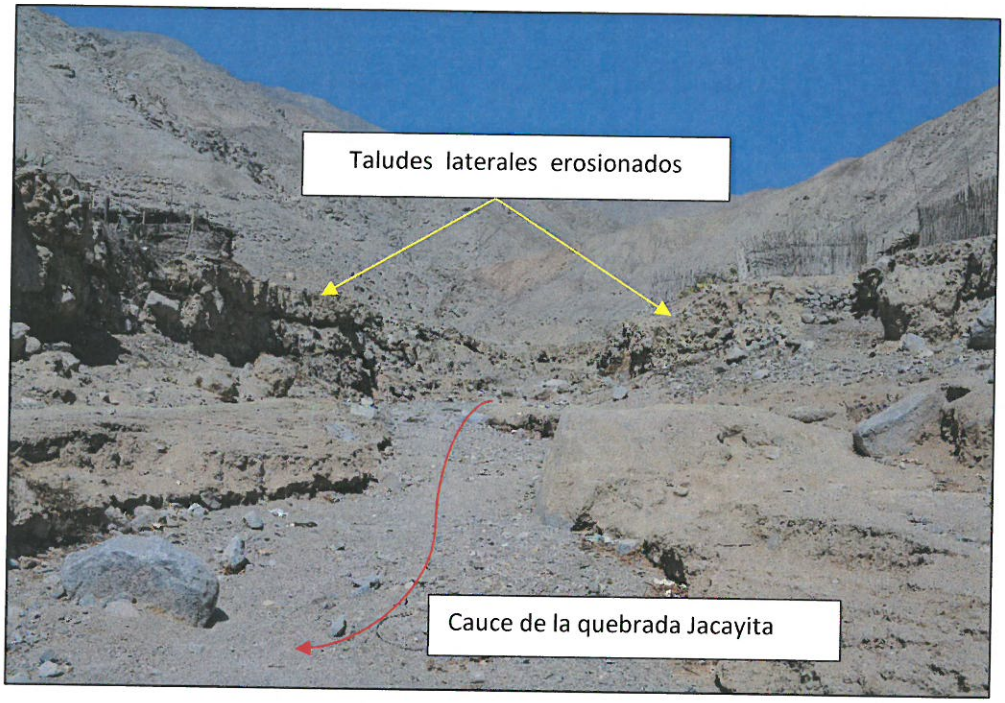
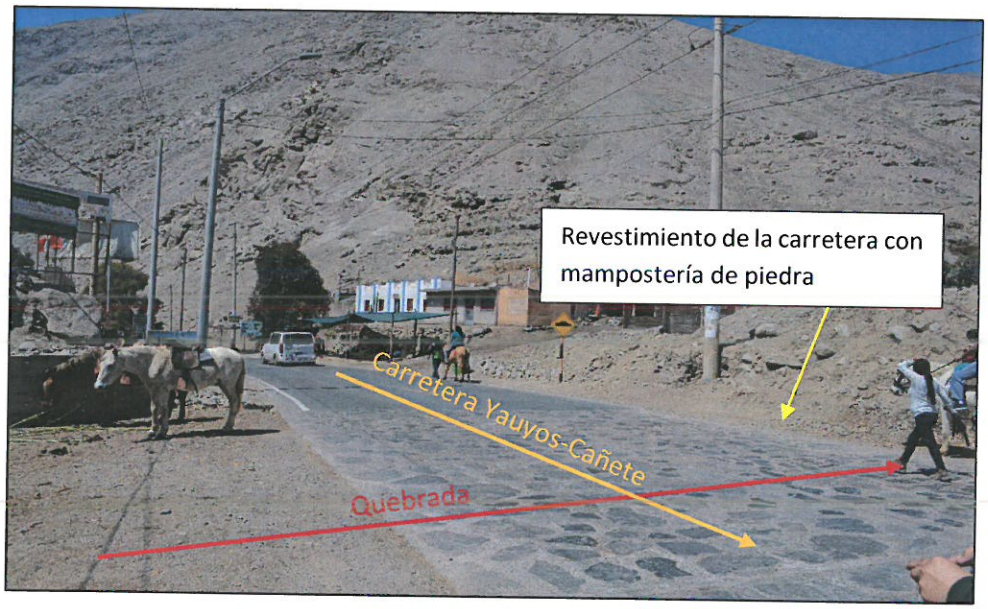


Imagen 4. Cruce del cauce de la quebrada con la carretera

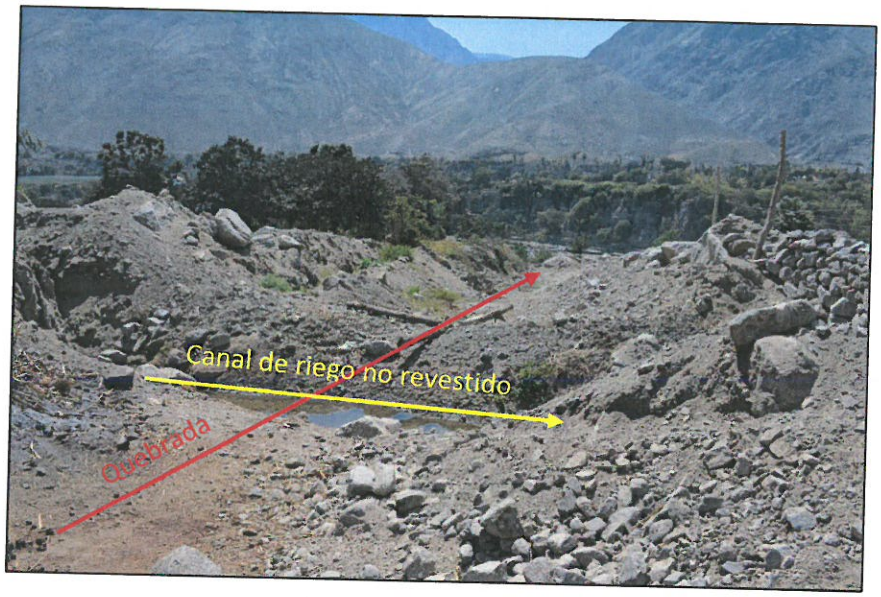


TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JUJO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Imagen 5. Cruce del cauce de la quebrada Jacayita con un canal de riego no revestido



2. MODELAMIENTO HIDRÁULICO

2.1. DATOS RECOPILADOS EN LAS QUEBRADAS

Al ejecutar las simulaciones en las quebradas, es necesario recalcar que estas son intermitentes y se encuentran secas la mayor parte del tiempo. Solo se activan durante la temporada húmeda (Diciembre – Abril) y la mayor parte de ellas sólo durante eventos extraordinarios, es decir no se activan ni siquiera anualmente. Cuando estas quebradas se activan generan flujos de alta velocidad con gran cantidad de arrastre de materiales que harían muy peligroso realizar mediciones durante los eventos en los que se genera flujo de escombros. La Imagen 6, que se muestra a continuación y que ha sido extraída de un video, se muestra como ejemplo para la quebrada Jacayita la turbulencia y las altas velocidades que alcanza el flujo, arrastrando partículas de gran tamaño de la quebrada Picamarán. Debido a la falta de instrumentación en la cuenca, poca predictibilidad de estos eventos, alta turbulencia y transporte de sedimentos este tipo de eventos no ha sido documentado. Sin embargo, en el estudio hidrológico se estimaron los caudales en cada quebrada en base a evidencias físicas como marcas de agua, marcas de erosión, etc. Este tipo de información ha sido

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

comparada con los resultados de la modelación hidráulica y la aproximación es adecuada.

Imagen 6 Vista de Quebrada Picamarán, en Cañete. Nótese la turbulencia del flujo caótico. Fuente: Panamericana Televisión (2017)



2.2. MODELO NUMÉRICO BIDIMENSIONAL

En la actualidad los modelos numéricos, ayudados con la capacidad de procesamiento de los ordenadores, permiten adecuarse a un esquema en dos dimensiones (2D), superando los modelos 1D, y ayudándonos a cuantificar parámetros hidráulicos; sobre todo cuando se trata de simulaciones hechas sobre grandes extensiones de terrenos afectados por el paso del agua.

Iber es un modelo matemático bidimensional de lecho móvil para la simulación del flujo en ríos y estuarios. Fue desarrollado por una serie de instituciones españolas, entre ellas, centros de investigación de las universidades Universidade da Coruña, Universidade de Santiago de Compostela, Universitat Politècnica de Catalunya, y el Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria y promovido por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX. Bladé et al. (2014) describen, de manera sucinta, las consideraciones teóricas y los métodos empleados para resolver las ecuaciones de movimiento. En este

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

documento se resumen las principales consideraciones teóricas y las funciones del programa Iber v2.5.1.

El módulo hidrodinámico de Iber resuelve las ecuaciones de St. Venant bidimensionales, incorporando los efectos de la turbulencia y rozamiento superficial por viento. Las ecuaciones se muestran debajo:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hU_x}{\partial x} + \frac{\partial hU_y}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(hU_x) + \frac{\partial}{\partial x}\left(hU_x^2 + g\frac{h^2}{2}\right) + \frac{\partial}{\partial y}(hU_xU_y)$$
$$= -gh\frac{\partial Z_b}{\partial x} + \frac{\tau_{s,x}}{\rho} - \frac{\tau_{b,x}}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x}\left(\nu_t h\frac{\partial U_x}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\nu_t h\frac{\partial U_x}{\partial y}\right)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(hU_y) + \frac{\partial}{\partial x}(hU_xU_y) + \frac{\partial}{\partial y}\left(hU_y^2 + g\frac{h^2}{2}\right)$$
$$= -gh\frac{\partial Z_b}{\partial y} + \frac{\tau_{s,y}}{\rho} - \frac{\tau_{b,y}}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x}\left(\nu_t h\frac{\partial U_y}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\nu_t h\frac{\partial U_y}{\partial y}\right)$$

Por otro lado, la resistencia al flujo se calcula con la ecuación de Manning, como se presenta debajo:

$$\tau_{b,x} = \rho gh\frac{n^2U_x|U|^2}{h^{4/3}} \quad \tau_{b,y} = \rho gh\frac{n^2U_y|U|^2}{h^{4/3}}$$

en donde h es el tirante, U_x y U_y son las velocidades horizontales promediadas en profundidad, g es la aceleración de la gravedad, ρ es la densidad del agua, Z_b es la cota del fondo, τ_s es la fricción en la superficie libre debida al rozamiento producido por el viento, τ_b es la fricción debida al rozamiento del fondo y ν_t es la viscosidad turbulenta.

Las ecuaciones de aguas someras y las del modelo k-ε se resuelven mediante el método de volúmenes finitos para mallas bidimensionales no estructuradas. Los esquemas numéricos utilizados en Iber son especialmente apropiados para la modelización de cambios de régimen y de frentes seco-mojado (frentes de inundación).

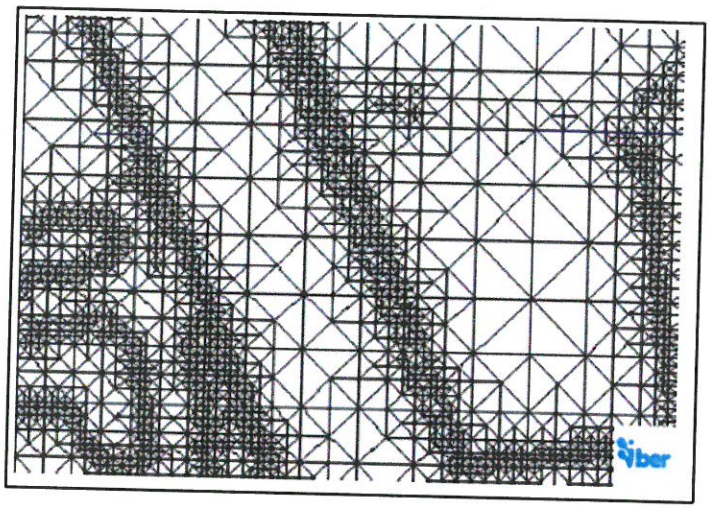
TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

La discretización del dominio espacial se realiza con volúmenes finitos en mallas no estructuradas, admitiéndose estas mixtas formadas por elementos triangulares y cuadrangulares. La Figura 1, que se presenta debajo, muestra una malla de cálculo formada por una Red Irregular de Triángulos Rectángulos (RTIN).

Figura 1. Red de Elementos Triangulares



Se muestra una red de elementos triangulares a los que se les ha dado la forma de triángulos rectángulos. Fuente: Blade et al. (2014).

2.3. TAMAÑO DE LOS ELEMENTOS DE LA MALLA PARA MODELACIÓN HIDRÁULICA 2D

La incorporación de modelos bidimensionales en estudios fluviales es relativamente reciente. Esto se debe, en gran parte, a que el hardware necesario para poder ejecutar estos programas no estaba disponible, en principio, y cuando estuvo disponible, el precio fue elevado. Posteriormente, el costo de los equipos fue disminuyendo. En tiempos recientes la disponibilidad de computadoras personales con un hardware apropiado (por ejemplo, una computadora i9 de décima generación, con procesadores gráficos adecuados) permite ejecutar una simulación de un tramo de río en un plazo razonable (entre horas y dos días). El tiempo de ejecución aumenta con la densidad de las mallas para un mismo

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

tramo. Una simulación adecuada se logra con un balance entre la precisión de las salidas y el tiempo de ejecución. A manera de ejemplo, se incluyen ejemplos de dimensiones de la malla que se han empleado en estudios recientes en la Tabla 2.

Tabla 2. Tamaño de mallas en una serie de estudios de ingeniería y de investigaciones.

Nº	Río	País	Ancho medio (m)	Dimensiones de la malla (m x m)	Tipo de estudio	Nivel de estudio
1	Arroyo de la Almucera	España	250	25 x 25	Inundación	Preliminar
2	Ranchería	Colombia	500	23.4 x 23.4	Inundación	Preliminar
3	Ctalamuchita	Argentina	35	1 x1 a 10 x 10	Puentes	Ingeniería
4	Ica	Perú	60	2.5 a 5	Inundación	Ingeniería

Cabe notar que el tamaño de la malla se encuentra en el orden de 1/10 a 1/30 el ancho del cauce.

El programa también permite definir áreas a las que se puede asignar coeficientes de Manning. Las áreas se definen en base a las fotografías aéreas o satelitales tomando en cuenta la ecuación de Cowan y las tablas existentes en referencias como Chow (1959) u otros.

En los contornos de entrada se fija el caudal de agua y se asume que la dirección del flujo es perpendicular al contorno. En caso de que el flujo entre en régimen supercrítico, se impone adicionalmente el tirante. La distribución del caudal unitario a lo largo del contorno se realiza de forma proporcional al calado en cada punto del mismo según la expresión $q_n = C \cdot h^{5/3}$, donde C es una constante que asegura que la integral del caudal unitario q_n a lo largo del contorno considerado es igual al caudal total de entrada.

En los contornos de salida se impone el nivel de la lámina de agua en caso de que se produzca un régimen subcrítico, mientras que no es necesario imponer

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

ninguna condición en el caso de que el régimen sea supercrítico. En los contornos de salida se considera asimismo la posibilidad de introducir una relación de curva de gasto que defina la relación entre la cota de la lámina de agua y el caudal específico desaguado en cada punto del contorno.

Las condiciones internas son aquellas configuraciones geométricas particulares tales como compuertas, vertederos o puentes que entran en carga. Las ecuaciones de Saint Venant dejan de ser válidas al no cumplirse la distribución hidrostática por lo que se deben emplear aquellas relaciones que relacionan los caudales que pasan con el ancho y la carga de aquellas estructuras.

En la primera versión del programa Iber se incluye un módulo hidrodinámico, un módulo de turbulencia y un módulo de transporte de sedimentos. Se asume que la granulometría es uniforme, por carga de fondo y por carga en suspensión.

Otras capacidades del programa incluyen en las ecuaciones del modelo los efectos de las precipitaciones y del transporte de sedimentos. En general, según los autores del programa, se puede emplear el programa Iber para las siguientes aplicaciones:

- Simulación del flujo en superficie libre en cauces naturales.
- Evaluación de zonas inundables.
- Cálculo de las zonas de flujo preferente.
- Cálculo hidráulico de encauzamientos.
- Cálculo hidráulico de redes de canales en superficie libre.
- Cálculo de corrientes de marea en estuarios.
- Estabilidad de los sedimentos del lecho.
- Procesos de erosión y sedimentación por transporte de material no cohesivo.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

En este estudio el programa Iber se empleará fundamentalmente para definir la extensión de las áreas de inundación y además, estimar los tirantes y velocidades de una manera más detallada que en un modelo unidimensional.

El transporte de sedimentos, tanto en fondo como en suspensión, se calcula mediante ciertas ecuaciones predefinidas. El transporte en fondo se puede calcular tomando en cuenta los siguiente métodos o información: umbral de movimiento de Shields, Meyer- Peter- Müller, Van Rijn, etc. El transporte en suspensión contiene las siguientes funciones:

- Incorporación de transporte por difusión turbulenta.
- Término de deposición/resuspensión.
- Cálculo de la concentración de sedimento en suspensión según las formulaciones de:
    - Van Rijn,
    - Smith McLean, y
    - Ariathurai.
- Cálculo de la velocidad de sedimentación de las partículas según van Rijn.
- Condición de contorno de concentración de sedimento en suspensión variable en tiempo.

Estimación de valor medio de coeficiente de difusión de sedimentos

Una serie de autores han empleado un modelo de difusión-advección fraccional (FADE, siglas en inglés). Nie et al (2017) desarrollaron una serie de métodos para predecir la distribución de la concentración de sedimentos en la vertical. La expresión para calcular el un coeficiente promedio de difusión de sedimentos. La expresión propuesta fue la siguiente:

$$\overline{\varepsilon_{sy}} = \frac{209\kappa u_* h}{1200}$$

Donde: k = constante de von Karman, u_* es la velocidad de corte, h es el tirante o calado en la sección estudiada.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTÍN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

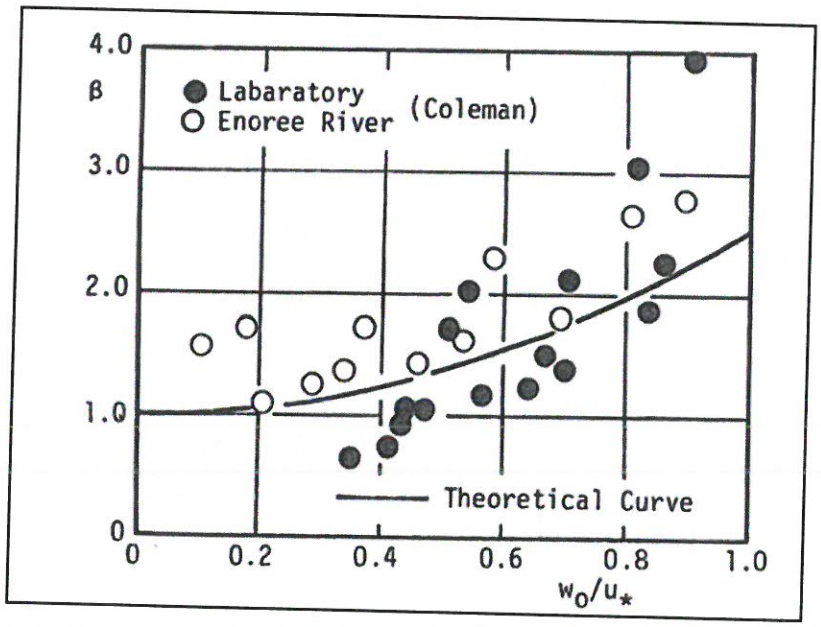
Relación entre b y w_o/u^*

El número de Schmidt es la inversa de β. El valor de β se puede calcular a partir de la siguiente expresión:

$$\beta = 1 + \alpha_1 \left(\frac{w_o}{U_*}\right)^{\alpha_2}$$

Donde w_o es la velocidad de caída estimada del sedimento y U* es la velocidad de corte, es decir la raíz cuadrada del cociente del esfuerzo cortante medio entre la densidad del fluido. Los valores propuestos por Tsujimoto (2010) son α_1 = 1.56 y α_2 = 2, en base a un modelo teórico y que aproximadamente coinciden con los valores propuestos por Kerssens (1979): α_1 = 1.54 y α_2 = 2.12, en base a una relación empírica propuesta en base a datos que Coleman (1970) tomó en el río Enoree.

Figura 2. Relación entre β y el cociente de la velocidad de sedimentación y la velocidad de corte.



Las salidas del programa, en formato ASCII, como el que emplea Arc Info, permite tratar los datos en entorno GIS y presentar las salidas en un formato gráfico amigable con el usuario, diseñadores y tomadores de decisiones.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KURIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

El metodo de volúmenes finitos, incrementa la mejora en la estabilidad y robustez sobre las técnicas de diferencias finitas y elementos finitos, pudiendo manejar adeucadamente situaciones de flujo en regimnenes subcrtiticos, supercriticos y mixtos.

2.4. PARÁMETROS INICIALES DE LA MODELIZACIÓN

A continuación, se describirán los parámetros empleados en el modelo 2D, para el programa IBER; así como la descripción de las particularidades más importantes que presenta el modelo.

2.4.1. TOPOGRAFÍA UTILIZADA

La especialidad de cartografía proporcionó los levantamientos topográficos efectuados mediante LIDAR (Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging). Este procedimiento consiste en determinar los puntos X, Y y Z de la superficie terrestre mediante la emisión y detección de un haz láser que rebota en la superficie y que toma en cuenta las inclinaciones de los ejes del avión con respecto a los tres ejes. En este caso en particular el método es adecuado debido a la escasa vegetación del terreno. En tramos urbanos es necesario tener en cuenta los rebotes que podrían ocurrir con los techos de las edificaciones.

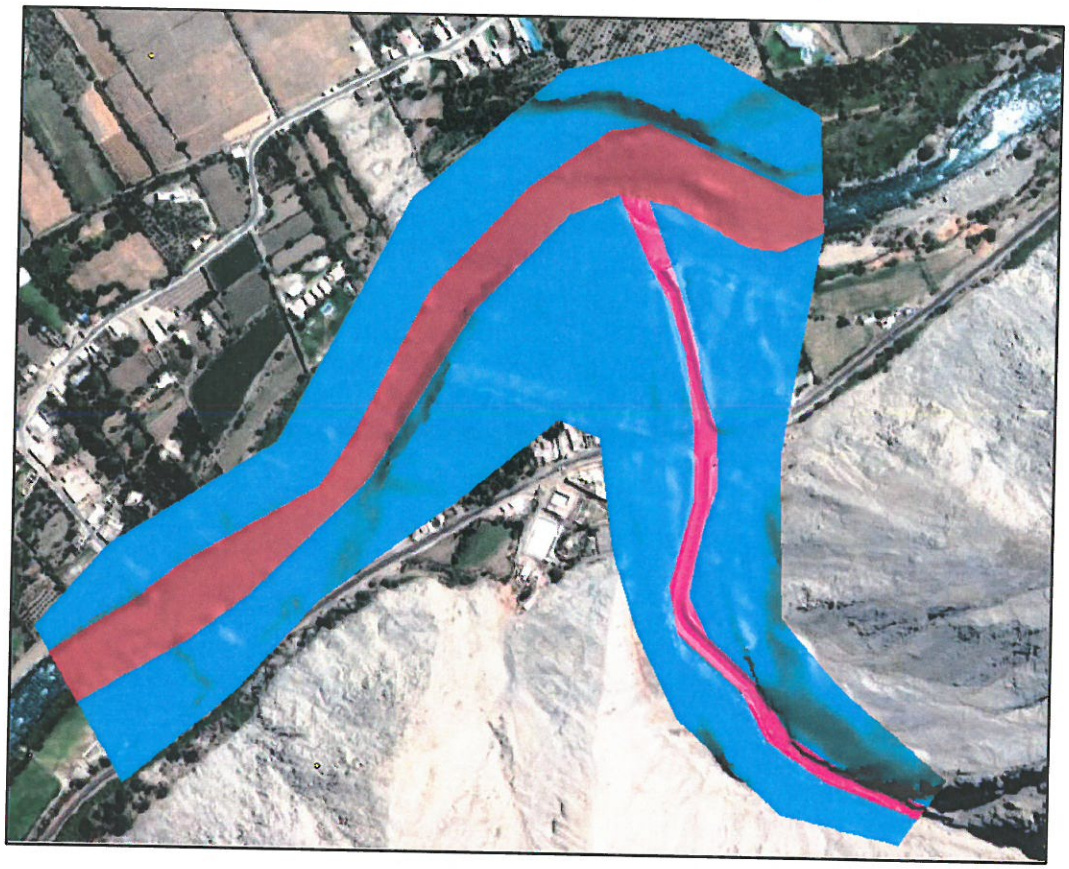
Apartir de esta topografia , se generó la base para el modelamiento hidráulico en el Software IBER; para ello, a la superficie proporcionada, se le dio el formato tipo ASCII, a partir de un formato DEM el cual tiene dimensiones de celda de 0.3 x 0.3 metros y numero de bandas igual a 1.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

ING. JOSÉ MARÍA KURONIYA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Imagen 7. Topografía importada en formato ASCII



2.4.2. PARÁMETROS HIDRÁULICOS

2.4.2.1. HIDROGRAMA DEL CAUDALES MÁXIMOS

Se ha empleado para la simluación hidrogramas de flujo para periodos de retorno T_r = 10, 50, 100 y 500 años, los cuales se han obtenido del informe Hidrológico correspondiente al presente estudio.

La tabla 3, que se presenta a continuación, muestra los valores del hidrograma de caudal máximo de flujo (líquido + sólido) para los diferentes periodos de retorno. Esta información esta asociada a la condición de contorno de entrada , la cual deberá ser empleada en el proceso de simulación:

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Tabla 3 Hidrograma del caudal máximo de flujo (líquido + sólido) - Quebrada Jacayita

Subcuenca 45 Qda. Jacayita	Periodo de Retorno, T_r (años)			
Tiempo	10	50	100	500
00:00	0	0.0	0.0	0.0
01:00	0	0.0	0.0	0.0
02:00	0	0.0	0.0	0.0
03:00	0	0.0	0.0	0.0
04:00	0	0.0	0.0	0.0
05:00	0	0.0	0.0	0.0
06:00	0	0.0	0.0	0.0
07:00	0	0.0	0.0	0.0
08:00	0	0.0	0.0	0.0
09:00	0	0.0	0.0	0.0
10:00	0	0.0	0.0	0.4
11:00	0	0.0	0.1	1.0
12:00	0	0.0	0.2	0.9
13:00	4.5	6.5	7.2	9.1
14:00	4.5	6.5	7.2	9.0
15:00	4.5	6.5	7.2	9.0
16:00	4.5	6.5	7.2	8.9
17:00	4.5	6.5	7.2	8.9
18:00	4.5	6.5	7.2	8.9
19:00	4.5	6.5	7.2	8.8
20:00	4.5	6.5	7.2	8.8
21:00	4.5	6.5	7.2	8.8
22:00	4.5	6.5	7.2	8.8
23:00	4.5	6.5	7.2	8.8
00:00	4.5	6.5	7.2	8.7
01:00	0	0.0	0.1	0.1
02:00	0	0.0	0.0	0.0
03:00	0	0.0	0.0	0.0
04:00	0	0.0	0.0	0.0
05:00	0	0.0	0.0	0.0
06:00	0	0.0	0.0	0.0
07:00	0	0.0	0.0	0.0

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Subcuenca 45 Qda. Jacayita	Periodo de Retorno, T_r (años)			
08:00	0	0.0	0.0	0.0
09:00	0	0.0	0.0	0.0
10:00	0	0.0	0.0	0.0
11:00	0	0.0	0.0	0.0
12:00	0	0.0	0.0	0.0
13:00	0	0.0	0.0	0.0
14:00	0	0.0	0.0	0.0
15:00	0	0.0	0.0	0.0
16:00	0	0.0	0.0	0.0
17:00	0	0.0	0.0	0.0
18:00	0	0.0	0.0	0.0
19:00	0	0.0	0.0	0.0
20:00	0	0.0	0.0	0.0
21:00	0	0.0	0.0	0.0
22:00	0	0.0	0.0	0.0
23:00	0	0.0	0.0	0.0
00:00	0	0.0	0.0	0.0
01:00	0	0.0	0.0	0.0
02:00	0	0.0	0.0	0.0
03:00	0	0.0	0.0	0.0
04:00	0	0.0	0.0	0.0
05:00	0	0.0	0.0	0.0
06:00	0	0.0	0.0	0.0
07:00	0	0.0	0.0	0.0
08:00	0	0.0	0.0	0.0
09:00	0	0.0	0.0	0.0
10:00	0	0.0	0.0	0.0
11:00	0	0.0	0.0	0.0
12:00	0	0.0	0.0	0.0
13:00	0	0.0	0.0	0.0
14:00	0	0.0	0.0	0.0
15:00	0	0.0	0.0	0.0
16:00	0	0.0	0.0	0.0
17:00	0	0.0	0.0	0.0
18:00	0	0.0	0.0	0.0
19:00	0	0.0	0.0	0.0

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVIAL

Subcuenca 45 Qda. Jacayita	Periodo de Retorno, T_r (años)			
20:00	0	0.0	0.0	0.0
21:00	0	0.0	0.0	0.0
22:00	0	0.0	0.0	0.0
23:00	0	0.0	0.0	0.0
00:00	0	0.0	0.0	0.0

Caudales máximos de flujo para los diferentes periodos de retorno para la quebrada Jacayita

Tabla 4 Caudales máximos

Periodo de Retorno	Qt Total (m^3/s)
10	6.5
50	7.2
100	8.1
500	9.3

2.4.2.2. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ANÁLISIS POR EL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING

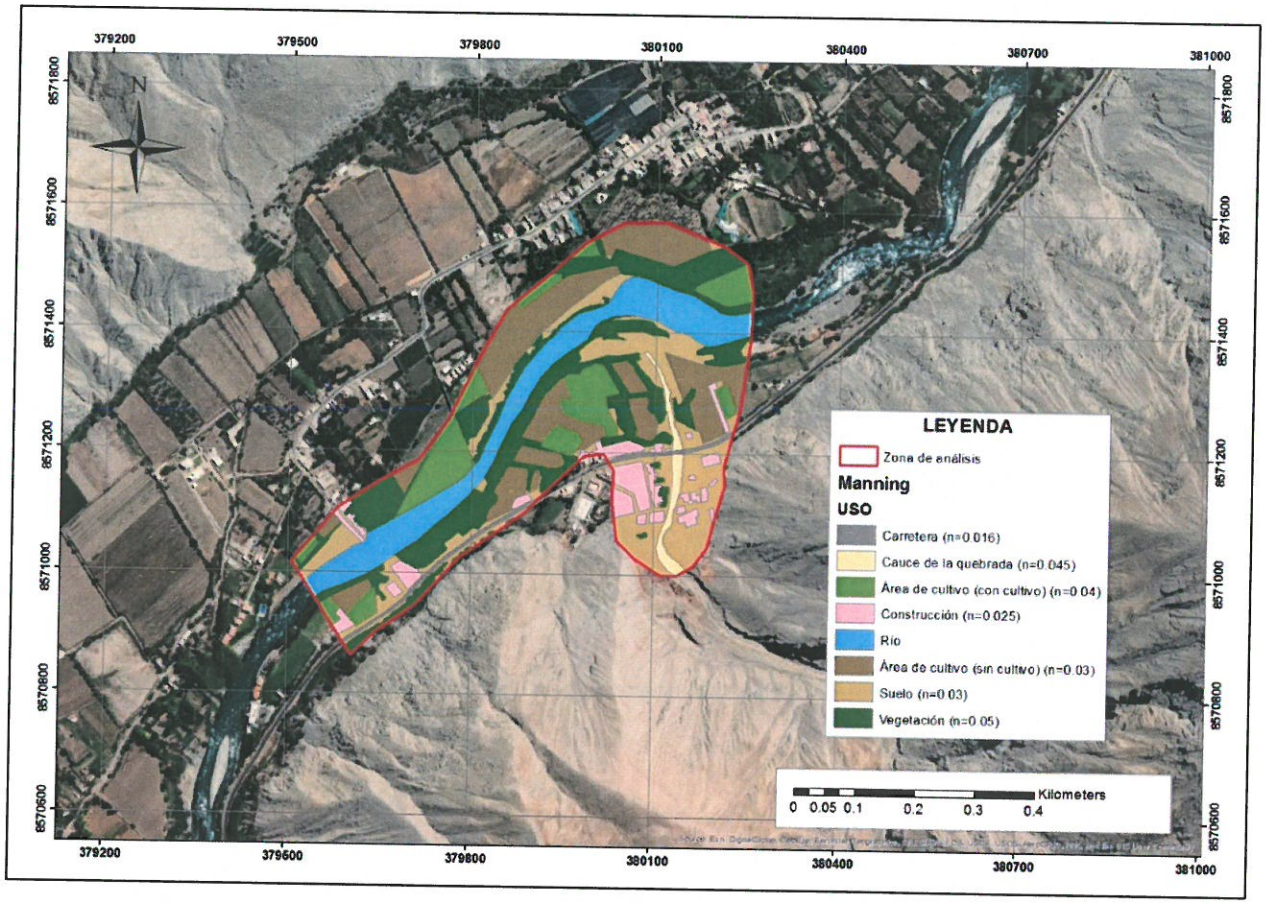
Se ha empleado valores de rugosidad que representan la superficie de la zona analizada, estos valores se pueden ver en la imagen N° 8 (Valores del coeficiente de Manning).

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTÍN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Imagen 8. Valores del coeficiente de Manning para la quebrada Jacayita



Para determinar el valor del coeficiente de Manning del cauce de la quebrada se utilizó el método de Cowan, donde se puedes estimar este mediante la siguiente relación:

$$n = m_5 \times (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)$$

En la siguiente tabla se muestran los valores correspondientes a las variable utilizadas por Cowan:

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Tabla 5. Tabla de Cowan para determinar la influencia de factores sobre el coeficiente n

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		0.050
	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
	Media		0.010 - 0.025
	Alta		0.025 - 0.050
	Muy Alta		0.050 - 0.100
Grado de los efectos por meandro	Menor	m_5	1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

Fuente: Hidraúlica de Tuberias y Canales – Arturo Rocha

Para determinar los valores de influencia de Cowan se realizó una visita de campo a la quebrada Jacayita, donde se pudo observar las condiciones del cauce que presenta esta.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Imagen 9. Vista aguas arriba de la quebrada Jacayita

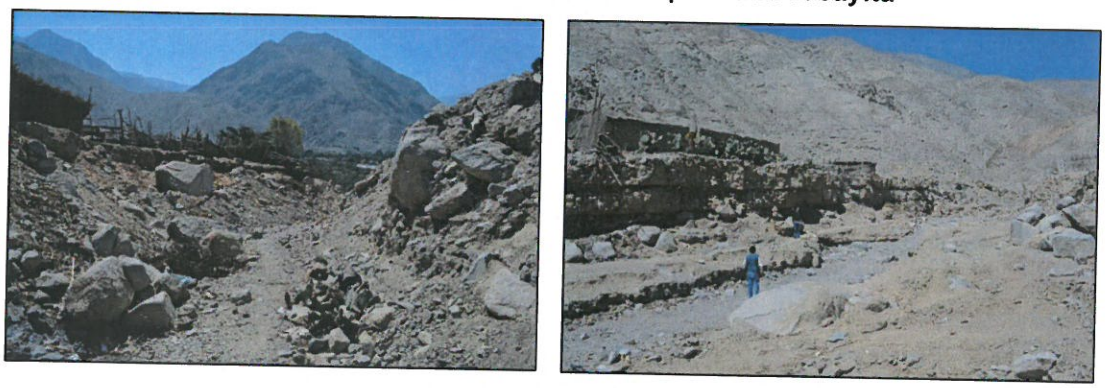


Imagen 10. Vista aguas abajo de la quebrada Jacayita



Como se muestra en las imágenes 9 y 10, el material del cauce de la quebrada Jacayita está compuesto por grava fina y grava gruesa, variación de sección gradual, nivel de obstrucción menor (entre troncos y rocas), vegetación baja y nivel de grado de meandro menor, de esta forma se presenta en la Tabla 5 los valores de influencia de Cowan y se tiene como coeficiente de rugosidad de manning de la quebrada Jacayita (n) igual a 0.045.

Tabla 6. Valores de influencia de Cowan para la quebrada Jacayita

Valores de influencia de Cowan	
n_0	0.025
n_1	0.005
n_2	0.000
n_3	0.010
n_4	0.005
m_5	1.000

Fuente: Elaboración Propia.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42695
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Los valores para las áreas de cultivo, con y sin cultivo fueron obtenidos de la sección D de la tabla de valores de ccoeficientes de Rugosidad de Manning (n) de Hydraulic Design of Safe Bridges.

Tabla 7. Valores de coeficientes de Rugosidad de Manning - FHWA 2012

TIPO DE CANAL		MÍNIMO	NORMAL	MÁXIMO
D.2 PLANICIES DE INUNDACIÓN	a. Con pasto sin arbusto			
	Pastizales bajos	0.025	0.030	0.035
	Pastizales altos	0.030	0.035	0.050
	b. Áreas cultivadas			
	Sin cultivo	0.020	0.030	0.040
	Cultivos en línea maduros	0.025	0.035	0.045
	Con cultivo	0.030	0.040	0.050
	c. Matorrales			
	Matorrales dispersos, mucha maleza	0.035	0.050	0.070
	Pocos matorrales y árboles en invierno	0.035	0.050	0.060
	Pocos matorrales y árboles en verano	0.040	0.060	0.080
	Matorrales medios a densos en invierno	0.045	0.070	0.110
	Matorrales medios a densos en verano	0.070	0.100	0.160
	d. Árboles			
	Sauces densos, rectos y en verano	0.110	0.150	0.200
	Terreno limpio, con troncos sin retoños.	0.030	0.040	0.050
	Igual que el anterior, pero con gran cantidad de retoños.	0.050	0.060	0.080
	Gran cantidad de árboles, algunos troncos caídos, con poco crecimiento de matorrales, nivel del agua por debajo de las ramas.	0.080	0.100	0.120
	Igual que el anterior, pero con nivel de creciente por encima de las ramas	0.100	0.120	0.160

Fuente: Hydraulic Design of Safe Bridges - FHWA 2012

Por lo tanto se tiene los siguientes coeficientes de rugosidad de Manning para las llanuras de inundación.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVIAL

Tabla 8. Coeficiente de rugosidad de Manning para las llanuras de inundación de la quebrada Jacayita

Valores de Manning (n)	
Área Cultivada sin cultivo	0.030
Área Cultivada con cultivos	0.040
Matorrales dispersos, mucha maleza	0.050

2.4.3. DIMENSIONAMIENTO DE LA MALLA

El proceso de calibración de un modelo bidimensional parte del tipo y tamaño de malla adecuado para la modelación hidraulica; los ríos y las quebradas tienen una geometria irregular y la construcción de una malla eficiente no es evidente, ante ello es deseable que la malla sea irregular, con el fin de mimimizar el número de elementos con transición suaves; para ello son muy adecuados los métodos de mallado basados en el error cordal (máxima distancia entre el terreno original y la malla). Por ello Iber incorpora las capacidades estándar de mallado de GiD, como la creación de mallas estructuradas y no estructuradas de triangulos y de cuadrilateros. Las mallas estructuradas estan formadas por elementos cuadrangulares ordenados en filas y columnas, no obstante, resulta complejo adaptarlas a geometrias irregulares.

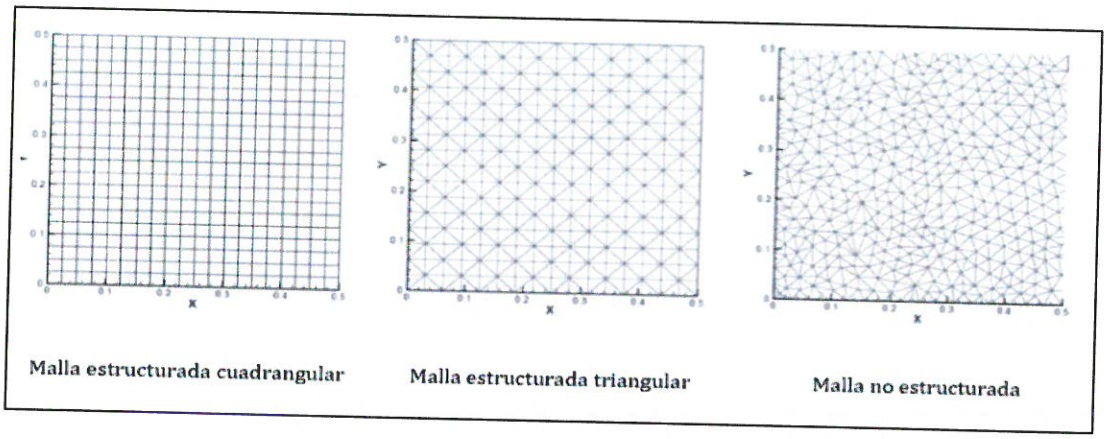
Para el presente estudio y análisis se utilizarán mallas no estructuradas las cuales estan formadas por elementos de cualquier forma, la ventaja es que se adaptan a cualquier geometria como son la simulación de rios y llanuras.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Figura 3. Tipos de mallas



Una vez definido el tipo de malla a utilizar se procedió a distinguir en zonas la superficie para realizar el proceso de discretización para el dominio de cálculo; a cada zona se le asignará un tamaño de malla diferente, bajo la condición de que, en zonas mas sensibles de afecciones o de detalle se asignarán tamaños de malla más pequeños y en zonas con menor apremio un tamaño de malla mayor. Es importante mencionar que dicho tamaño de malla debe ser coherente con el tamaño de resolución del DEM que se ha utilizado para el el modelamiento, por lo que no se podria colocar un tamaño de malla menor ya que seria incongruente al momento del analisis.

Por lo expuesto anteriormente se asignó los siguientes tamaños de mallas según las zonas. Se entiende que el objetivo principal del presente documento es el análisis en la zona del cauce de la quebrada.

Tabla 9. Discretización y refinamiento de malla según zonas de estudio.

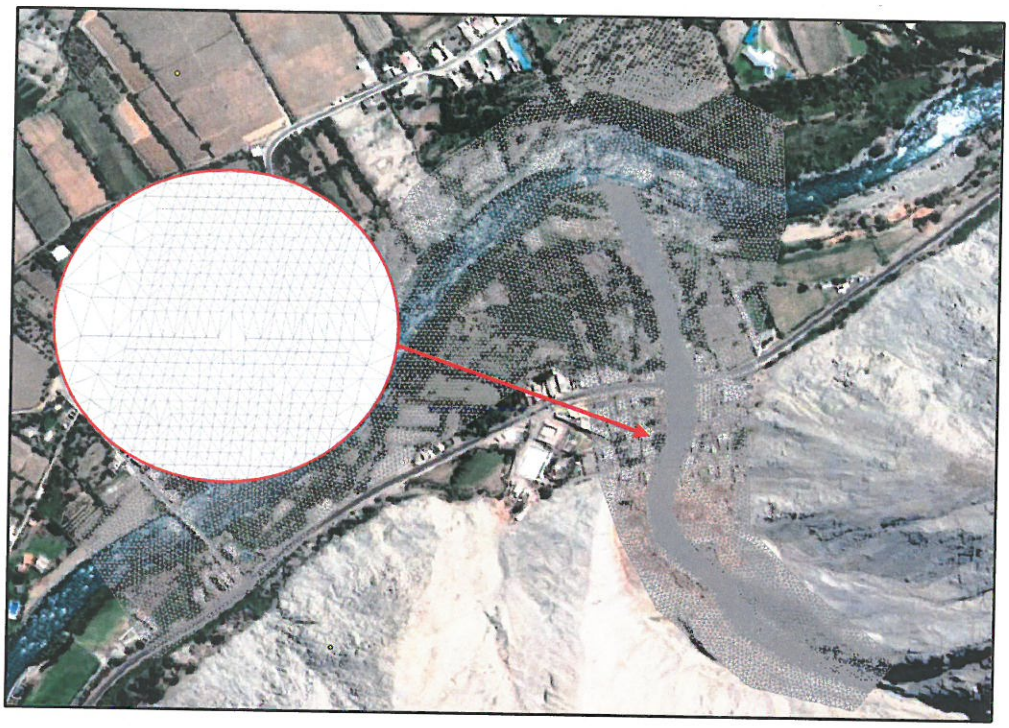
ZONAS	TAMAÑO DE MALLA
Cauce de Quebrada	1.00 m x 1.00 m
Llanuras de Inundación y zona de río	5.00 m x 5.00 m

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Imagen 11. Refinamiento de malla según zonas



2.5. EJECUCIÓN DEL MODELO 2D

2.5.1. CONDICIONES DE CONTORNO DEL FLUJO

Se pueden imponer diferentes tipos de condiciones de contorno para que las ecuaciones utilizadas por el programa estén bien planteadas desde el punto de vista matemático. El número de condiciones a imponer en los contornos depende de si se trata de un contorno de entrada o de salida de flujo, así como del tipo de régimen, así pues, si se considera que el flujo es del tipo supercrítico o subcrítico las condiciones serán distintas para cada caso.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Cuadro 1 Condiciones de contorno implementadas en los contornos abiertos

Contorno		Régimen	Condiciones impuestas
Entrada	Caudal total	Subcrítico / Crítico	Caudal total en dirección normal al contorno
		Supercrítico	Caudal total en dirección normal al contorno y velocidad media
	Caudal específico	Subcrítico / Crítico	Caudal específico en dirección normal al contorno
		Supercrítico	a) Caudal específico en dirección normal al contorno y calado b) Caudal específico en dirección normal al contorno y cota de agua
Salida		Subcrítico	a) Calado b) Cota de agua c) Vertedero (cota y coeficiente de descarga) d) Curva de gasto
		Supercrítico / Crítico	No es necesario imponer ninguna condición

Fuente: Manual referencia Hidráulico - Iber

Teniendo en cuenta estos requerimientos para poder identificar el tipo de flujo en cuanto a las quebradas se realizó un primer análisis mediante el uso del software HEC-RAS, el cual nos permitirá determinar de manera a priori el tipo de flujo mediante el valor del número de Froude, y de esta manera poder establecer qué tipo de condición de contorno es ideal colocar al modelo y obtener valores más reales.

Es así que para la quebrada Jacayita, se obtuvo el siguiente resultado para los distintos periodos de retorno.

Tabla 10. Valores de Froude según periodo de retorno en zona de estudio

Quebrada	TR	Q pico (m^3/S)	N° FROUDE EN TRAMO DE ESTUDIO
Jacayita	10	4.5	Mayor a 1
	50	6.5	Mayor a 1
	100	7.2	Mayor a 1
	500	9.1	Mayor a 1

Fuente: Elaboración Propia.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

La tabla de resultados para cada periodo de retorno se presentará en el anexo correspondiente al presente estudio; así pues, se determina que el flujo presente en esta quebrada es un flujo super crítico, por lo que, la condición de contorno de entrada inicial al programa IBER es: Caudal total y velocidad; ver cuadro N°1; la velocidad inicial requerida como parámetro de entrada al programa IBER fue determinada mediante el uso del Software HEC RAS, en la primera sección de análisis.

Tabla 11. Valores de Velocidad según periodo de retorno en la primera sección de análisis

Quebrada	TR	Q pico (m3/S)	V Inicial (m/s)
Jacayita	10	4.5	2.44
	50	6.5	2.82
	100	7.2	2.93
	500	9.1	3.21

Fuente: Elaboración Propia.

Es importante mencionar que los modelos de onda dinámica, como el caso del presente estudio tienden a estabilizarse debido a las ecuaciones que la rigen, por lo que el análisis previo mediante el uso del SOFTWARE HEC RAS para la determinación de parámetros iniciales es considerado válido para el nivel del presente estudio.

Los valores a ingresar como condiciones de contorno Inicial y final al modelo IBER serán Q total y velocidad en la sección inicial del tramo y en la salida no será necesario imponer ninguna condición.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

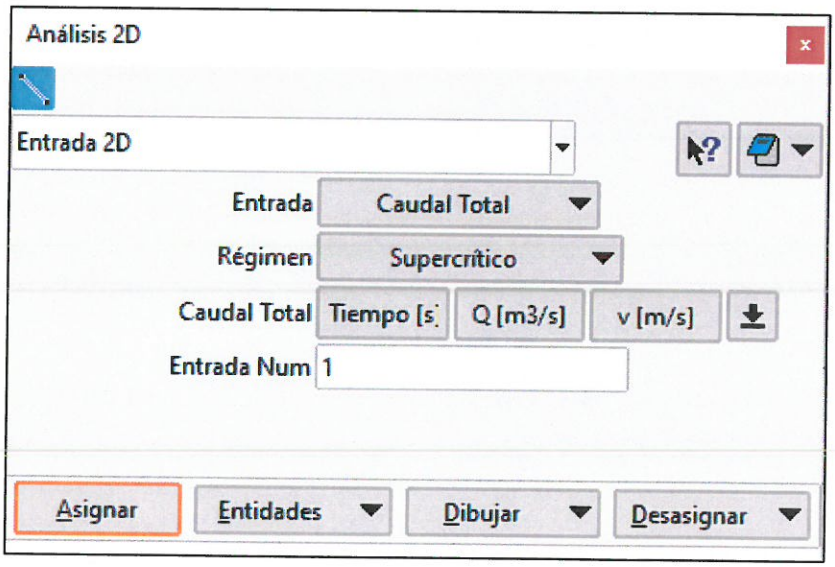
Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Cuadro 2. Condiciones de contorno seleccionadas para el modelo IBER

Contorno		Régimen	Condiciones impuestas
Entrada	Caudal total	Subcrítico / Crítico	Caudal total en dirección normal al contorno
		Supercrítico	Caudal total en dirección normal al contorno y velocidad media
	Caudal específico	Subcrítico / Crítico	Caudal específico en dirección normal al contorno
		Supercrítico	a) Caudal específico en dirección normal al contorno y calado b) Caudal específico en dirección normal al contorno y cota de agua
Salida		Subcrítico	a) Calado b) Cota de agua c) Vertedero (cota y coeficiente de descarga) d) Curva de gasto
		Supercrítico / Crítico	No es necesario imponer ninguna condición

Para el modelo se tiene el siguiente paquete de condición de contorno en la entrada, considerando un flujo supercrítico:

Imagen 12. Condición de contorno en la entrada para la quebrada Jacayita



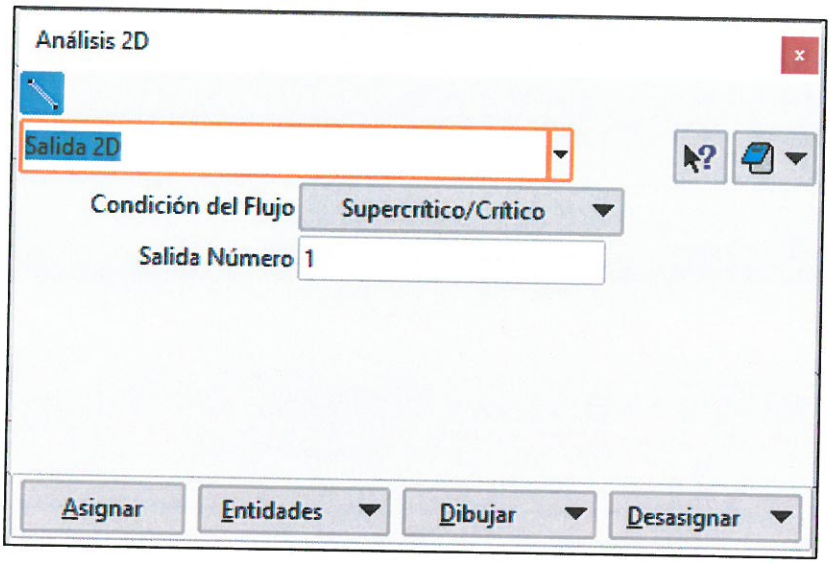
TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLU

De la misma manera, se ha asociado una condición de contorno de salida, la cual para el presente modelo se utilizó una condición de flujo Supercrítico/ Crítico.

Imagen 13. Condición de contorno de salida para la quebrada Jacayita



2.5.2. TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

En el módulo de transporte de sedimento se resuelven las ecuaciones de transporte por carga de fondo y por carga en suspensión. Teniendo en cuenta ambos modos de transporte se calcula la evolución de la cota del fondo debido a procesos de sedimentación y erosión. En todos los casos se consideran granulometrias uniformes.

- El caudal sólido de fondo se calcula mediante formulaciones empiricas en función de la tensión de fondo. Para el módulo de transporte de sedimentos por carga de fondo se escogio la formula empírica correspondiente a Meyer – Peter y Müller (1984), la cual presenta las siguientes características:

Fórmula de Meyer- Peter y Müller (1948)

Meyer-Peter y Müller desarrollaron una ecuación empírica a partir de estudios efectuados en aforadores con gastos que fluctuarán de 0.002 a 2 m^3/s, pendiente

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO ELAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KURONIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIA

de 0.004 a 0.2 y con tirante de 0.01 a 1.2 m. Los experimentos se condujeron con materiales naturales y sintéticos cuyo diámetro osciló entre 0.4 a 30 mm.

Es conveniente utilizarla para cauce con arena con diámetro mayor de 0.0002 m, hasta grava gruesa con diámetro < de 0.03 m; la fórmula es recomendada para ríos de montaña, pendiente aproximada de 1.2 % y rugosidades medias.

Otros autores mencionan, la ecuación de Meyer- Peter y Müller fue propuesta a partir de información experimental de laboratorio con partículas de sedimento relativamente grueso, en el rango de arenas a gravas y con granulometría uniforme y también mezclas de sedimentos de distintos tamaños. Se recomienda su aplicabilidad en cauces anchos (B/h > 40) y materiales gruesos, donde d_s corresponde a d_{50}. (*Ref. Hidráulica Fluvial y Transporte de Sedimentos, Yarko Niño. 2005*).

$$g_B = 8\gamma_s\left(g\left(\frac{\gamma_s}{\gamma_s - \gamma}\right)D^3\right)^{0.5}\left[\frac{n_s}{n}^{1.5}\,\tau_* - 0.047\right]^{1.5}$$

$$n_s = \frac{D_{90}^{1/6}}{26}$$

Donde,

g_B:	gasto sólido de fondo unitario	Kgf/m
D:	diámetro de la partícula (dm, d_{50} ... etc)	m
G:	aceleración debido a la gravedad	m^2/s
Γ :	peso específico del agua	Kgf/m^3
γ_s :	peso específico del suelo	Kgf/m^3
r_* :	número adimensional de Shields	
q :	profundidad del flujo	
n :	coeficiente de Manning	
n_s:	coeficiente de Manning debido a la partícula	

- En el transporte en suspensión se calcula resolviendo la ecuación de convección y difusión promediada en profundidad para la concentración de sedimento, incluyendo un término de deposición/ resuspensión que modela el intercambio de sedimento entre el lecho y la carga en suspensión. Se analizó a partir de la fórmula empírica de Van Rijn.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Fórmula de Van Rijn (1984)

La ecuación de Van Rijn fue derivada a través de análisis teóricos y verificados con datos de laboratorio y de campo utilizando sedimentos uniformes con diámetros de partículas comprendidos entre 0.2 mm y 2 mm. (Quincho, 2015).

g_B cuando $T < 3$

$$g_B = 0.053\,\gamma_s \left[g\left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}\right) D_{50}^3\right]^{0.4} T^{2.1} v^{0.2}$$

g_B cuando $T \geq 3$

$$g_B = 0.1\,\gamma_s \left[g\left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}\right) D_{50}^3\right]^{0.5} T^{1.5} D_*^{-0.3}$$

Donde,

g_B	gasto sólido total unitario	Kgf/m
D	diámetro de la partícula (d_{50}.)	m
g	aceleración debido a la gravedad	m^2/s
γ	peso específico del agua	Kgf/m^3
γ_s	peso específico del suelo	Kgf/m^3
S	pendiente media de la cuenca	
r_o	esfuerzo cortante que el flujo ejerce en el fondo	Kgf/m^2
r_c	esfuerzo cortante critico en el fondo, necesario para iniciar el movimiento de las partículas	Kgf/m^3
D_*	número adimensional de la partícula	m
V	viscosidad cinemática del agua	m/s
T	adimensional	

Así mismo se tuvo en cuenta los siguientes coeficientes:

Tabla 12. Coeficiente de difusión de sedimentos

Quebrada	y_{100} (m)	S_o	u* (m/s)	e_s (m^2/s)
Picamarán	1.30	0.0612	0.883	0.0800
Condoray	0.90	0.0782	0.831	0.0521
Jacayita	**0.40**	**0.0965**	**0.615**	**0.0171**
San Jerónimo	0.88	0.067	0.761	0.0466

Fuente: Elaboración Propia.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

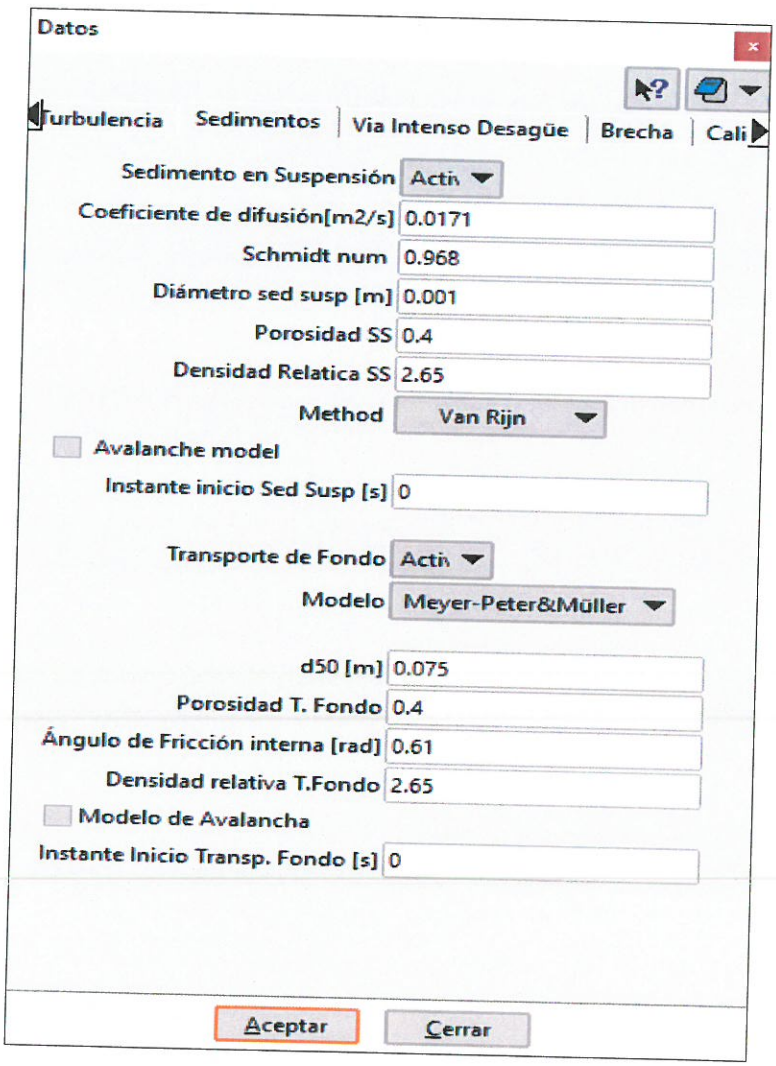
Tabla 13. Número de Schmidt

Quebrada	D susp(mm)	D susp(m)	w_o (m/s)	w_o/u^*	β	N º Schmidt
Picamarán	1	0.001	0.101	0.114	1.015	0.985
Condoray	1	0.001	0.101	0.121	1.017	0.983
Jacayita	**1**	**0.001**	**0.101**	**0.163**	**1.033**	**0.968**
San Jerónimo	1	0.001	0.101	0.132	1.021	0.979

Fuente: Elaboración Propia.

2.5.2.1. PAQUETE DE ANÁLISIS DE SEDIMENTOS

Cuadro 3. Paquete de análisis de sedimentos



TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

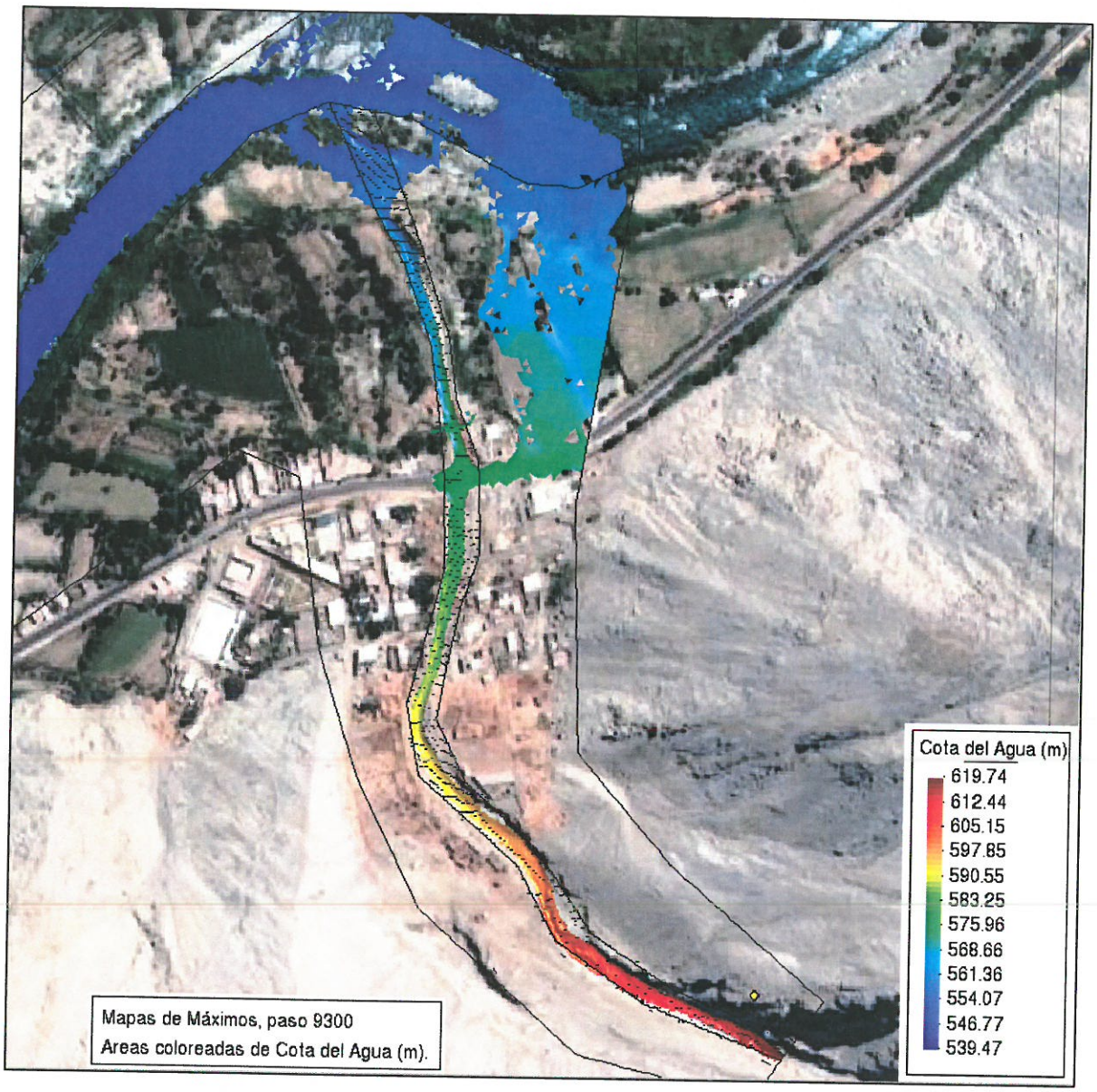
Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

3. RESULTADOS DE LA MODELIZACIÓN SIN SISTEMA DE PROTECCIÓN

La presentación de resulados para los distintos periodos de retornos se podrá apreciar con mayor detalle en los anexos del presente documento.

A continuación, se muestra las salidas para el periodo de retorno de T_r = 100 años.

Imagen 14. Propagación de Flujo, T_r = 100 años.

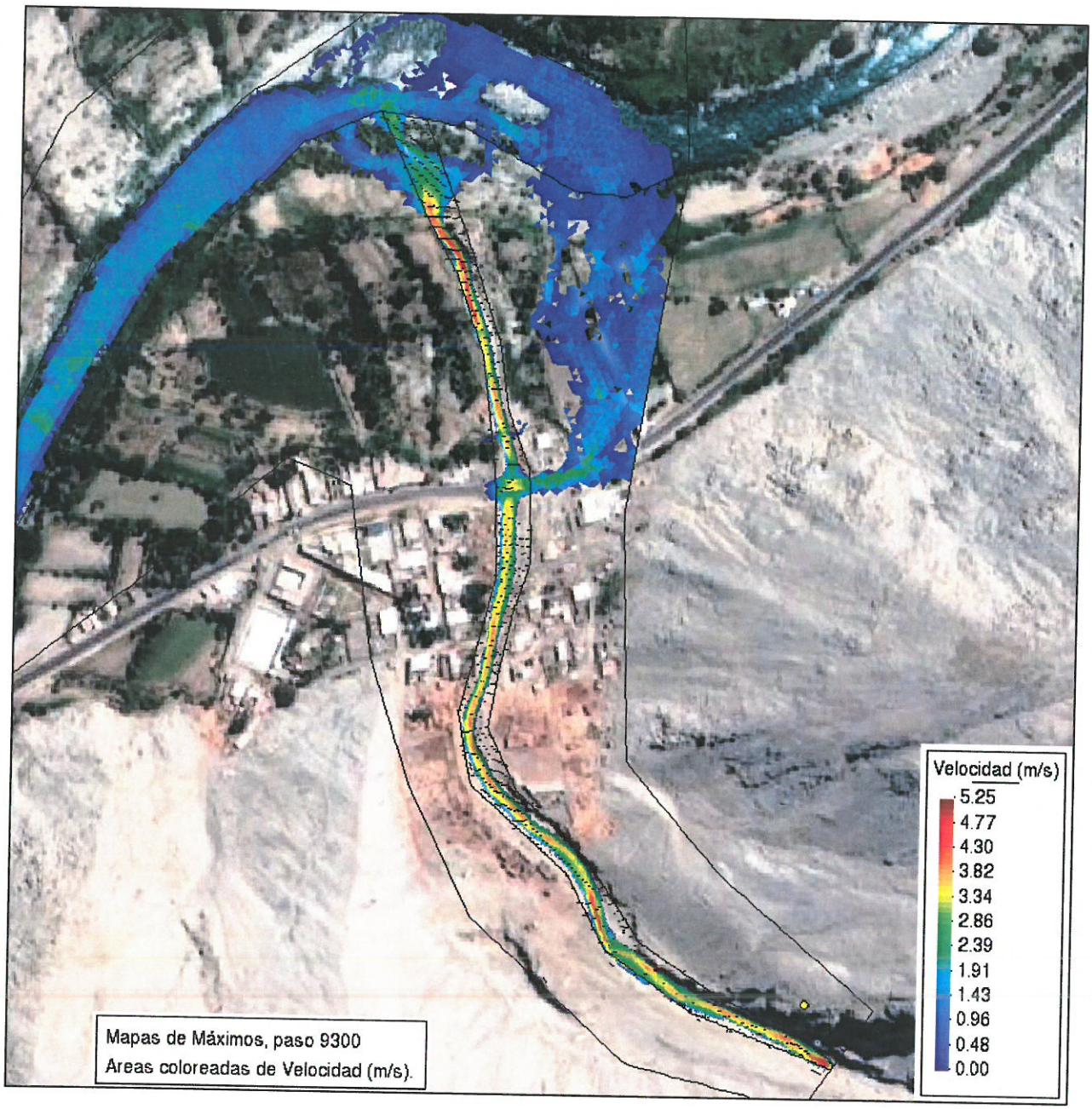


TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Imagen 15. Velocidad Máxima , T_r = 100 años.

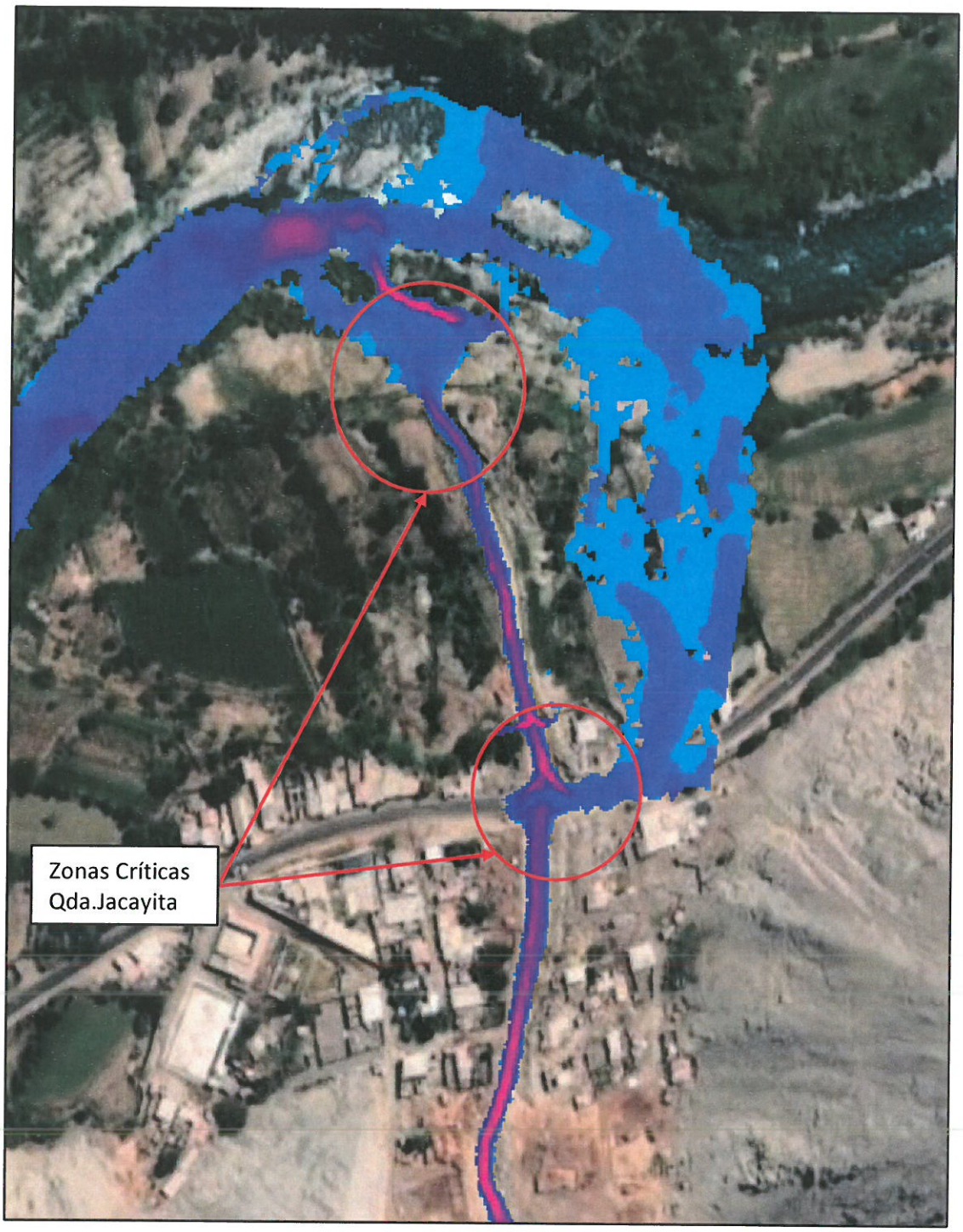


TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Imagen 16. Zona de riesgo



TOMAS AMADEO SÁNCHEZ ROMDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

La pendiente de la carretera en el tramo del cruce de esta con el cauce de la quebrada es de -2.9 %, esto explica el desborde hacia la margen derecha de la quebrada Jacayita.

Imagen 17. Inundación generada por la avenida centenaria.

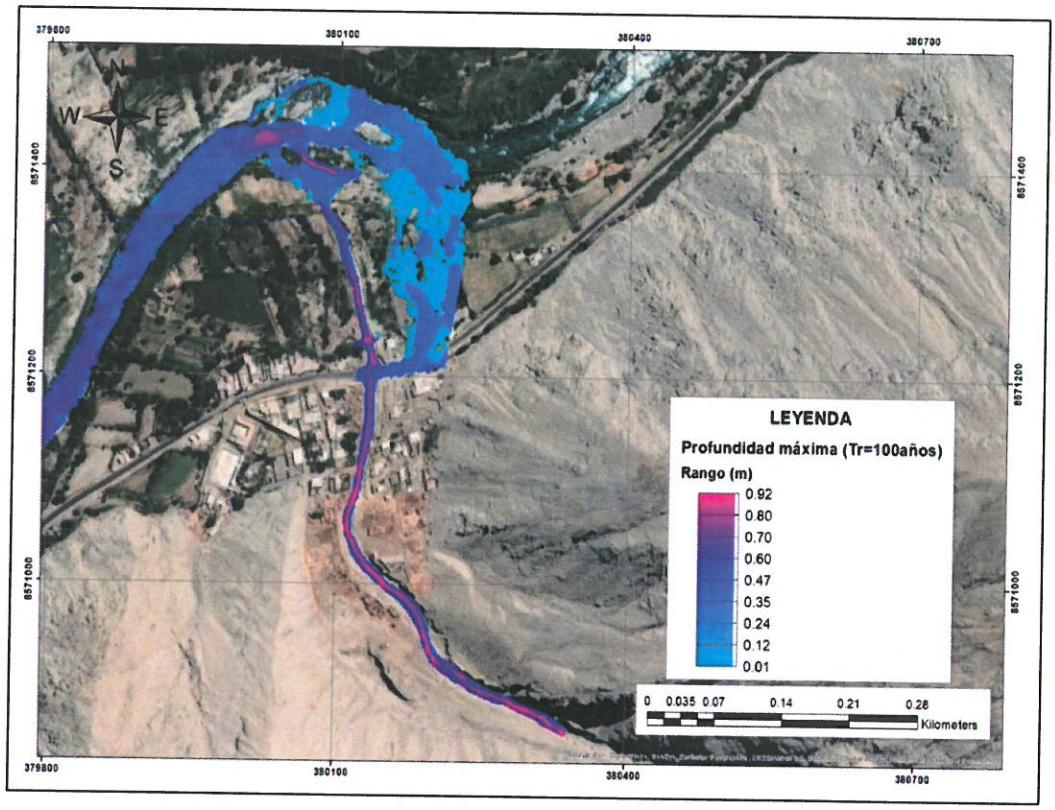
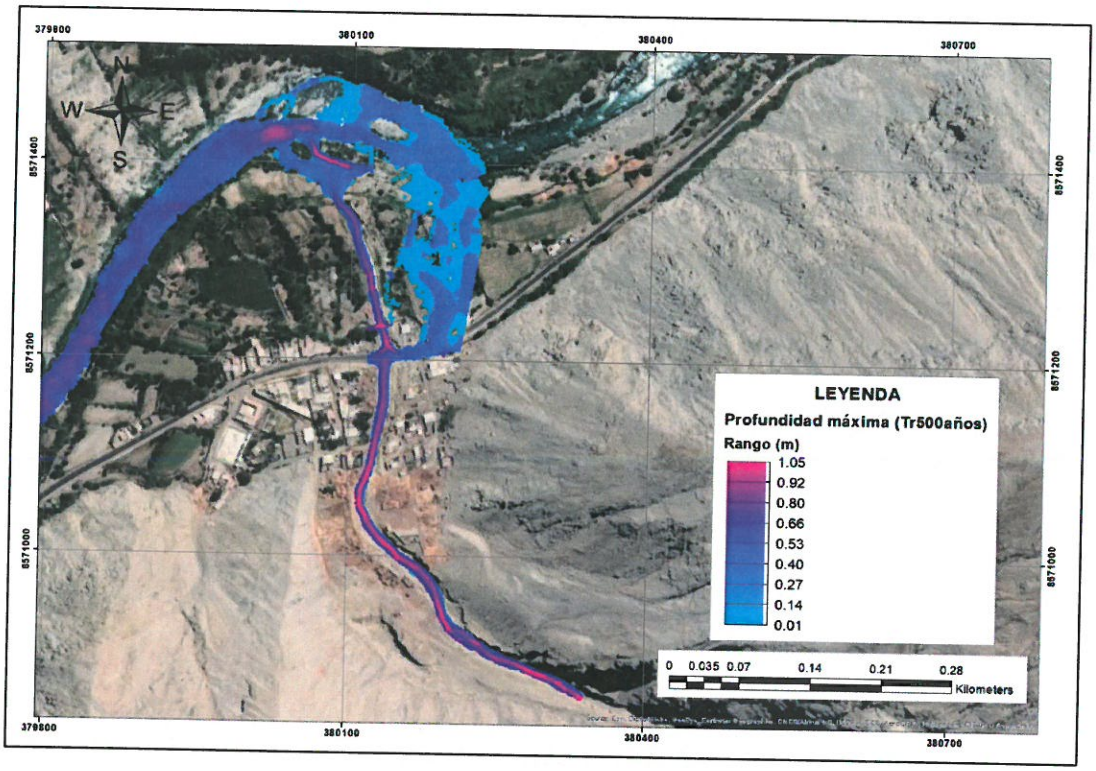


Imagen 18. Inundación generada por la avenida cuyo periodo de retorno es 500 años.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL



Es necesario indicar que la quebrada Jacayita ha sido erosionada tanto en la base como en las márgenes y tiene un ancho que, en la actualidad, permitiría el paso del flujo a través del cauce. Esto también se debería a la intervención que se generó después de la ocurrencia del Niño Costero de 2017. El principal problema son las altas velocidades que se generan en el cauce y la erosión que causaría en las márgenes de la quebrada.

La avenida cuyo periodo de retorno es 50 años inunda áreas adyacentes al cruce de la vía Cañete – Yauyos con la quebrada Jacayita y áreas de cultivo cercanas a la confluencia de la Quebrada Jacayita con el río Cañete. Cuando se simulan las avenidas cuyos periodos de retorno son 100 y 500 años, se generan resultados similares. Los resultados son similares debido a que pendiente de la quebrada es fuerte aún en el tramo final.

Del análisis realizado se pudo apreciar que existen dos zonas donde se producen inundaciones; la primera en el cruce con la carretera, la segunda aguas abajo del cruce con la carretera y agua arriba de la confluencia con el río Cañete.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

4. SISTEMA DE PROTECCIÓN DE LA QUEBRADA JACAYITA

El sistema de protección que se plantea implementar es un sistema de canal de mamposteria a lo largo del cauce de la quebrada, con el fin de proteger las zonas de cultivo y a su vez dar paso a los flujos que se presenten ante posibles eventos extremos. En la zona de intersección entre vías principales y secundarias con la quebrada en estudio se plantea el mejoramiento de los badenes existentes o la construcción de los mismos y de esta manera cumplir con la protección de zonas de cultivos y vías principales. Para el diseño de este sistema se consideró la geomorfologia de la quebrada y los datos resultantes de la modelización de la misma, como son tirantes y velocidades máximas.

Imagen 19. Canal de mampostería de piedra



4.1. CANAL

4.1.1. PENDIENTE LONGITUDINAL

La pendiente longitudinal del canal se estableció siguiendo la pendiente natural del cauce de la quebrada para que no se alteren los procesos geomorfológicos, como la erosión y sedimentación.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Se tiene una longitud de quebrada protegida de 0.42 km. Esta se especifica para las márgenes derecha e izquierda y el cauce en tabla n°13, teniendo así una longitud total de protección de 0.93 km.

4.1.2. SECCIÓN DEL CANAL

Se escogió un canal de tipo trapezoidal con una base de 5 m y un talud del 50 %. Esto se definió en base a la geomorfología del cauce de la quebrada. Tambien se consideró un borde libre de 1 m. En la siguiente imagen se muestra la sección del canal de protección.

Imagen 20. Planta del sistema de defensas para la quebrada Jacayita

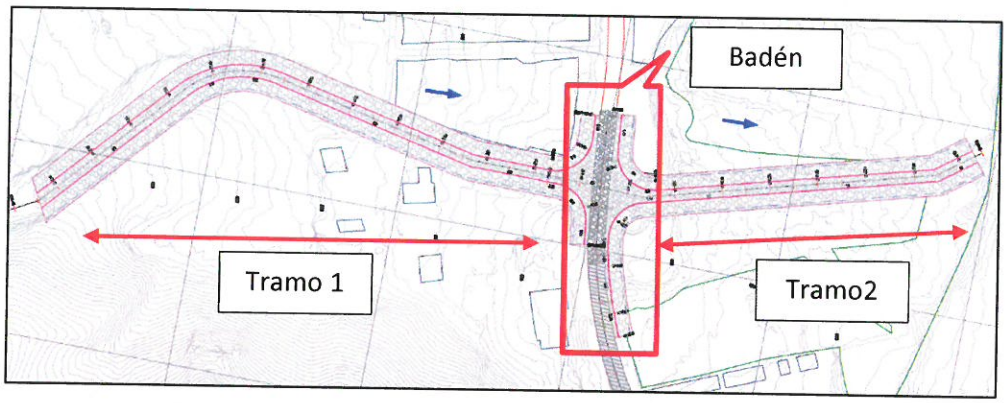


Tabla 14. Longitud de protección del cauce de la quebrada.

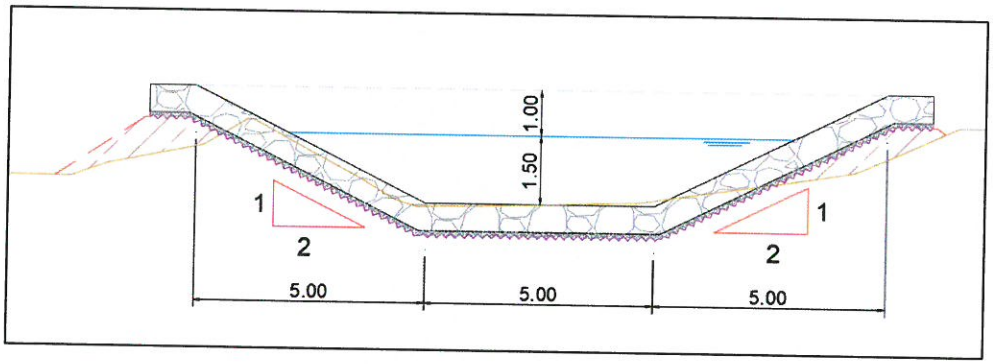
Quebrada	Longitud del Tramo (km)		
	Margen Derecha	Margen Izquierda	Eje-Cauce
Jacayita	0.4796	0.4505	0.4203

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVI...

Imagen 21. Sección típica para la quebrada Jacayita



Un mayor detalle de las presentes obras se encuentran en los anexos planos del presente estudio.

4.2. BADÉN

4.2.1. PENDIENTE LONGITUDINAL DEL BADÉN

El diseño hidráulico del badén debe adoptar pendientes longitudinales de ingreso y salida de la estructura de tal manera que el paso de los vehículos a través de esta estructura sea de manera confortable y no implique dificultades para los conductores y daño a los vehículos. La pendiente longitudinal para el badén de la quebrada Jacayita es de 5%.

La longitud del badén debe ser tal que permita el paso normal de los vehículos, la longitud establecida para la quebrada Jacayita es de 15 m.

El badén de la quebrada jacayita se encuentra ubicado en un tramo de la carretera cuya pendiente es de -2.9 % para la margen derecha de la quebrada por lo que el badén se eleva y prolonga.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Imagen 22. Planta del badén de la quebrada Jacayita

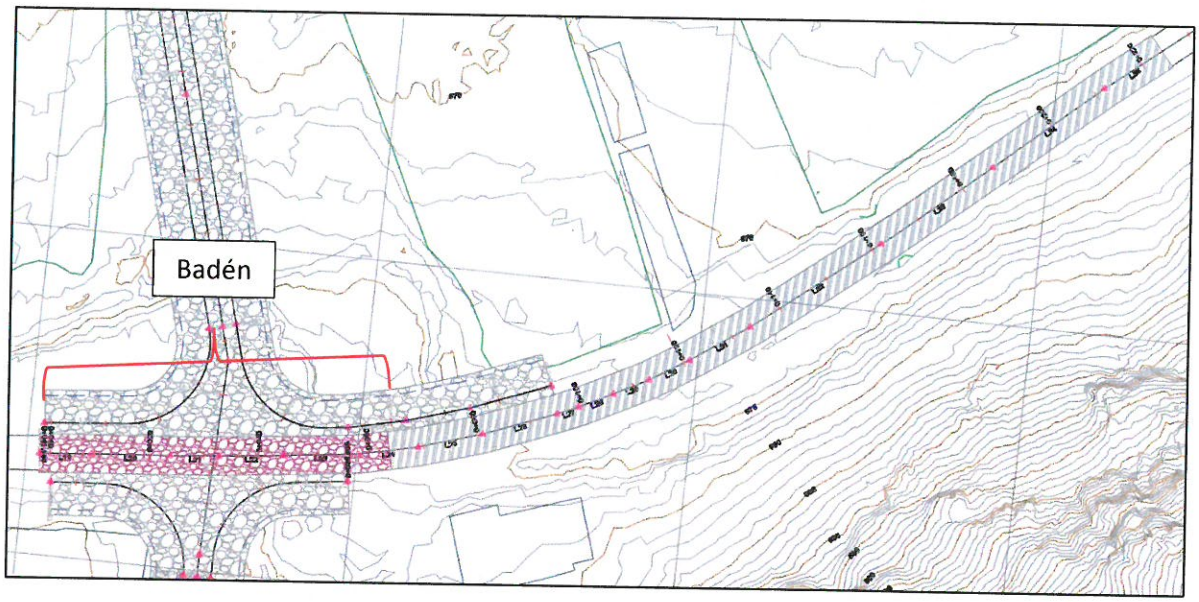
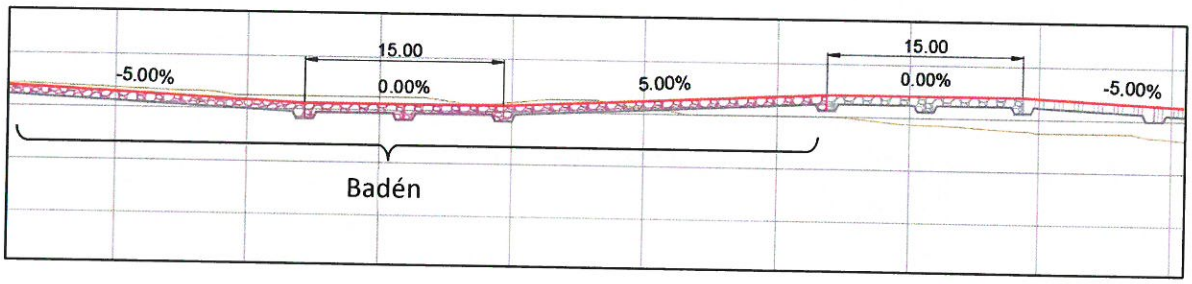


Imagen 23. Perfil del badén de la quebrada Jacayita



5. RESULTADOS DE LA MODELIZACIÓN CON ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN

La presentación de resulados para los distintos periodos de retornos se podrá apreciar con mayor detalle en los anexos del presente documento.

A continuación se muestra las salidas para el periodo de retorno de T_r = 100 años.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ALEJANDRO UGARTE ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KURONIWA TEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Imagen 24. Propagación de Flujo , T_r = 100 años.

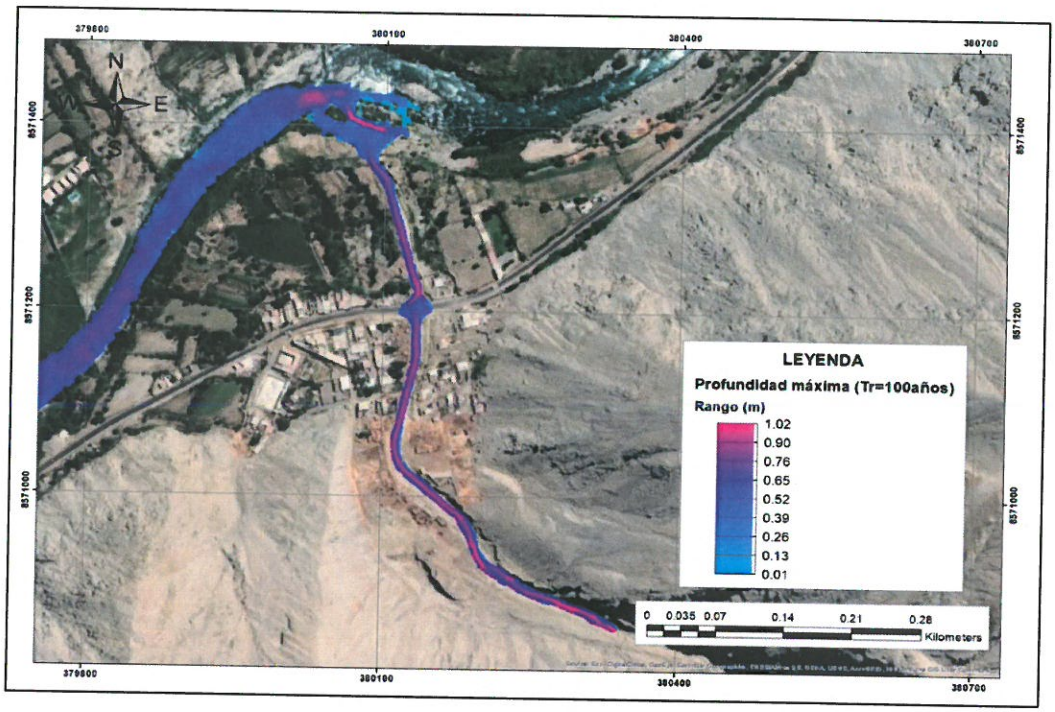
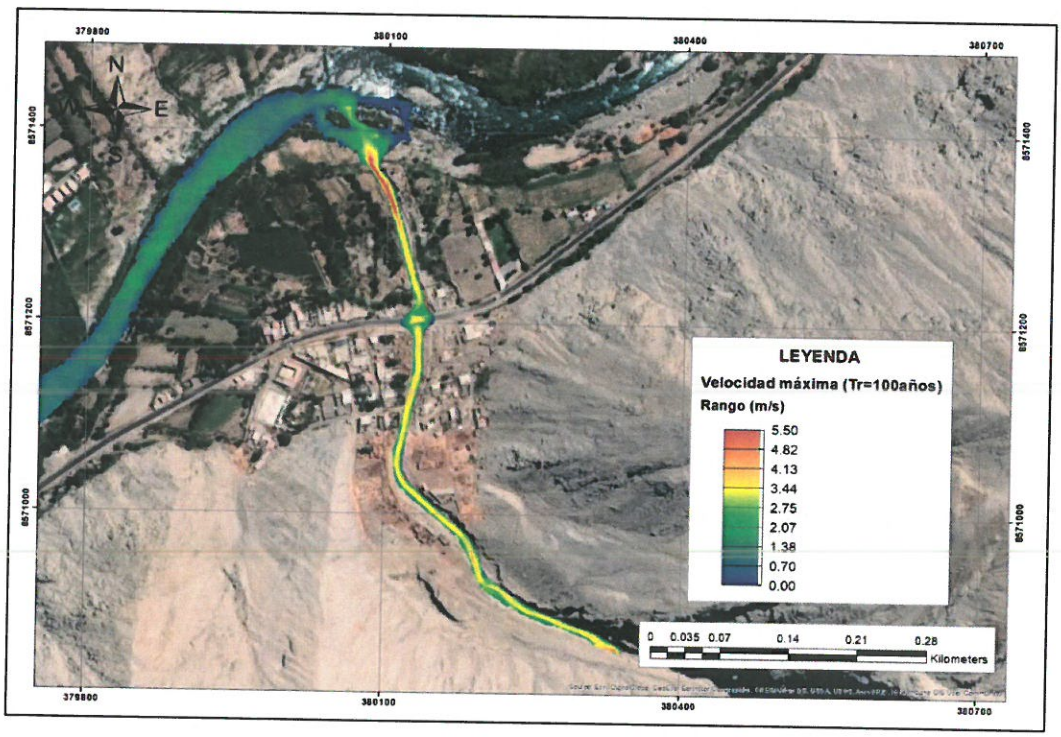


Imagen 25. Velocidad Máxima , T_r = 100 años.



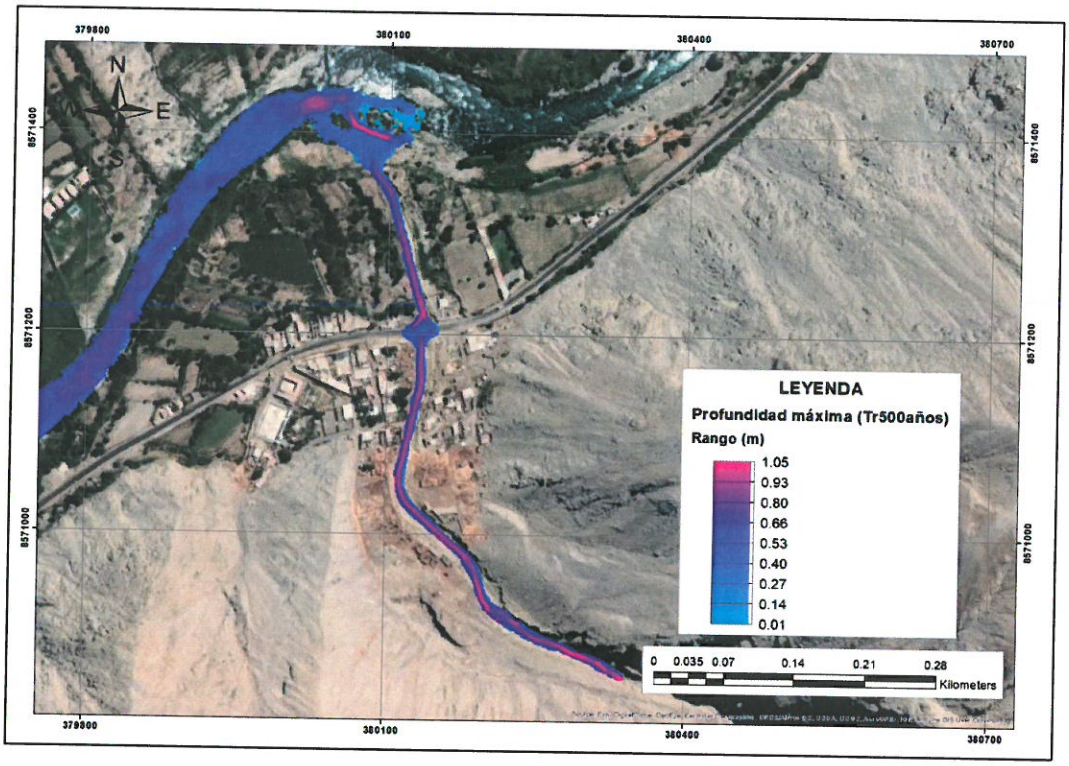
TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 75289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KURDIVA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

A continuación, se muestra las salidas para el periodo de retorno de T_r = 500 años.

Imagen 26. Tirantes Máximos , T_r = 500 años.

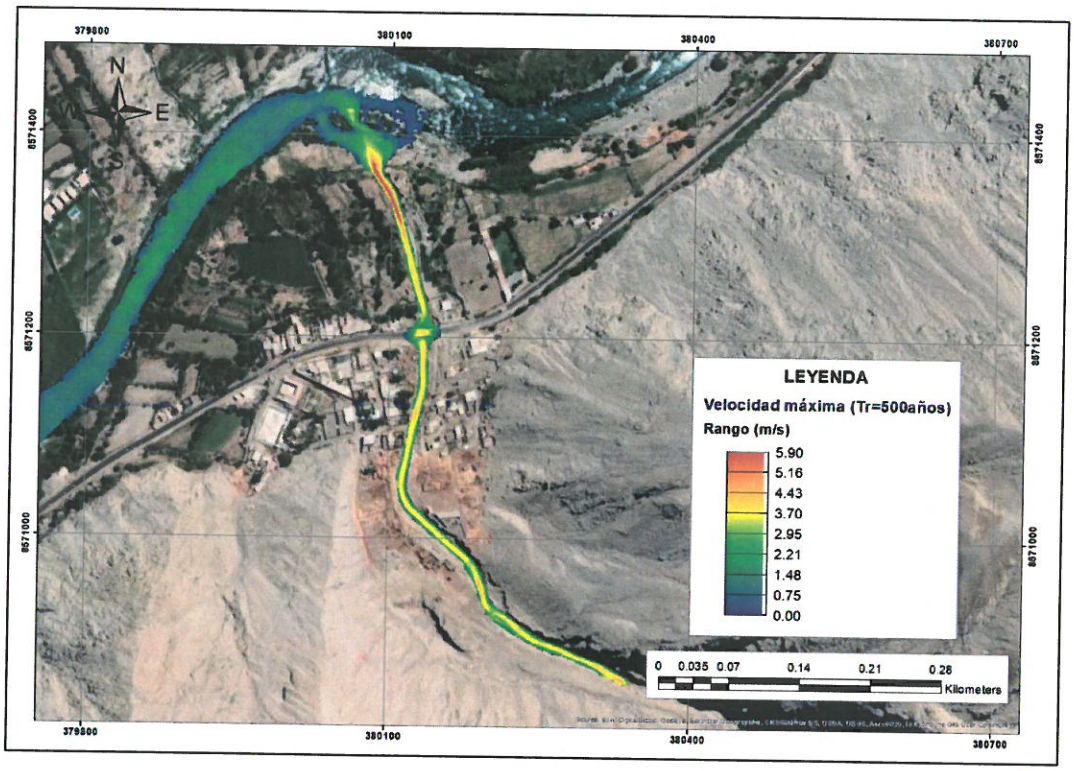


TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Imagen 27. Velocidad Máxima , T_r = 500 años.



Se presentan los mapas de propagación de flujo, donde se verifica la solución propuesta. El diseño de las defensas fue elaborado para un periodo de retorno de 100 años. Se verificó que las defensas propuestas permiten el paso del flujo tanto en la quebrada como en la zona de cruce (badén) sin presentar desbordes significantivos, con lo cual se cumple con los objetivos del presente estudio.

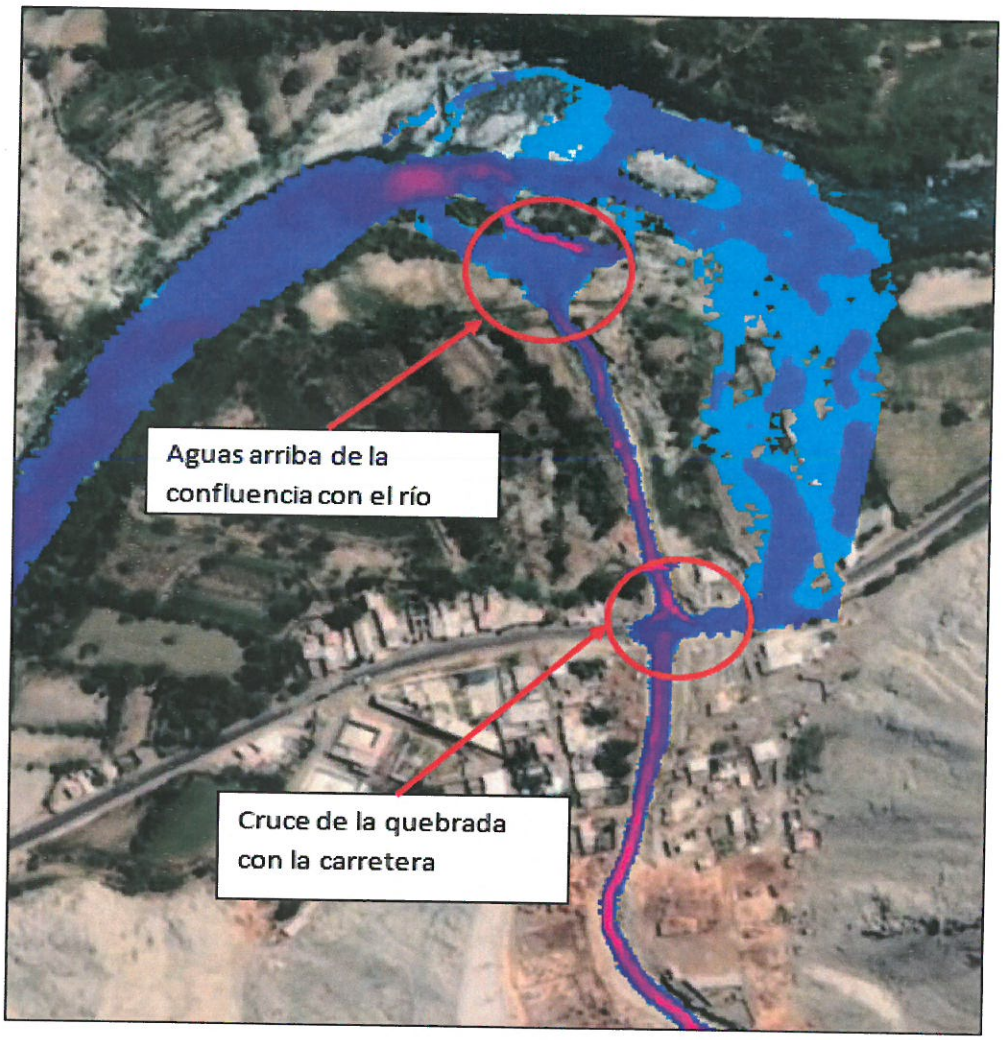
6. CONCLUSIONES

- Se pudo determinar sectores vulnerables al momento de visualizar los resultados de las salidas de la modelación hidráulica. Estos sectores coinciden plenamente con los sectores afectados severamente por los flujos de escombros y que fueron identificados en la inspección realizada en la zona de estudio.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ ROMAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL



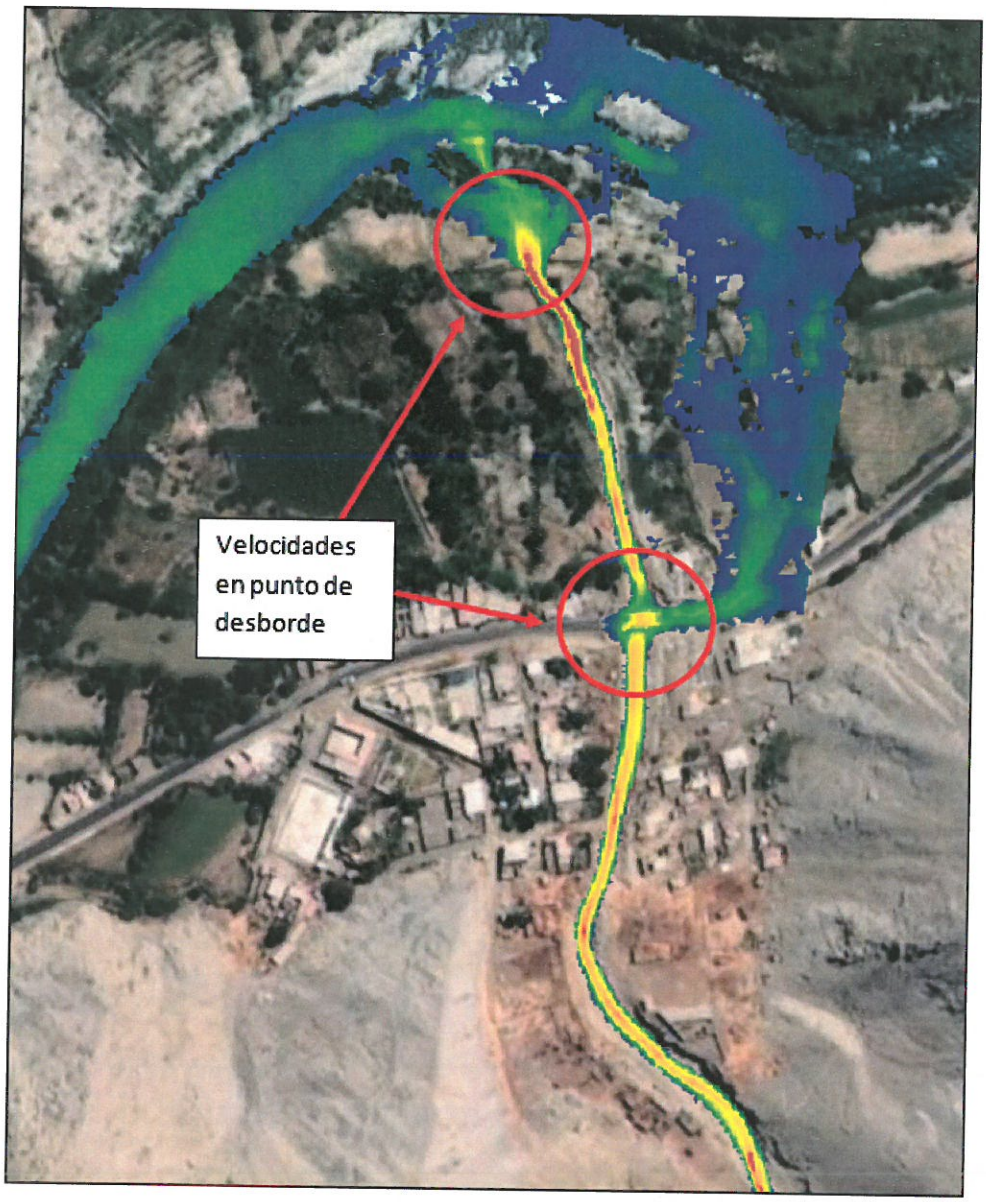
Se aprecia que existen dos zonas donde se producen inundaciones, la primera en el cruce con la carretera; la segunda aguas abajo del cruce con la carretera, aguas arriba del río Cañete, produciendo daño a cultivos.

- El valor del tirante para un periodo de retorno de 100 años se encuentra entre 0 y 0.98 m.
- En cuanto a las velocidades, en esta quebrada se generan velocidades de hasta 5.00 m/s. En la zona de desborde el promedio fluctúa entre 3.12 y 4.40 m/s.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ ROMUAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL



Como resultado de la modelización de la quebrada con el sistema de protección implementado, se verifica la funcionalidad de estas.

- El valor del tirante para un periodo de retorno de 100 años se encuenrta entre 0 y 1.02 m.
- En cuanto a las velocidades, en la quebrada Jacayita se generan valores entre 0 y 5.50 m/s. Son velocidades que corresponden al flujo de quebradas y los

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

valores mas altos se pueden encontrar en zonas donde el cauce de la quebrada llega a estrecharse resultando valores de 3.30 m/s y 4.10 m/s. Teniendo en cuenta estos valores se procedió a proteger la quebrada como un solo sistema tipo canal de Mampostería, que permitirá el paso del flujo y a su vez protegerá las zonas de cultivo y vías cercanas. El material escogido es resistente a los embates del flujo, que tienen una fuerza de arrastre considerable, como se aprecia en la imagen líneas abajo.



Los demás resultados, para los distintos periodos de retorno, se pueden observar en los anexos del presente documento.

Referencias

Bladé, E.; Ceab, L.; Coresteina, G.; Escolanoc, E.; Puertas, J.; Vázquez-Cendónd, E.; Dolzay, J. y CollcaInstitut, A. (2014) Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos. Rev. int. métodos numér. cálc. diseño ing. 2014; 30(1):1–

Nie, S.; Sun, H; Zhang, Y.; Chen, D.; Chen, Wen; Chen, L & Schaefer, S. (2017) Vertical Distribution of Suspended Sediment under Steady Flow: Existing Theories and Fractional Derivative Model. Discrete Dynamics in Nature and Society Vol 2017, artículo 5481531. https://doi.org/10.1155/2017/5481531

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

ANEXO

1891



TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M. CIP 186536	Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V. CIP 14199	
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z. CIP 42895	

REVISIONES

N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

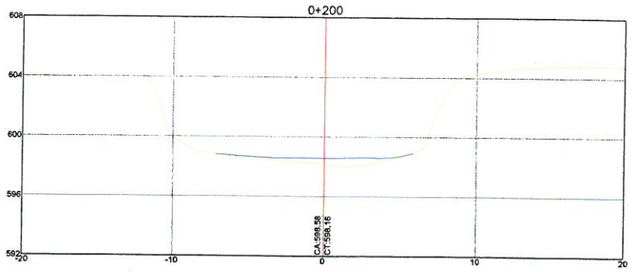
PLANO : MAPA TR=10 AÑOS PLANTA QUEBRADA JACAYITA

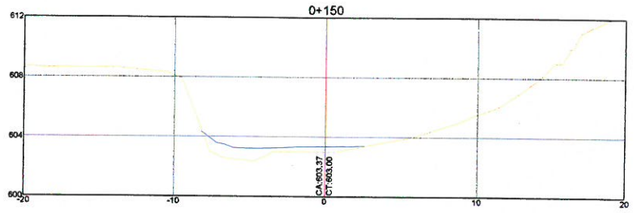
UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

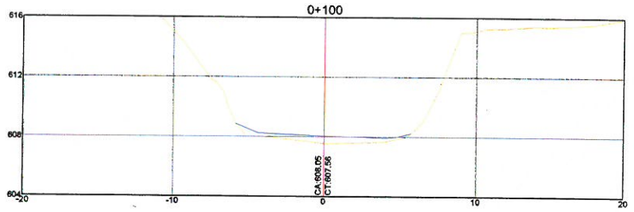
ESCALA: INDICADA

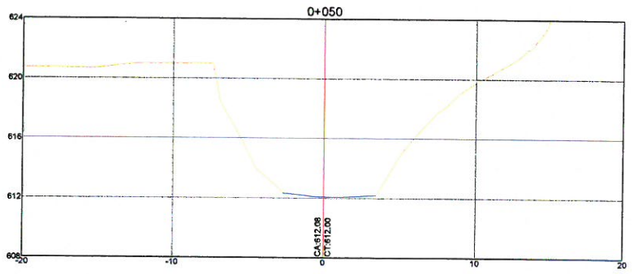
FECHA: SETIEMBRE 2019

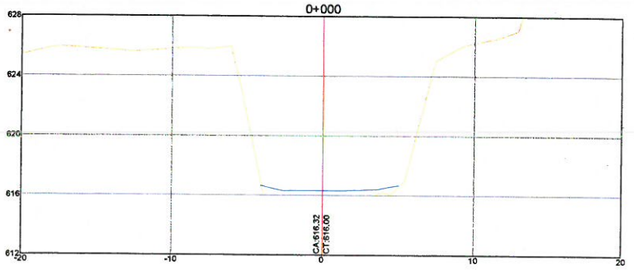
PLANO N°: 018-2019-HCA-04-12 REV. 0

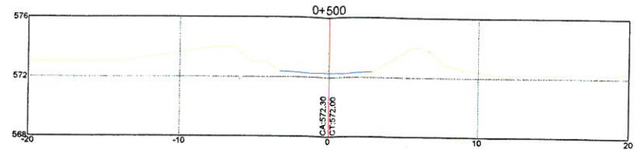


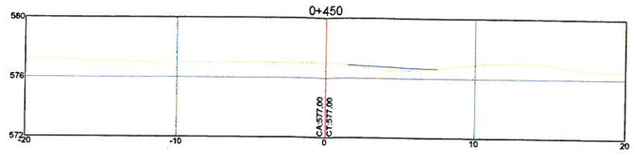


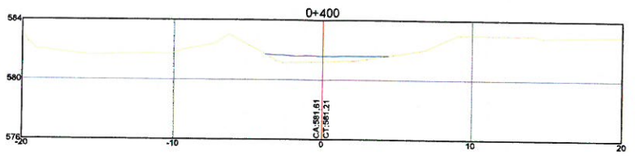


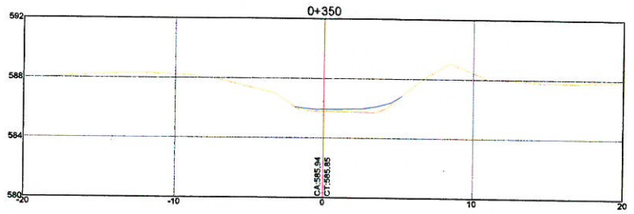


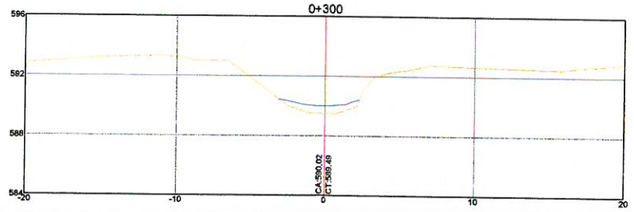


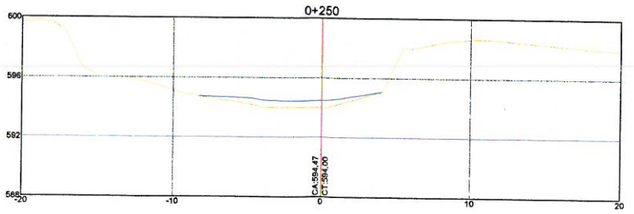












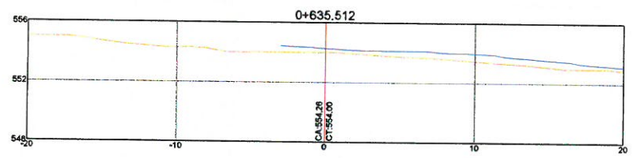
LEYENDA	
TERRENO NATURAL	
TR=10 AÑOS	

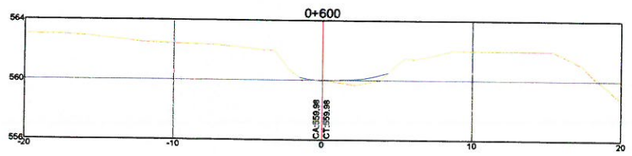
NOTA:
CA= COTA DE AGUA
CT=COTA DE TERRENO

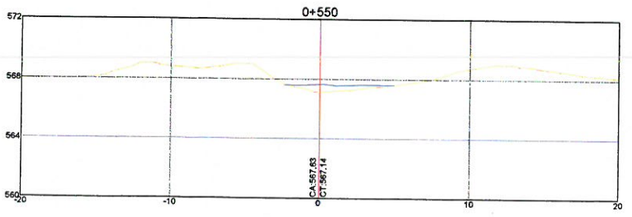
TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL







SECCIONES TRANSVERSALES
ESC:1:200

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M. CIP 166634	Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V CIP 14190	
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z. CIP 42895	

REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

PLANO : MAPA TR=10 AÑOS - SECCIONES TRANSVERSALES QUEBRADA JACAYITA

UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

ESCALA: INDICADA

FECHA: SETIEMBRE 2019

PLANO N°: 018-2019-HCA-04-13 REV. 0

1889

N

PIN
380074.919
8571374.412

Centro Poblado Jacayita

INICIO
380074.919
8571374.412

TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDÁN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVIAL

PLANTA QUEBRADA JACAYITA
ESC:1/1000

LEYENDA

- CURVAS PRINCIPALES
- CURVAS SECUNDARIAS
- ALINEAMIENTO
- PI: PUNTO DE INTERSECCIÓN
- SENTIDO DE FLUJO
- HUELLA DE AGUA TR 50 AÑOS
- LINEA DE SECCIONES
- RIO CAÑETE
- CARRETERA

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M.	CIP 166636
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V.	CIP 14169
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z.	CIP 42895

Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289

REVISIONES

N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE
DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

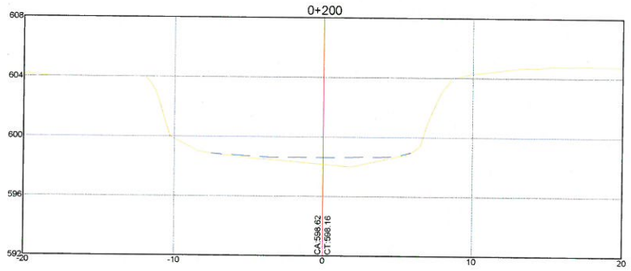
PLANO : MAPA TR=50 AÑOS PLANTA QUEBRADA JACAYITA

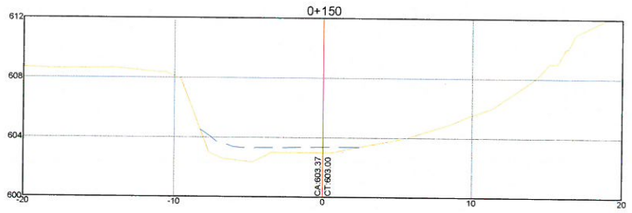
UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

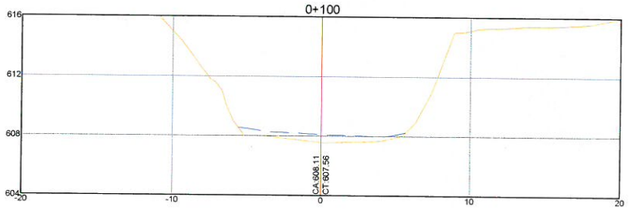
ESCALA: INDICADA

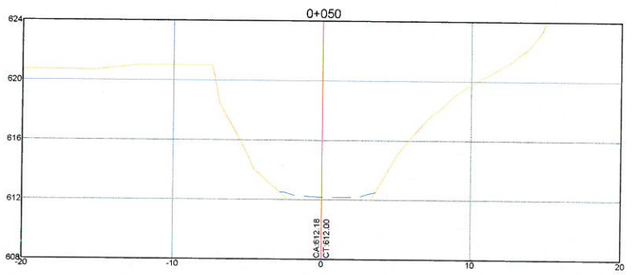
FECHA: SETIEMBRE 2019

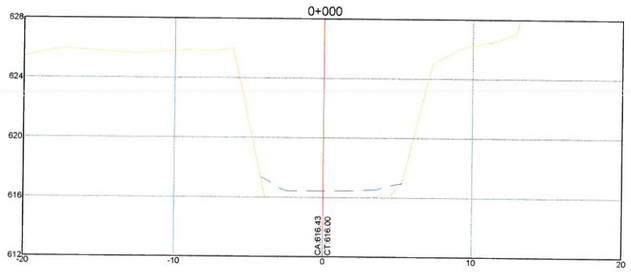
PLANO N°: 018-2019-HCA-04-14 REV. 0

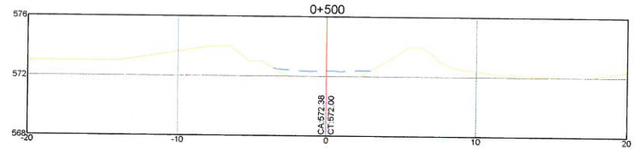


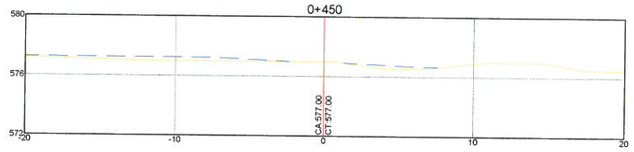


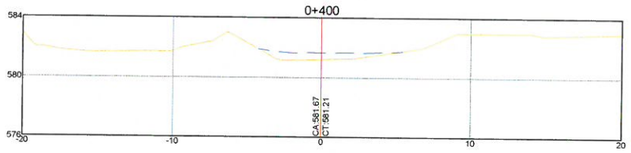


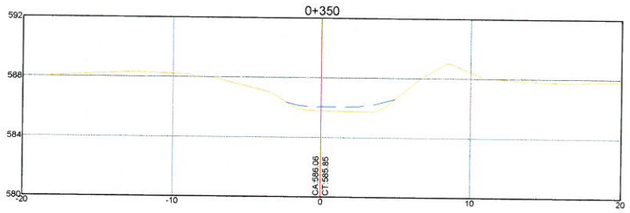


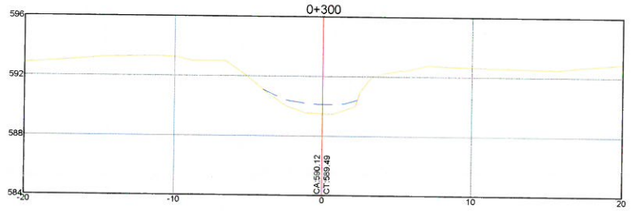


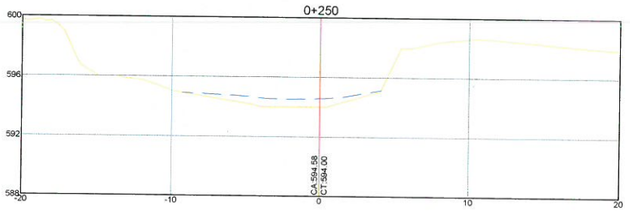












SECCIONES TRANSVERSALES
ESC:1:200

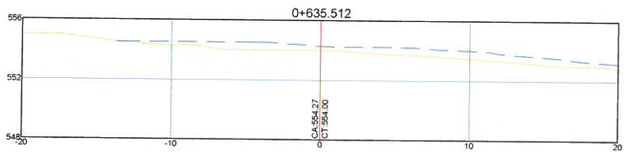
TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

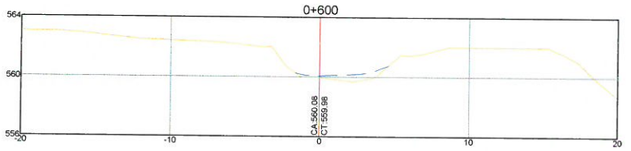
JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

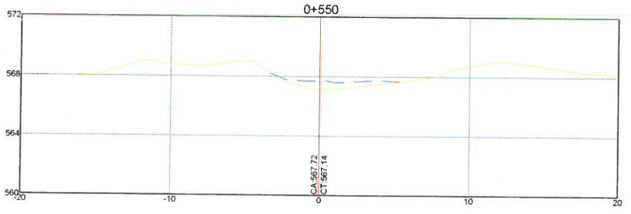
Ing. JULIO MARTIN KURONIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

LEYENDA	
TERRENO NATURAL	———
TR=50 AÑOS	- - - - -

NOTA:
CA= COTA DE AGUA
CT=COTA DE TERRENO







NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M.	CIP 166636
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V	CIP 14199
Presentó:	ING. J. KURONIWA Z.	CIP 42895

Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289

REVISIONES

N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

PLANO : MAPA TR=50 AÑOS - SECCIONES TRANSVERSALES QUEBRADA JACAYITA

UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

ESCALA: INDICADA

FECHA: SETIEMBRE 2019

PLANO N°: 018-2019-HCA-04-15 REV. 0

1:75 | 1:100 | 1:125 | 1:150 | 1:200 | 1:250 | 1:300 | 1:333.33 | 1:400 | 1:500

1857

N

8 570 850 N
8 571 000 N
8 571 120 N
8 571 240 N
8 571 360 N
8 571 480 N
8 571 600 N
8 571 720 N
8 571 800 N

379 920 E
380 040 E
380 160 E
380 280 E

Centro Poblado Jacayita

Perfil Nacional PE-24
Fuente:Hydrotech - Cañete (Final)

FIN
380074.919
8571374.412

INICIO
380074.919
8571374.412

TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JUCIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVIAL

PLANTA QUEBRADA JACAYITA
ESC:1/1000

LEYENDA

- CURVAS PRINCIPALES
- CURVAS SECUNDARIAS
- ALINEAMIENTO
- PI: PUNTO DE INTERSECCIÓN
- SENTIDO DE FLUJO
- HUELLA DE AGUA TR 100 AÑOS
- LINEA DE SECCIONES
- RIO CAÑETE
- CARRETERA

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M. CIP 166636	Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V. CIP 14199	
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z. CIP 42895	

REVISIONES

N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

PLANO : MAPA TR=100 AÑOS PLANTA QUEBRADA JACAYITA

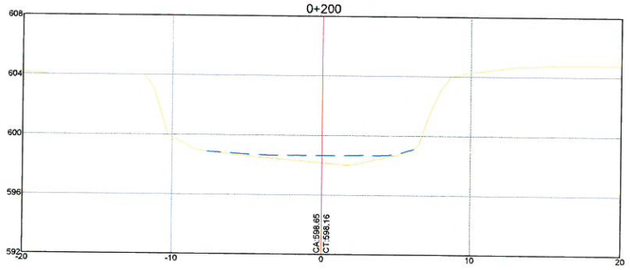
UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

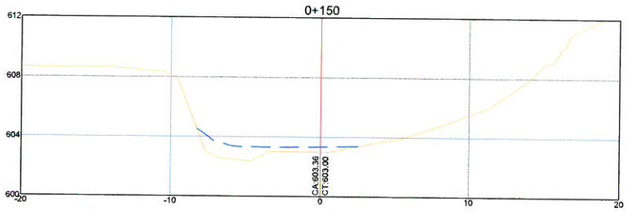
ESCALA: INDICADA

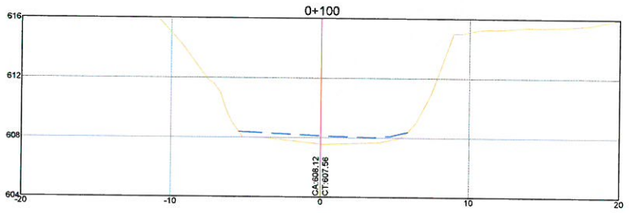
FECHA: SETIEMBRE 2019

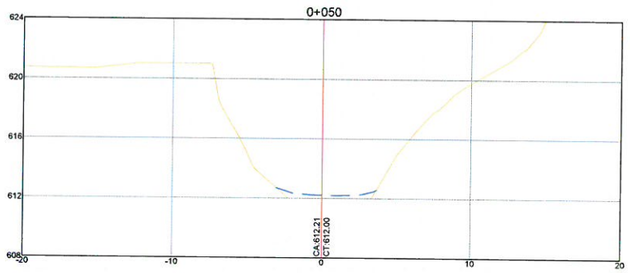
PLANO N°: 018-2019-HCA-04-16 REV. 0

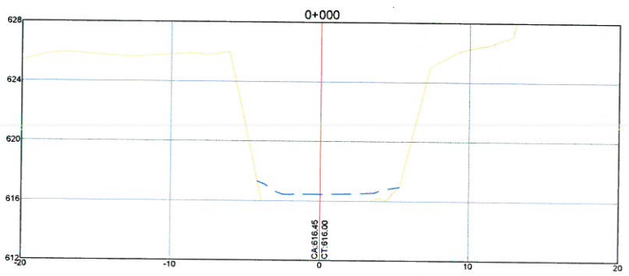
1886

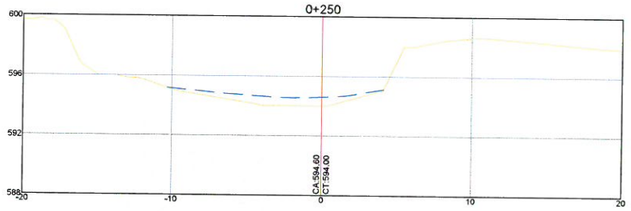


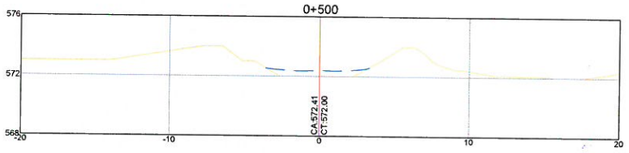


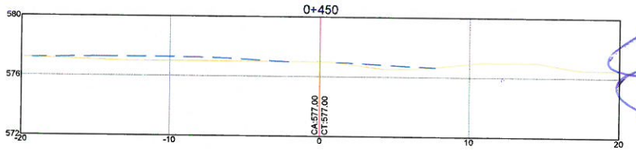


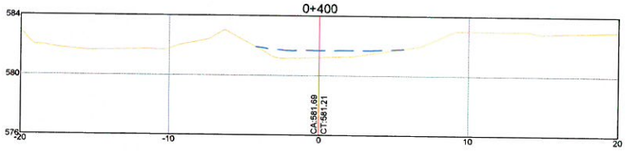


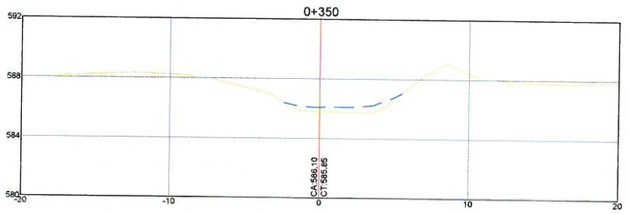


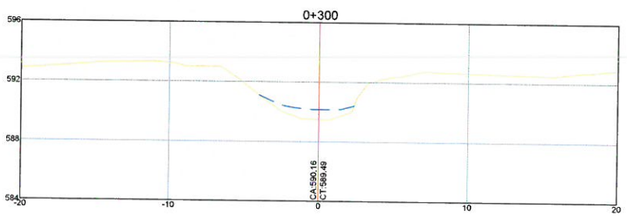


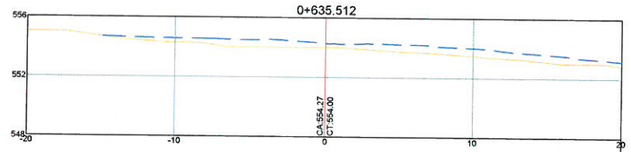


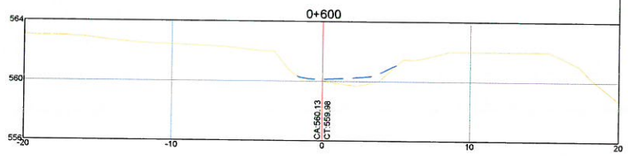


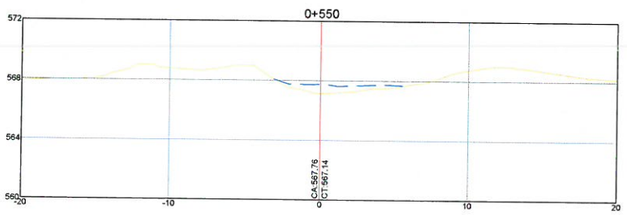












TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

LEYENDA	
TERRENO NATURAL	———
TR=100 AÑOS	- - - - -

NOTA:
CA= COTA DE AGUA
CT=COTA DE TERRENO

SECCIONES TRANSVERSALES
ESC:1/200

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M. CIP 186626	Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V CIP 14199	
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z. CIP 42895	

REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

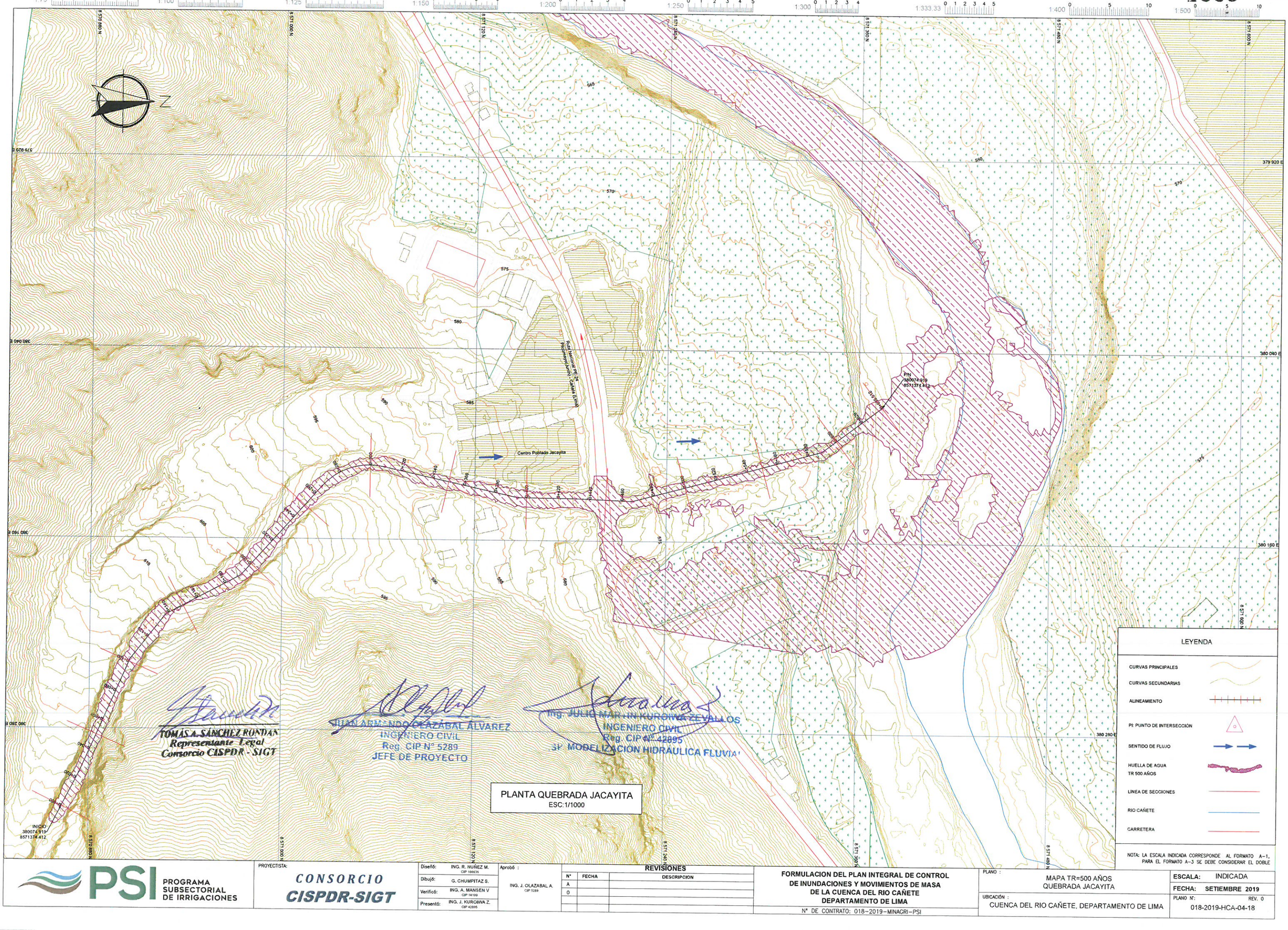
PLANO : MAPA TR=100 AÑOS - SECCIONES TRANSVERSALES QUEBRADA JACAYITA

UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

ESCALA: INDICADA

FECHA: SETIEMBRE 2019

PLANO N°: 018-2019-HCA-04-17 REV. 0



TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDÁN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
SP MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

LEYENDA

- CURVAS PRINCIPALES
- CURVAS SECUNDARIAS
- ALINEAMIENTO
- PI: PUNTO DE INTERSECCIÓN
- SENTIDO DE FLUJO
- HUELLA DE AGUA TR 500 AÑOS
- LINEA DE SECCIONES
- RIO CAÑETE
- CARRETERA

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M. CIP 166636
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.
Verificó:	ING. A. MANSEN V. CIP 14199
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z. CIP 42895

Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289

REVISIONES

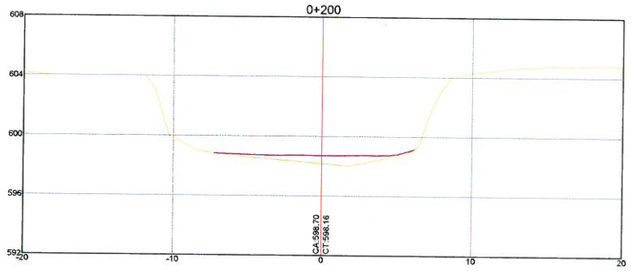
N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

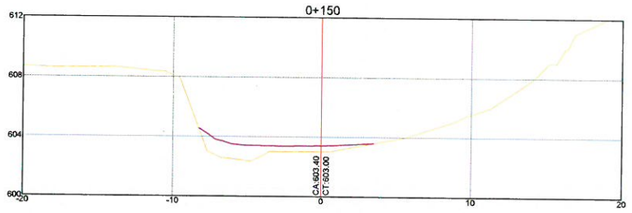
FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE
DEPARTAMENTO DE LIMA
N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

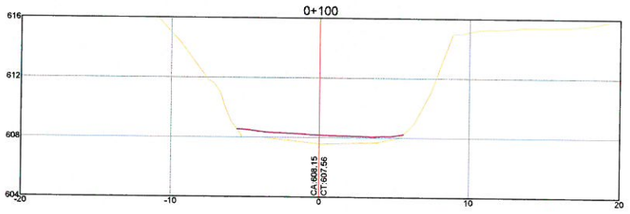
PLANO : MAPA TR=500 AÑOS QUEBRADA JACAYITA

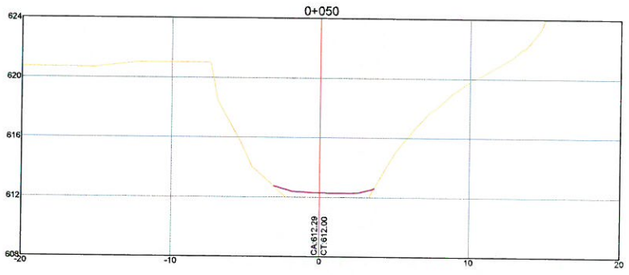
UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

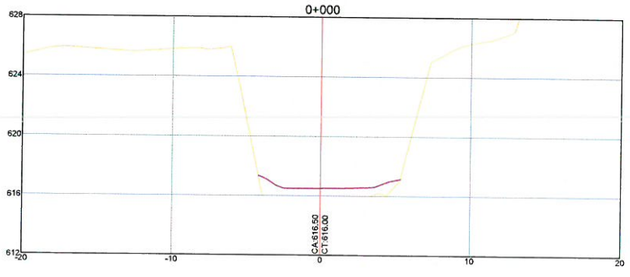
ESCALA: INDICADA
FECHA: SETIEMBRE 2019
PLANO N°: 018-2019-HCA-04-18 REV. 0

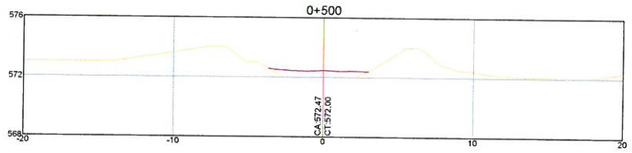


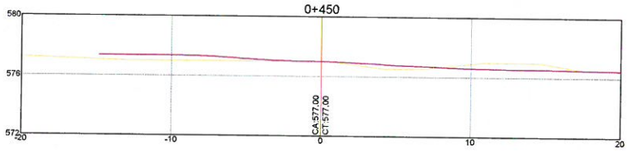


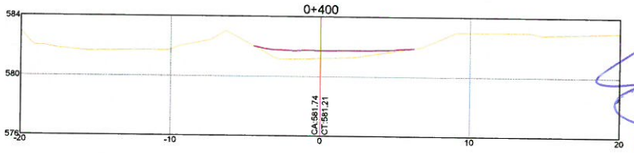


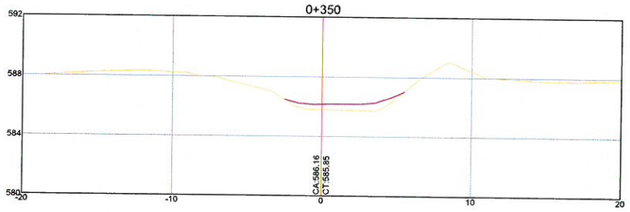


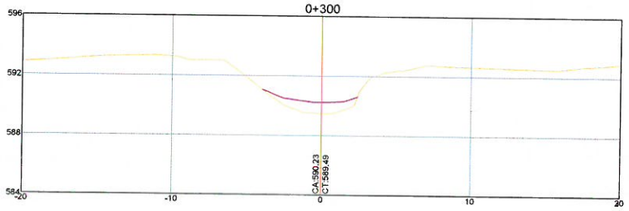


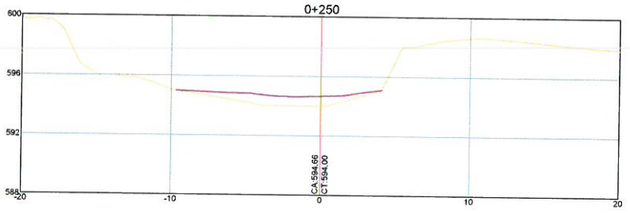


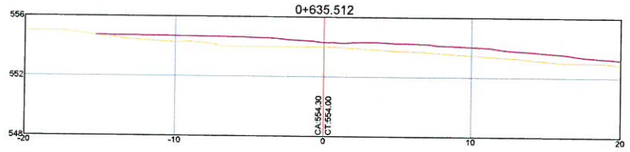


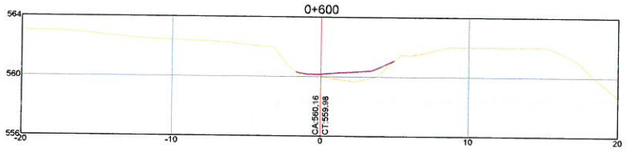


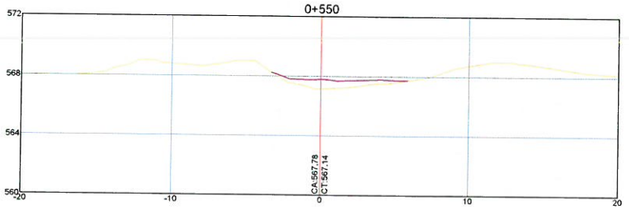












TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIA

LEYENDA	
TERRENO NATURAL	
TR=500 AÑOS	

NOTA:
CA= COTA DE AGUA
CT=COTA DE TERRENO

SECCIONES TRANSVERSALES
ESC:1:200

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M.	CIP 169636
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V	CIP 14199
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z.	CIP 42895

Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289

REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

PLANO : MAPA TR=500 AÑOS - SECCIONES TRANSVERSALES QUEBRADA JACAYITA

UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

ESCALA: INDICADA

FECHA: SETIEMBRE 2019

PLANO N°: 018-2019-HCA-04-19 REV. 0

ESTUDIO MODELACIÓN HIDRAULICA

PERFIL A-2 "CREACIÓN DEL SERVICIO DE PROTECCIÓN CONTRA INUNDACIONES Y MOVIMIENTO DE MASAS EN LAS QUEBRADAS SAN JERÓNIMO, CONDORAY, JACAYITA Y PICAMARÁN EN LOS DISTRITOS DE LUNAHUANÁ, PACARAN Y ZUÑIGA DE LA PROVINCIA DE CAÑETE- DEPARTAMENTO DE LIMA"

4. QUEBRADA PICAMARAN

INDICE

1. ASPECTOS GENERALES DEL ESTUDIO 5
1.1 ANTECEDENTES 5
1.2. OBJETIVOS 6
1.3. ZONA DE ESTUDIO 7
2. MODELAMIENTO HIDRÁULICO 2D 12
2.1 DATOS INICIALES PARA LA MODELIZACIÓN DE LA QUEBRADA PICAMARÁN 19
2.1.1 TOPOGRAFÍA UTILIZADA. 20
2.1.2 PARÁMETROS HIDRÁULICOS. 21
2.1.2.1 HIDROGRÁMA DE CAUDALES MÁXIMOS 21
2.1.2.2 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ANÁLISIS POR EL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING. 29
2.1.3 DIMENSIONAMIENTO DE LA MALLA 33
2.2 EJECUCIÓN DEL MODELO 2D. 35
2.2.1 CONDICIONES DE CONTORNO DEL FLUJO 35
2.2.2 TRANSPORTE DE SEDIMENTOS 40
2.2.2.1 PAQUETE DE ANÁLISIS DE SEDIMENTOS 43
3. RESULTADOS DE LA MODELIZACIÓN 43
4. SISTEMA DE PROTECCIÓN DE LA QUEBRADA PICAMARAN 48
4.1 CANAL 49
4.1.1 PENDIENTE LONGITUDINAL 49
4.1.2 SECCIÓN DEL CANAL 49
4.1.3 BADÉN 50
4.1.3.1 PENDIENTE LONGITUDINAL DEL BADÉN 50
5. RESULTADOS DE LA MODELIZACIÓN CON ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN 53
6. CONCLUSIONES 56

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

IMAGENES

Imagen 1. Vista satelital del tramo en estudio - Quebrada Picamarán. 8
Imagen 2. Croquis – Situación Actual de zona en estudio 9
Imagen 3. Topografía importada en formato ASCII. 21
Imagen 4. Valores del coeficiente de Manning para la quebrada Picamarán. 29
Imagen 5. Tipos de Mallas 34
Imagen 6 Refinamiento de malla según zonas. 35
Imagen 7. Condición de contorno en la entrada para la quebrada Picamarán. 39
Imagen 8. Condición de contorno de salida para la quebrada Picamarán. 39
Imagen 9. Propagación de flujo, T_r = 100 años. 44
Imagen 10. Velocidad Máxima, T_r = 100 años. 45
Imagen 11. Zona de riesgo. 46
Imagen 12. Áreas inundadas con la avenida cuyo T_r = 500 años. 47
Imagen 13. Ejemplo de canal de mampostería de piedra en zona de quebrada 48
Imagen 14. Vista en Planta del Sistema de defensa para la quebrada Picamarán. 49
Imagen 15. Sección típica para la quebrada Picamarán – Tramo 1 50
Imagen 16. Sección típica para la quebrada Picamarán – Tramo 2 y 3 50
Imagen 17. Vista en Planta del badén N° 1 (Cruce quebrada Picamarán y carretera Yauyos Cañete) 51
Imagen 18. Perfil del badén N°1 52
Imagen 19. Vista en Planta del badén N°2 52
Imagen 20. Perfil del Badén N°2 52
Imagen 21. Propagación de Flujo con estructura de protección , T_r = 100 años. 53
Imagen 22. Velocidad Máxima con estructura de protección, T_r = 100 años. 54
Imagen 23. Tirantes Máximos, con estructura de protección, T_r = 500 años. 54
Imagen 24. Velocidad Máxima , T_r = 500 años. 55

TABLAS

Tabla 1. Ubicación de la Quebrada Picamarán. 7
Tabla 2. Tamaño de mallas en una serie de estudios de ingeniería y de investigaciones. 15
Tabla 3 Hidrogama del caudal máximo de flujo (líquido + sólido)- Quebrada Picamarán. 22
Tabla 4 Caudales maximos para distintos periodos de retorno. 29
Tabla 5 Tabla de Cowan para determinar la influencia de factores sobre el coeficiente n 30
Tabla 6 Valores de influencia de Cowan para la quebrada Picamarán 32

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KURIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Tabla 7 Valores de coeficientes de Rugosidad de Manning - FHWA 2012 32
Tabla 8 Coeficiente de Rugosidad de Manning para las llanuras de inundación de la quebrada Picamarán. 33
Tabla 9 Discretización y refinamiento de malla según zonas de estudio. 34
Tabla 10 Valores de Froude según periodo de retorno en zona de estudio 37
Tabla 11 Valores de Velocidad según periodo de retorno en la primera sección de análisis 37
Tabla 12. Coeficiente de difusión de sedimentos 42
Tabla 13. Número de Schmidt 42

CUADROS

Cuadro N° 1 Condiciones de contorno implementadas en los contornos abiertos. 36
Cuadro N° 2 Condición de contorno seleccionados para el modelo IBER 38
Cuadro N° 3 Paquete de análisis de sedimentos 43
Cuadro N° 4 Longitud total de Tramos revestidos. 49

FOTOGRAFIAS

Fotografía 1 Vista de Badén existente, intersección Cruce quebrada – Carretera Yauyos Cañete 10
Fotografía 2 Vista de Baden existente, Intersección Quebrada – carretera Existente. 11
Fotografía 3 Vista del cauce de la quebrada Picamarán 31
Fotografía 4 Vista de zonas de cultivos hacia llanuras de inundación. 31

FIGURAS

Figura N° 1 Vista de Quebrada Picamarán, en Cañete, notese la turbulancia del flujo caótico. Fuente: Panamericana TV (2017) 12
Figura N° 2 Red de Elementos Triangulares 14
Figura N° 3 Relación entre □ y el cociente de la velocidad de sedimentación y la velocidad de corte. 19

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

1. ASPECTOS GENERALES DEL ESTUDIO

1.1 ANTECEDENTES

En los últimos años, en el Perú, han ocurrido fenómenos relacionados a inundaciones, movimiento de masas de lodo acompañados de piedras y rocas (flujo de detritos), también conocidos como huaicos, así como erosiones fluviales; este es el caso de la zona occidental de nuestro país; donde, estos fenómenos se vienen presentado de manera muy recurrente, principalmente entre los meses de diciembre y abril, correspondientes a la temporada de lluvias en nuestro país; llegando a afectar a los centros poblados y vías de acceso circundantes a estos sectores vulnerables, y la situación tiende a agravarse cuando sucede el evento denominado El Niño, ya que los flujos que se reproducen se ven incrementados por las altas precipitaciones que se producen durante ese evento.

Ante lo mencionado el Consorcio CISPDR-SIGT, viene ejecutando los estudios de preinversión a Nivel de Perfil, para la "Formulación del plan integral para el control de inundaciones y movimientos de masa de la cuenca del río Cañete", y de esta manera formular un plan de acción integral para el control de estos fenómenos presentes en los cauces y quebradas de la cuenca del río Cañete.

El Fenómeno del Niño genera caudales extremos en las cuencas de la vertiente del Pacífico. El calentamiento del Océano Pacífico, en particular de la Región Niño 1+2 (frente a la Costa Peruana), conjuntamente con la convergencia intertropical, la disminución de la circulación sobre el Pacífico Occidental y la presencia de los Andes generan el aumento de precipitación de hasta dos órdenes de magnitud principalmente sobre la Vertiente del Pacífico, lo que genera caudales extremos en los ríos de esta hoya hidrográfica. Se han generado caudales de gran magnitud los años 1972, 1983, 1998 y 2017. En el último caso, se activaron quebradas a lo largo de la cuenca, tanto en las provincias de Cañete como la de Yauyos. En la provincia de Cañete los efectos de los flujos de escombros afectaron a una mayor cantidad de personas y

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

propiedades en los distritos de Lunahuaná, Pacarán y Zúñiga así como a la infraestructura vial y edificaciones, así como inundación de cultivos. El río Cañete inundó cultivos tanto en la parte media como en la parte baja y ocasiónó la pérdida de parte de la plataforma de la vía Cañete – Yauyos en varios sectores. La erosión excesiva de las márgenes del río Cañete ocasionó la caida de muros perimétricos y puso en peligro las edificaciones construidas cerca de la margen derecha en el tramo entre Pacarán y Lnuahuaná. Además ocasionó la caída de un puente colgante en Catapalla.

La presente Modelación Hidráulica 2D de la Quebrada Picamarán es parte del proyecto "Creación del servicio de protección contra inundaciones y movimiento de masas en las quebradas San Jerónimo, Condoray, Jacayita y Picamarán en los distritos de Lunahuaná, Pacarán y Zuñiga de la Provincia de Cañete – Departamento de Lima".

1.2. OBJETIVOS

Objetivo principal

- Determinar las llanuras de inundación de la quebrada Picamarán del tramo Badén hasta la desembocadura del río Cañete, mediante el empleo del software IBER 2.5.1, correspondiente a flujos bidimensionales, para caudales de cálculo correspondientes a periodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 años.

Objetivos específicos

- Caracterizar las zonas inundables en la quebrada Picamarán del tramo Badén hasta el río Cañete para periodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 años.
- Determinar los niveles o tirantes de agua alcanzados en la quebrada Picamarán del tramo Badén hasta el río Cañete; cuyos caudales de cálculo corresponden a los periodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 años.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO GAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVIAL

- Presentar mapas de inundación y velocidad de la quebrada Picamarán, del tramo Badén hasta el rio Cañete mediante el modelamiento hidraulico teniendo en cuenta las características actuales de la zona en estudio.
- Identificar las áreas expuestas a un mayor riesgo de inundación y/o afectación por movimientos de masas.
- Proponer los sistemas de protección para las quebradas, para un periodo de retonro de 100 años.
- Presentar mapas de inundación y velocidad de la quebrada Picamarán, teniendo en cuenta la implementación de las estructuras propuestas.

1.3. ZONA DE ESTUDIO

1.3.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO.

La quebrada Picamarán se ubica en el distrito de Zúñiga, provincia de Cañete, departamento de Lima. La zona analizada se encuentra en la cuenca baja de quebrada, entre la cota 960 msnm y 740 msnm, con una longitud de cauce, en este tramo de 3 km, hasta la desembocadura al río Cañete; y con una pendiente promedio del 0.0612m/m, (6.12%).

Tabla 1. Ubicación de la Quebrada Picamarán.

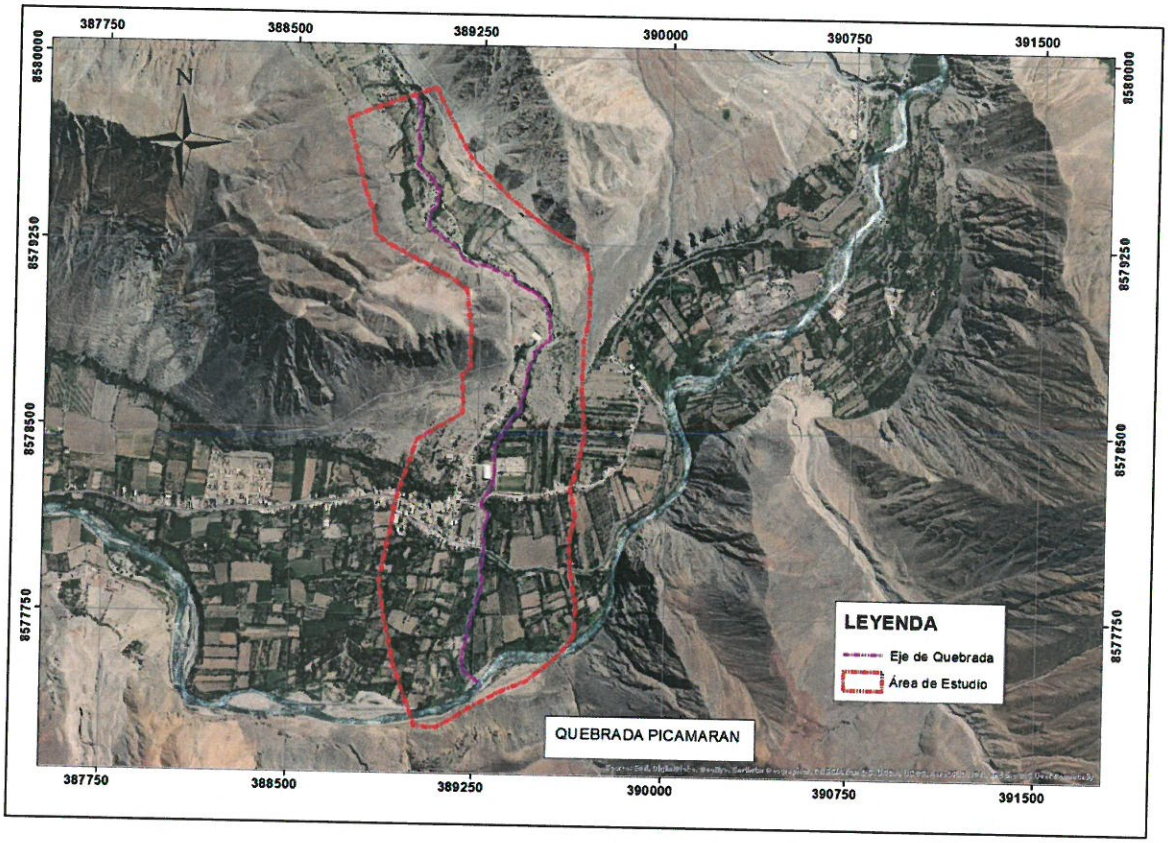
QUEBRADA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		Datum: WGS 84 - COORDENADAS UTM		
	Latitud	Longitud	Zona	Este (m)	Norte (m)
PICAMARÁN	12°50'40.36"S	76° 1'23.45"O	18L	388971	8579835

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVIA

Imagen 1. Vista satelital del tramo en estudio - Quebrada Picamarán.



1.3.2. OBRAS DE PROTECCIÓN EXISTENTES.

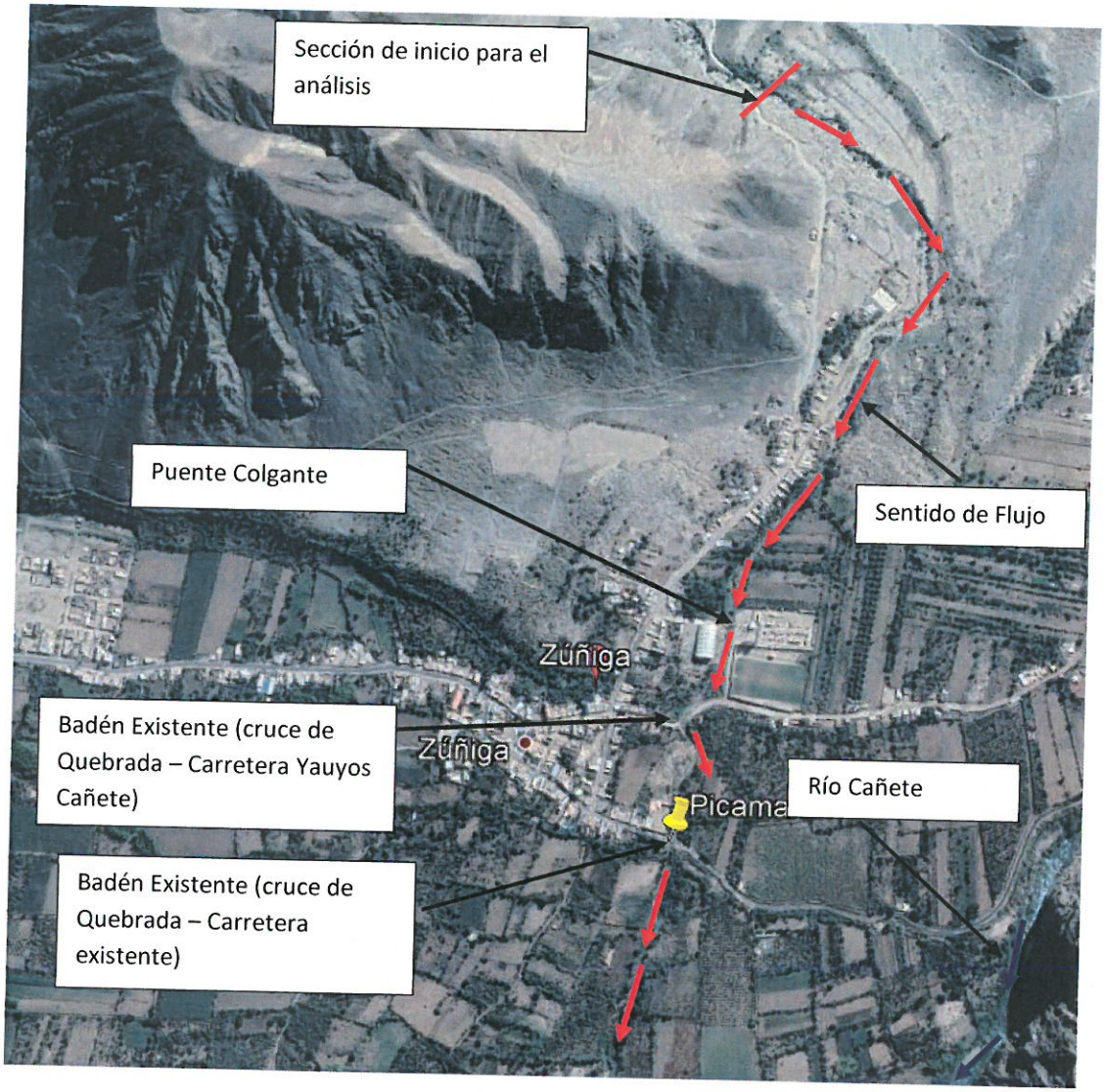
Al realizar la inspección de campo en la zona de estudio de la quebrada Picamarán no se apreciaron obras de protección significativas, salvo algunas rocas apiladas tipo sistema pirca, que protegen algunas propiedades cercanas. Asimismo, se identificó dos cruces importantes tipo badén que solo se encuentran revestidos en la zona de intersección con la quebrada. Otra característica importante a mencionar es que el material que se pudo apreciar en la zona de estudio corresponde a conglomerado y material grueso, lo que indica la capacidad de arrastre que tiene esta quebrada y la necesidad de proponer estructuras de protección que permita el paso de flujo y protejan los cultivos cercanos.

TOMAS AMADEO SANCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KURIYAMA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVIAL

Imagen 2. Croquis – Situación Actual de zona en estudio

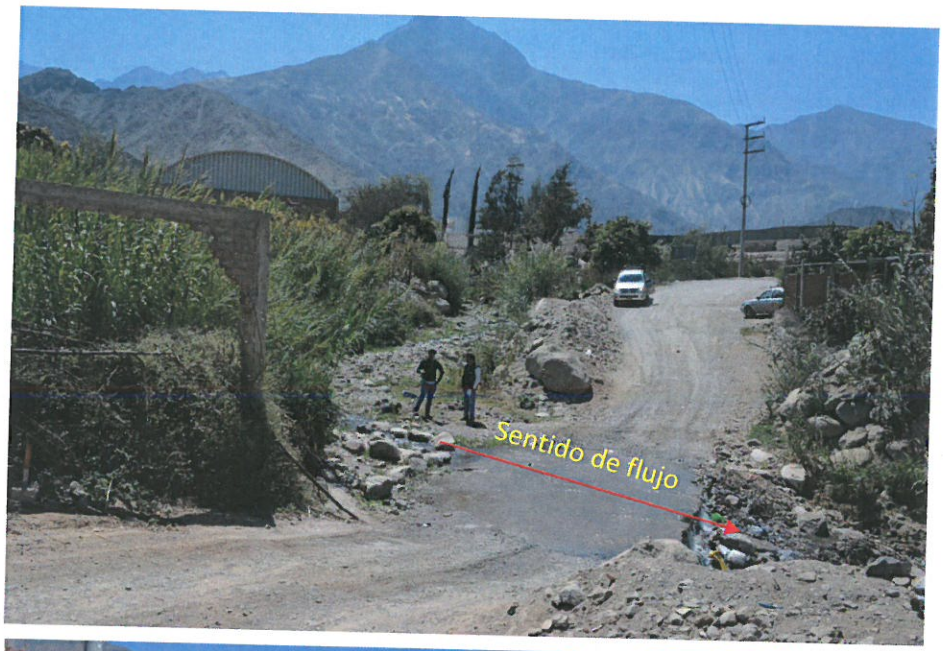


TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTÍN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42695
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Fotografía 1 Vista de Badén existente, intersección Cruce quebrada – Carretera Yauyos Cañete





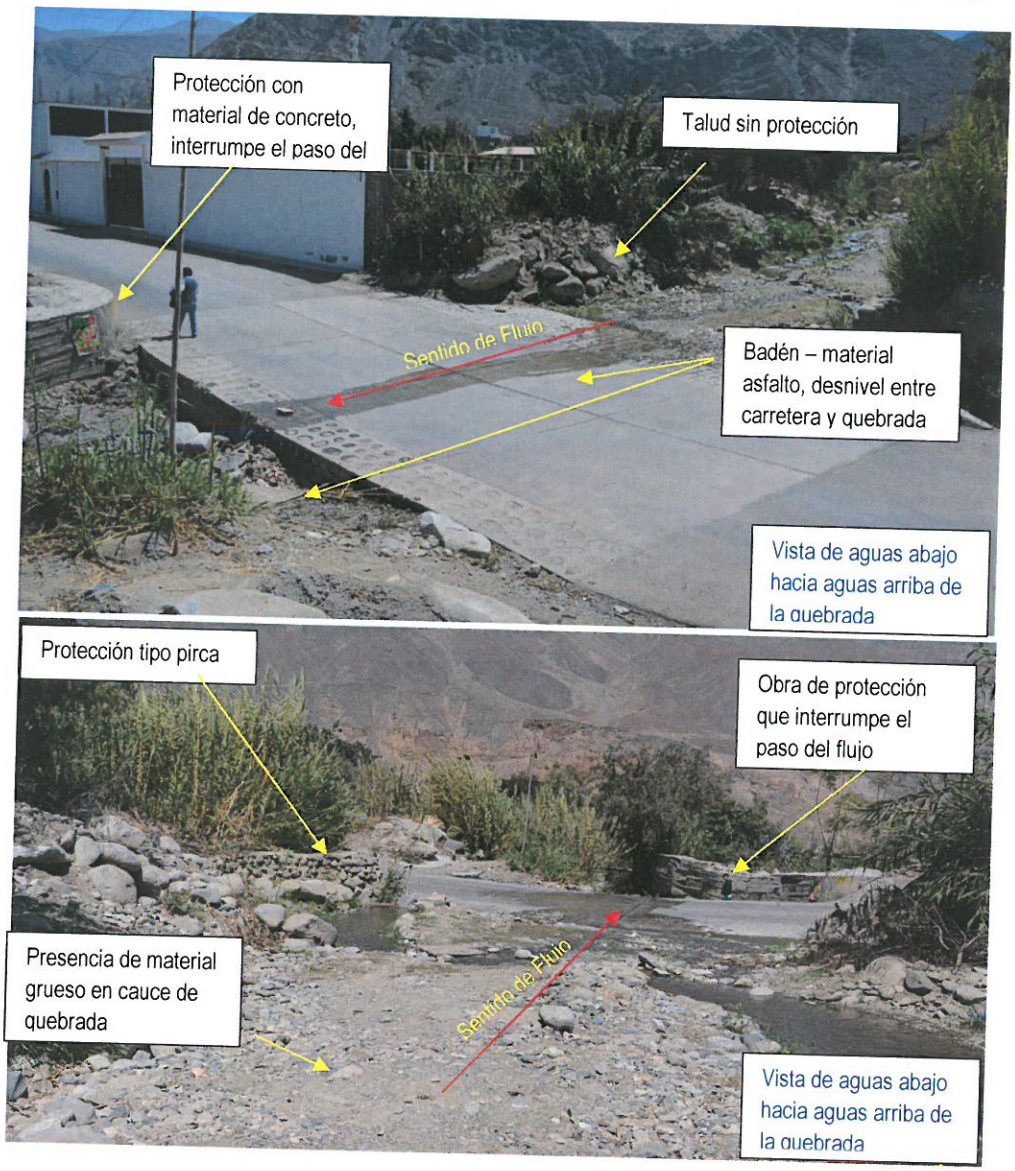
Se puede observar en estas fotografias que no existe una protección adecuada tanto en la intersección de la quebrada con la carretera Cañete - Yauyos (zona badén) ni en los taludes de la quebrada, por lo que al paso de una ocurrencia generaría desbordes, erosión en las márgenes y daños a la estructura de la carretera y zonas aledañas.

TOMAS AMADEO SANCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Fotografía 2 Vista de Baden existente, Intersección Quebrada – carretera Existente.



Aguas abajo de la quebrada se pudo apreciar que a pesar de la existencia de un sistema de protección más elaborado que en el cruce de la carretera Cañete - Yauyos, este no es el adecuado, ya que técnicamente impide el paso del flujo al momento de una crecida; el material de la carretera donde se encuentra con la quebrada no ofrecería una buena capacidad portante. Tampoco se ha protegido los taludes aledaños de la quebrada por lo que es una zona de interés al momento de realizar el modelamiento hidráulico.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KURIYAMA DEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

2. MODELAMIENTO HIDRÁULICO 2D

Datos recopilados en las quebradas

Al ejecutar las simulaciones en las quebradas, es necesario recalcar que estas son intermitentes y se encuentran secas la mayor parte del tiempo. Solo se activan durante la temporada húmeda (Diciembre – Abril) y la mayor parte de ellas sólo durante eventos extraordinarios, es decir no se activan ni siquiera anualmente. Cuando estas quebradas se activan generan flujos de alta velocidad con gran cantidad de arrastre de materiales que harían muy peligroso realizar mediciones durante los eventos en los que se genera flujo de escombros. La Figura 1, que se muestra a continuación y que ha sido extraída de un video, muestra la turbulencia y las altas velocidades que alcanza el flujo, arrastrando partículas de gran tamaño. Debido a la falta de instrumentación en la cuenca, poca predictibilidad de estos eventos, alta turbulencia y transporte de sedimentos este tipo de eventos no ha sido documentado. Sin embargo, en el estudio hidrológico se estimaron los caudales en cada quebrada en base a evidencias físicas como marcas de agua, marcas de erosión, etc. Este tipo de información ha sido comparada con los resultados de la modelación hidráulica y la aproximación es adecuada.

Figura N° 1 Vista de Quebrada Picamarán, en Cañete, notese la turbulancia del flujo caótico. Fuente: Panamericana TV (2017)



TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTÍN KURIYAMA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Modelo numérico bidimensional

En la actualidad los modelos numéricos, ayudados con la capacidad de procesamiento de los ordenadores, permiten adecuarse a un esquema en dos dimensiones (2D), superando los modelos 1D, y ayudándonos a cuantificar parámetros hidráulicos; sobre todo cuando se trata de simulaciones hechas sobre grandes extensiones de terrenos afectados por el paso del agua.

Iber es un modelo matemático bidimensional de lecho móvil para la simulación del flujo en ríos y estuarios. Fue desarrollado por una serie de instituciones españolas, entre ellas, centros de investigación de las universidades Universidade da Coruña, Universidade de Santiago de Compostela, Universitat Politècnica de Catalunya, y el Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria y promovido por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX. Bladé et al. (2014) describen, de manera sucinta, las consideraciones teóricas y los métodos empleados para resolver las ecuaciones de movimiento. En este documento se resumen las principales consideraciones teóricas y las funciones del programa Iber v2.5.1.

El módulo hidrodinámico de Iber resuelve las ecuaciones de St. Venant bidimensionales, incorporando los efectos de la turbulencia y rozamiento superficial por viento. Las ecuaciones se muestran debajo:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hU_x}{\partial x} + \frac{\partial hU_y}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(hU_x) + \frac{\partial}{\partial x}\left(hU_x^2 + g\frac{h^2}{2}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(hU_xU_y\right) = -gh\frac{\partial Z_b}{\partial x} + \frac{\tau_{s,x}}{\rho} - \frac{\tau_{b,x}}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x}\left(\nu_t h\frac{\partial U_x}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\nu_t h\frac{\partial U_x}{\partial y}\right)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(hU_y\right) + \frac{\partial}{\partial x}\left(hU_xU_y\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(hU_y^2 + g\frac{h^2}{2}\right) = -gh\frac{\partial Z_b}{\partial y} + \frac{\tau_{s,y}}{\rho} - \frac{\tau_{b,y}}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x}\left(\nu_t h\frac{\partial U_y}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\nu_t h\frac{\partial U_y}{\partial y}\right)$$

Por otro lado, la resistencia al flujo se calcula con la ecuación de Manning, como se presenta debajo:

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KURIWAZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

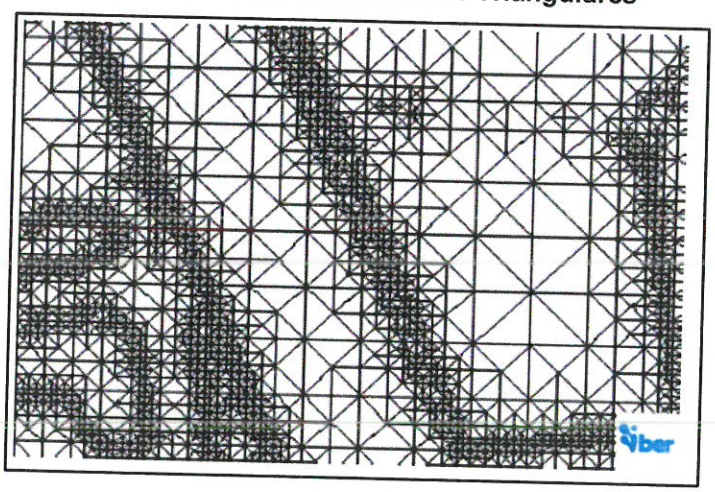
$$\tau_{b,x} = \rho g h \frac{n^2 U_x |U|^2}{h^{4/3}} \quad \tau_{b,y} = \rho g h \frac{n^2 U_y |U|^2}{h^{4/3}}$$

en donde h es el tirante, U_x y U_y son las velocidades horizontales promediadas en profundidad, g es la aceleración de la gravedad, ρ es la densidad del agua, Z_b es la cota del fondo, τ_s es la fricción en la superficie libre debida al rozamiento producido por el viento, τ_b es la fricción debida al rozamiento del fondo y ν_t es la viscosidad turbulenta.

Las ecuaciones de aguas someras y las del modelo k-ε se resuelven mediante el método de volúmenes finitos para mallas bidimensionales no estructuradas. Los esquemas numéricos utilizados en Iber son especialmente apropiados para la modelización de cambios de régimen y de frentes seco-mojado (frentes de inundación).

La discretización del dominio espacial se realiza con volúmenes finitos en mallas no estructuradas, admitiéndose estas mixtas formadas por elementos triangulares y cuadrangulares. La Figura 2, que se presenta debajo, muestra una malla de cálculo formada por una Red Irregular de Triángulos Rectángulos (RTIN).

Figura N° 2 Red de Elementos Triangulares



Se Muestra una red de elementos triangulares a los que se les ha dado la forma de triángulos rectángulos.
Fuente: Blade et al. (2014).

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ ROMDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Tamaño de los elementos de la malla para modelación hidráulica 2D

La incorporación de modelos bidimensionales en estudios fluviales es relativamente reciente. Esto se debe, en gran parte, a que el hardware necesario para poder ejecutar estos programas no estaba disponible, en principio, y cuando estuvo disponible, el precio fue elevado. Posteriormente, el costo de los equipos fue disminuyendo. En tiempos recientes la disponibilidad de computadoras personales con un hardware apropiado (por ejemplo, una computadora i9 de décima generación, con procesadores gráficos adecuados) permite ejecutar una simulación de un tramo de río en un plazo razonable (entre horas y dos días). El tiempo de ejecución aumenta con la densidad de las mallas para un mismo tramo. Una simulación adecuada se logra con un balance entre la precisión de las salidas y el tiempo de ejecución. A manera de ejemplo, se incluyen ejemplos de dimensiones de la malla que se han empleado en estudios recientes en la Tabla 2.

Tabla 2. Tamaño de mallas en una serie de estudios de ingeniería y de investigaciones.

Nº	Río	País	Ancho medio (m)	Dimensiones de la malla (m x m)	Tipo de estudio	Nivel de estudio
1	Arroyo de la Almucera	España	250	25 x 25	Inundación	Preliminar
2	Ranchería	Colombia	500	23.4 x 23.4	Inundación	Preliminar
3	Ctalamuchita	Argentina	35	1 x1 a 10 x 10	Puentes	Ingeniería
4	Ica	Perú	60	2.5 a 5	Inundación	Ingeniería

Cabe notar que el tamaño de la malla se encuentra en el orden de 1/10 a 1/30 el ancho del cauce.

El programa también permite definir áreas a las que se puede asignar coeficientes de Manning. Las áreas se definen en base a las fotografías aéreas o satelitales tomando en cuenta la ecuación de Cowan y las tablas existentes en referencias como Chow (1959) u otros.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42695
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

En los contornos de entrada se fija el caudal de agua y se asume que la dirección del flujo es perpendicular al contorno. En caso de que el flujo entre en régimen supercrítico, se impone adicionalmente el tirante. La distribución del caudal unitario a lo largo del contorno se realiza de forma proporcional al calado en cada punto del mismo según la expresión $q_n = C \cdot h^{5/3}$, donde C es una constante que asegura que la integral del caudal unitario q_n a lo largo del contorno considerado es igual al caudal total de entrada.

En los contornos de salida se impone el nivel de la lámina de agua en caso de que se produzca un régimen subcrítico, mientras que no es necesario imponer ninguna condición en el caso de que el régimen sea supercrítico. En los contornos de salida se considera asimismo la posibilidad de introducir una relación de curva de gasto que defina la relación entre la cota de la lámina de agua y el caudal específico desaguado en cada punto del contorno.

Las condiciones internas son aquellas configuraciones geométricas particulares tales como compuertas, vertederos o puentes que entran en carga. Las ecuaciones de Saint Venant dejan de ser válidas al no cumplirse la distribución hidrostática por lo que se deben emplear aquellas relaciones que relacionan los caudales que pasan con el ancho y la carga de aquellas estructuras.

En la primera versión del programa Iber se incluye un módulo hidrodinámico, un módulo de turbulencia y un módulo de transporte de sedimentos. Se asume que la granulometría es uniforme, por carga de fondo y por carga en suspensión.

Otras capacidades del programa incluyen en las ecuaciones del modelo los efectos de las precipitaciones y del transporte de sedimentos. En general, según los autores del programa, se puede emplear el programa Iber para las siguientes aplicaciones:

- Simulación del flujo en superficie libre en cauces naturales.
- Evaluación de zonas inundables.
- Cálculo de las zonas de flujo preferente.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

- Cálculo hidráulico de encauzamientos.
- Cálculo hidráulico de redes de canales en superficie libre.
- Cálculo de corrientes de marea en estuarios.
- Estabilidad de los sedimentos del lecho.
- Procesos de erosión y sedimentación por transporte de material no cohesivo.

En este estudio el programa Iber se empleará fundamentalmente para definir la extensión de las áreas de inundación y además, estimar los tirantes y velocidades de una manera más detallada que en un modelo unidimensional.

El transporte de sedimentos, tanto en fondo como en suspensión, se calcula mediante ciertas ecuaciones predefinidas. El transporte en fondo se puede calcular tomando en cuenta los siguiente métodos o información: umbral de movimiento de Shields, Meyer- Peter- Müller, Van Rijn, etc. El transporte en suspensión contiene las siguientes funciones:

- Incorporación de transporte por difusión turbulenta.
- Término de deposición/resuspensión.
- Cálculo de la concentración de sedimento en suspensión según las formulaciones de:
  - o Van Rijn,
  - o Smith McLean, y
  - o Ariathurai.
- Cálculo de la velocidad de sedimentación de las partículas según van Rijn.
- Condición de contorno de concentración de sedimento en suspensión variable en tiempo.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Estimación de valor medio de coeficiente de difusión de sedimentos

Una serie de autores han empleado un modelo de difusión-advección fraccional (FADE, siglas en inglés). Nie et al (2017) desarrollaron una serie de métodos para predecir la distribución de la concentración de sedimentos en la vertical. La expresión para calcular el un coeficiente promedio de difusión de sedimentos. La expresión propuesta fue la siguiente:

$$\overline{\varepsilon_{sy}} = \frac{209\kappa u_* h}{1200}$$

Donde: k = constante de von Karman, u* es la velocidad de corte, h es el tirante o calado en la sección estudiada.

Relación entre b y w_o/u^*

El número de Schmidt es la inversa de β. El valor de β se puede calcular a partir de la siguiente expresión:

$$\beta = 1 + \alpha_1 \left(\frac{W_o}{U_*}\right)^{\alpha_2}$$

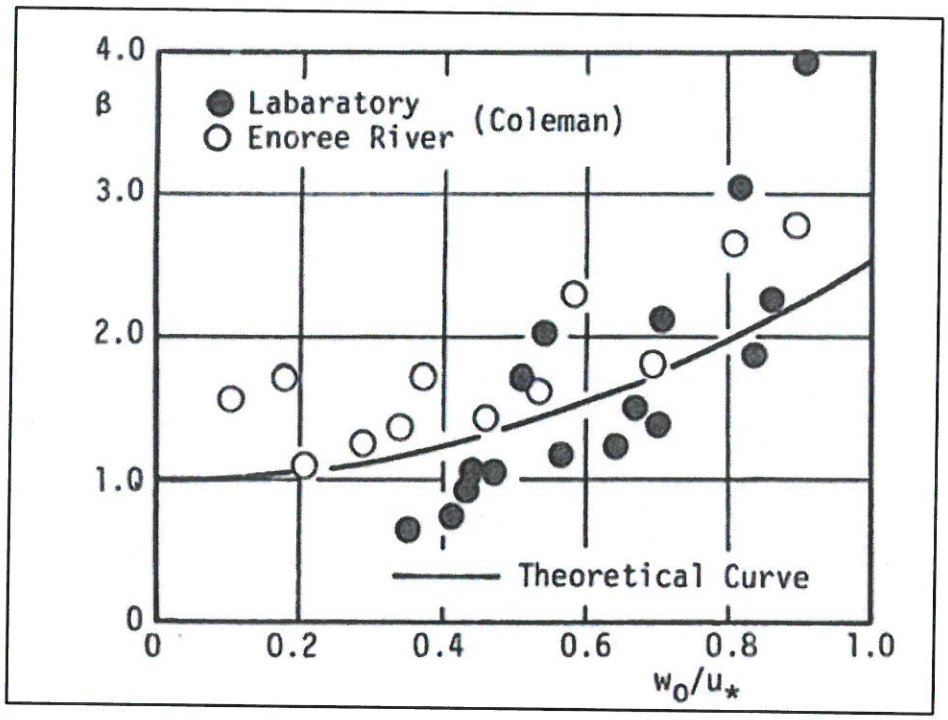
Donde w_o es la velocidad de caída estimada del sedimento y U* es la velocidad de corte, es decir la raíz cuadrada del cociente del esfuerzo cortante medio entre la densidad del fluido. Los valores propuestos por Tsujimoto (2010) son α_1 = 1.56 y α_2 = 2, en base a un modelo teórico y que aproximadamente coinciden con los valores propuestos por Kerssens (1979): α_1 = 1.54 y α_2 = 2.12, en base a una relación empírica propuesta en base a datos que Coleman (1970) tomó en el río Enoree.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Figura N° 3 Relación entre β y el cociente de la velocidad de sedimentación y la velocidad de corte.



Las salidas del programa, en formato ASCII, como el que emplea Arc Info, permite tratar los datos en entorno GIS y presentar las salidas en un formato gráfico amigable con el usuario, diseñadores y tomadores de decisiones.

El metodo de volúmenes finitos, incrementa la mejora en la estabilidad y robustez sobre las técnicas de diferencias finitas y elementos finitos, pudiendo manejar adeucadamente situaciones de flujo en regímenes subcríticos, supercríticos y mixtos.

2.1 DATOS INICIALES PARA LA MODELIZACIÓN DE LA QUEBRADA PICAMARÁN.

A continuación, se describirán los parámetros empleados en el modelo 2D, para IBER; así como la descripción de las particularidades más importantes que presenta el modelo.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KURIYAMA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42695
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

2.1.1 TOPOGRAFÍA UTILIZADA.

Se utilizó la topografia proporcionada por la especialidad de cartografía los cuales fueron efectuados mediante LIDAR (Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging). Este procedimiento consiste en determinar los puntos X, Y y Z de la superficie terrestre mediante la emisión y detección de un haz láser que rebota en la superficie y que toma en cuenta las inclinaciones del eje del vehículo con respecto a los tres ejes. En este caso en particular el método es adecuado debido a la escasa vegetación del terreno. En tramos urbanos es necesario tener en cuenta los rebotes que podrían ocurrir con los techos de las edificaciones.

Es importante mencionar que las carateristicas del DEM proporcionado por la especialidad de topografia son: tamaño de celda (X,Y) de (0.3; 0.3) y número de banda de 1, a partir de este DEM, se generó la base para el modelamiento hidráulico en el Software IBER; para ello, a la superficie proporcionada, se le asignó un formato tipo ASCII.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Imagen 3. Topografía importada en formato ASCII.



2.1.2 PARÁMETROS HIDRÁULICOS.

2.1.2.1 HIDROGRÁMA DE CAUDALES MÁXIMOS.

Se ha empleado para la simluación hidrogramas de flujo para periodos de retorno T_r = 10, 50, 100 y 500 años. Los cuales se han obtenido del informe Hidrológico correspondiente al presente estudio.

La tabla que se presenta a continuación muestra los valores del hidrograma de caudal máximo de flujo (líquido + sólido), para los diferentes periodos de retorno, esta información esta asociada a la condición de contorno de entrada , la cual deberá ser empleada en el proceso de simulación:

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVIAL

Tabla 3 Hidrogama del caudal máximo de flujo (líquido + sólido)- Quebrada Picamarán.

Subcuenca 40 (Picamarán)	Periodo de Retorno, T_r			
Tiempo	10	50	100	500
00:00	0.0	0.0	0.0	0.0
00:30	0.0	0.0	0.0	0.0
01:00	0.0	0.0	0.0	0.0
01:30	0.0	0.0	0.0	0.0
02:00	0.0	0.0	0.0	0.0
02:30	0.0	0.0	0.0	0.0
03:00	0.0	0.0	0.0	0.0
03:30	0.0	0.0	0.0	0.0
04:00	0.0	0.0	0.0	0.0
04:30	0.0	0.0	0.0	0.0
05:00	0.0	0.0	0.0	0.0
05:30	0.0	0.0	0.0	0.0
06:00	0.0	0.0	0.0	0.0
06:30	0.0	0.0	0.0	0.0
07:00	0.0	0.0	0.0	0.0
07:30	0.0	0.0	0.0	0.0
08:00	0.0	0.0	0.0	0.0
08:30	0.0	0.0	0.0	0.0
09:00	0.0	0.0	0.0	0.0
09:30	1.3	1.9	3.1	4.6
10:00	11.5	17.2	22.3	29.7
10:30	24.5	36.7	45.1	57.9
11:00	28.8	43.2	51.7	65.4
11:30	28.3	42.4	50.1	62.7
12:00	24.5	36.7	43.0	53.5
12:30	21.7	32.5	37.8	47.0
13:00	19.9	29.8	34.5	42.7
13:30	18.4	27.5	31.9	39.3
14:00	17.1	25.6	29.5	36.5
14:30	16.3	24.5	28.1	34.6
15:00	15.3	22.9	26.4	32.5
15:30	14.8	22.2	25.5	31.4
16:00	14.5	21.8	25.0	30.8

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTÍN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Subcuenca 40 (Picamarán)	Periodo de Retorno, T_r			
16:30	14.3	21.4	24.5	30.2
17:00	13.5	20.3	23.3	28.6
17:30	13.0	19.5	22.3	27.5
18:00	12.7	19.1	21.8	26.8
18:30	12.5	18.7	21.3	26.2
19:00	12.0	18.0	20.6	25.2
19:30	11.7	17.6	20.1	24.6
20:00	11.2	16.8	19.3	23.5
20:30	11.0	16.4	18.8	23.0
21:00	10.7	16.1	18.3	22.5
21:30	10.7	16.1	18.2	22.4
22:00	10.5	15.7	17.8	21.8
22:30	10.2	15.3	17.4	21.4
23:00	10.2	15.3	17.3	21.3
23:30	9.9	14.9	16.9	20.7
00:00	9.7	14.5	16.5	20.2
00:30	7.6	11.5	13.0	15.9
01:00	3.8	5.7	6.6	8.0
01:30	1.5	2.3	2.7	3.2
02:00	0.8	1.1	1.2	1.5
02:30	0.3	0.4	0.4	0.6
03:00	0.0	0.0	0.1	0.1
03:30	0.0	0.0	0.0	0.0
04:00	0.0	0.0	0.0	0.0
04:30	0.0	0.0	0.0	0.0
05:00	0.0	0.0	0.0	0.0
05:30	0.0	0.0	0.0	0.0
06:00	0.0	0.0	0.0	0.0
06:30	0.0	0.0	0.0	0.0
07:00	0.0	0.0	0.0	0.0
07:30	0.0	0.0	0.0	0.0
08:00	0.0	0.0	0.0	0.0
08:30	0.0	0.0	0.0	0.0
09:00	0.0	0.0	0.0	0.0
09:30	0.0	0.0	0.0	0.0
10:00	0.0	0.0	0.0	0.0

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Subcuenca 40 (Picamarán)	Periodo de Retorno, T_r			
10:30	0.0	0.0	0.0	0.0
11:00	0.0	0.0	0.0	0.0
11:30	0.0	0.0	0.0	0.0
12:00	0.0	0.0	0.0	0.0
12:30	0.0	0.0	0.0	0.0
13:00	0.0	0.0	0.0	0.0
13:30	0.0	0.0	0.0	0.0
14:00	0.0	0.0	0.0	0.0
14:30	0.0	0.0	0.0	0.0
15:00	0.0	0.0	0.0	0.0
15:30	0.0	0.0	0.0	0.0
16:00	0.0	0.0	0.0	0.0
16:30	0.0	0.0	0.0	0.0
17:00	0.0	0.0	0.0	0.0
17:30	0.0	0.0	0.0	0.0
18:00	0.0	0.0	0.0	0.0
18:30	0.0	0.0	0.0	0.0
19:00	0.0	0.0	0.0	0.0
19:30	0.0	0.0	0.0	0.0
20:00	0.0	0.0	0.0	0.0
20:30	0.0	0.0	0.0	0.0
21:00	0.0	0.0	0.0	0.0
21:30	0.0	0.0	0.0	0.0
22:00	0.0	0.0	0.0	0.0
22:30	0.0	0.0	0.0	0.0
23:00	0.0	0.0	0.0	0.0
23:30	0.0	0.0	0.0	0.0
00:00	0.0	0.0	0.0	0.0
00:30	0.0	0.0	0.0	0.0
01:00	0.0	0.0	0.0	0.0
01:30	0.0	0.0	0.0	0.0
02:00	0.0	0.0	0.0	0.0
02:30	0.0	0.0	0.0	0.0
03:00	0.0	0.0	0.0	0.0
03:30	0.0	0.0	0.0	0.0
04:00	0.0	0.0	0.0	0.0

TOMAS AMADEO SANCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVIAL

Subcuenca 40 (Picamarán)	Periodo de Retorno, T_r			
04:30	0.0	0.0	0.0	0.0
05:00	0.0	0.0	0.0	0.0
05:30	0.0	0.0	0.0	0.0
06:00	0.0	0.0	0.0	0.0
06:30	0.0	0.0	0.0	0.0
07:00	0.0	0.0	0.0	0.0
07:30	0.0	0.0	0.0	0.0
08:00	0.0	0.0	0.0	0.0
08:30	0.0	0.0	0.0	0.0
09:00	0.0	0.0	0.0	0.0
09:30	0.0	0.0	0.0	0.0
10:00	0.0	0.0	0.0	0.0
10:30	0.0	0.0	0.0	0.0
11:00	0.0	0.0	0.0	0.0
11:30	0.0	0.0	0.0	0.0
12:00	0.0	0.0	0.0	0.0
12:30	0.0	0.0	0.0	0.0
13:00	0.0	0.0	0.0	0.0
13:30	0.0	0.0	0.0	0.0
14:00	0.0	0.0	0.0	0.0
14:30	0.0	0.0	0.0	0.0
15:00	0.0	0.0	0.0	0.0
15:30	0.0	0.0	0.0	0.0
16:00	0.0	0.0	0.0	0.0
16:30	0.0	0.0	0.0	0.0
17:00	0.0	0.0	0.0	0.0
17:30	0.0	0.0	0.0	0.0
18:00	0.0	0.0	0.0	0.0
18:30	0.0	0.0	0.0	0.0
19:00	0.0	0.0	0.0	0.0
19:30	0.0	0.0	0.0	0.0
20:00	0.0	0.0	0.0	0.0
20:30	0.0	0.0	0.0	0.0
21:00	0.0	0.0	0.0	0.0
21:30	0.0	0.0	0.0	0.0
22:00	0.0	0.0	0.0	0.0

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Subcuenca 40 (Picamarán)	Periodo de Retorno, T_r			
22:30	0.0	0.0	0.0	0.0
23:00	0.0	0.0	0.0	0.0
23:30	0.0	0.0	0.0	0.0
00:00	0.0	0.0	0.0	0.0
00:30	0.0	0.0	0.0	0.0
01:00	0.0	0.0	0.0	0.0
01:30	0.0	0.0	0.0	0.0
02:00	0.0	0.0	0.0	0.0
02:30	0.0	0.0	0.0	0.0
03:00	0.0	0.0	0.0	0.0
03:30	0.0	0.0	0.0	0.0
04:00	0.0	0.0	0.0	0.0
04:30	0.0	0.0	0.0	0.0
05:00	0.0	0.0	0.0	0.0
05:30	0.0	0.0	0.0	0.0
06:00	0.0	0.0	0.0	0.0
06:30	0.0	0.0	0.0	0.0
07:00	0.0	0.0	0.0	0.0
07:30	0.0	0.0	0.0	0.0
08:00	0.0	0.0	0.0	0.0
08:30	0.0	0.0	0.0	0.0
09:00	0.0	0.0	0.0	0.0
09:30	0.0	0.0	0.0	0.0
10:00	0.0	0.0	0.0	0.0
10:30	0.0	0.0	0.0	0.0
11:00	0.0	0.0	0.0	0.0
11:30	0.0	0.0	0.0	0.0
12:00	0.0	0.0	0.0	0.0
12:30	0.0	0.0	0.0	0.0
13:00	0.0	0.0	0.0	0.0
13:30	0.0	0.0	0.0	0.0
14:00	0.0	0.0	0.0	0.0
14:30	0.0	0.0	0.0	0.0
15:00	0.0	0.0	0.0	0.0
15:30	0.0	0.0	0.0	0.0
16:00	0.0	0.0	0.0	0.0

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42695
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Subcuenca 40 (Picamarán)	Periodo de Retorno, T_r			
16:30	0.0	0.0	0.0	0.0
17:00	0.0	0.0	0.0	0.0
17:30	0.0	0.0	0.0	0.0
18:00	0.0	0.0	0.0	0.0
18:30	0.0	0.0	0.0	0.0
19:00	0.0	0.0	0.0	0.0
19:30	0.0	0.0	0.0	0.0
20:00	0.0	0.0	0.0	0.0
20:30	0.0	0.0	0.0	0.0
21:00	0.0	0.0	0.0	0.0
21:30	0.0	0.0	0.0	0.0
22:00	0.0	0.0	0.0	0.0
22:30	0.0	0.0	0.0	0.0
23:00	0.0	0.0	0.0	0.0
23:30	0.0	0.0	0.0	0.0
00:00	0.0	0.0	0.0	0.0
00:30	0.0	0.0	0.0	0.0
01:00	0.0	0.0	0.0	0.0
01:30	0.0	0.0	0.0	0.0
02:00	0.0	0.0	0.0	0.0
02:30	0.0	0.0	0.0	0.0
03:00	0.0	0.0	0.0	0.0
03:30	0.0	0.0	0.0	0.0
04:00	0.0	0.0	0.0	0.0
04:30	0.0	0.0	0.0	0.0
05:00	0.0	0.0	0.0	0.0
05:30	0.0	0.0	0.0	0.0
06:00	0.0	0.0	0.0	0.0
06:30	0.0	0.0	0.0	0.0
07:00	0.0	0.0	0.0	0.0
07:30	0.0	0.0	0.0	0.0
08:00	0.0	0.0	0.0	0.0
08:30	0.0	0.0	0.0	0.0
09:00	0.0	0.0	0.0	0.0
09:30	0.0	0.0	0.0	0.0
10:00	0.0	0.0	0.0	0.0

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Subcuenca 40 (Picamarán)	Periodo de Retorno, T_r			
10:30	0.0	0.0	0.0	0.0
11:00	0.0	0.0	0.0	0.0
11:30	0.0	0.0	0.0	0.0
12:00	0.0	0.0	0.0	0.0
12:30	0.0	0.0	0.0	0.0
13:00	0.0	0.0	0.0	0.0
13:30	0.0	0.0	0.0	0.0
14:00	0.0	0.0	0.0	0.0
14:30	0.0	0.0	0.0	0.0
15:00	0.0	0.0	0.0	0.0
15:30	0.0	0.0	0.0	0.0
16:00	0.0	0.0	0.0	0.0
16:30	0.0	0.0	0.0	0.0
17:00	0.0	0.0	0.0	0.0
17:30	0.0	0.0	0.0	0.0
18:00	0.0	0.0	0.0	0.0
18:30	0.0	0.0	0.0	0.0
19:00	0.0	0.0	0.0	0.0
19:30	0.0	0.0	0.0	0.0
20:00	0.0	0.0	0.0	0.0
20:30	0.0	0.0	0.0	0.0
21:00	0.0	0.0	0.0	0.0
21:30	0.0	0.0	0.0	0.0
22:00	0.0	0.0	0.0	0.0
22:30	0.0	0.0	0.0	0.0
23:00	0.0	0.0	0.0	0.0
23:30	0.0	0.0	0.0	0.0
00:00	0.0	0.0	0.0	0.0

Los caudales pico para los distintos periodos de retorno se muestran a continuación en un cuadro resumen:

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

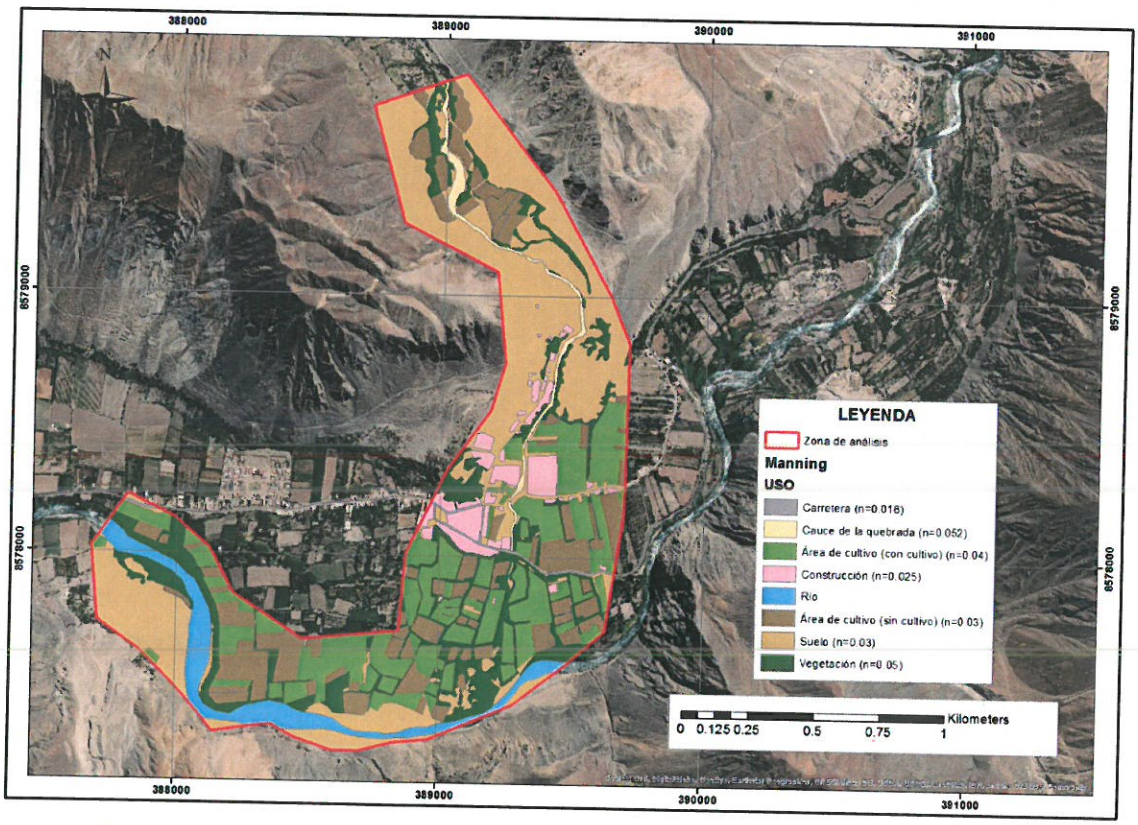
Tabla 4 Caudales maximos para distintos periodos de retorno.

Quebrada	Periodo de Retorno (T_r)	Caudal (m^3/s)
Picamarán	10	28.8
	50	43.2
	100	51.7
	500	65.4

2.1.2.2 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ANÁLISIS POR EL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING.

Se caracterizó la zona en estudio , para ello se empleo valores de rugosidad que representan la superficie en estudio, estos valores se pueden apreciar en la imagen n° 4 (Valores del coeficiente de Manning).

Imagen 4. Valores del coeficiente de Manning para la quebrada Picamarán.



TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KURONIYA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Para determinar el valor del coeficiente de Manning del cauce de la quebrada se utilizó el método de Cowan, donde se puedes estimar esta mediante la siguiente relación:

$$n = m_5 \times (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)$$

En la siguiente tabla se muestran los valores correspondientes a las variable utilizadas por Cowan:

Tabla 5 Tabla de Cowan para determinar la influencia de factores sobre el coeficiente n

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		0.050
	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
	Media		0.010 - 0.025
	Alta		0.025 - 0.050
	Muy Alta		0.050 - 0.100
Grado de los efectos por meandro	Menor	m_5	1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

Fuente: Hidraúlica de Tuberias y Canales – Arturo Rocha

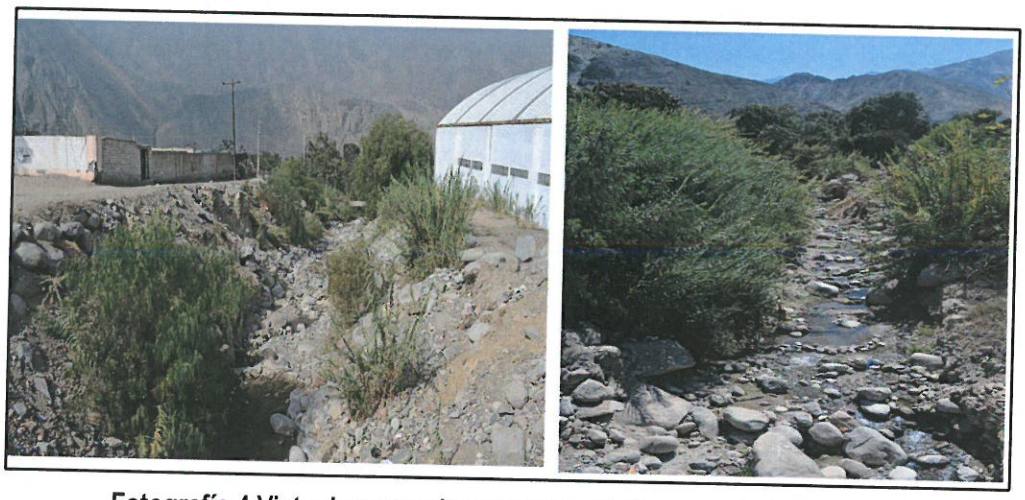
TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

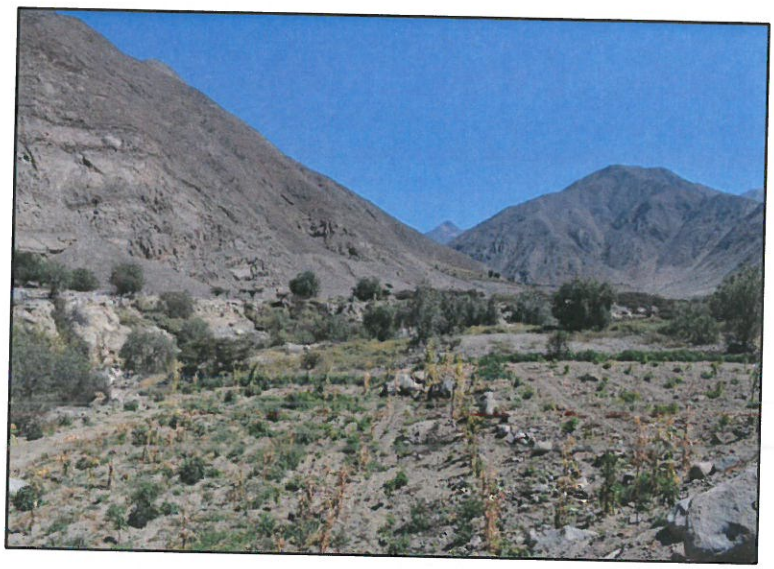
Ing. JULIO MARTIN KURIOWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Para determinar los valores de influencia de Cowan se realizó una visita de campo a la quebrada Picamarán, donde se pudo observar las condiciones del cauce que presenta este curso de agua.

Fotografía 3 Vista del cauce de la quebrada Picamarán



Fotografía 4 Vista de zonas de cultivos hacia llanuras de inundación.



Como se muestra en las Fotografias 3 y 4, la quebrada Picamarán tiene como material de cauce entre grava gruesa, y bolonería, variación de sección gradual, nivel de obstrucción menor (entre troncos y rocas), vegetación baja y nivel de

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

grado de meandro menor, de esta forma se presenta en la Tabla 5 los valores de influencia de Cowan y se tiene como coeficiente de rugosidad de Manning de la quebrada Picamarán (n) igual a 0.052.

Tabla 6 Valores de influencia de Cowan para la quebrada Picamarán

Valores de influencia de Cowan	
n_0	0.028
n_1	0.006
n_2	0.003
n_3	0.010
n_4	0.005
m_5	1.000

Fuente: Elaboración Propia

Los valores para las áreas de cultivo, con y sin cultivo fueron obtenidos de la sección D de la tabla de valores de Coeficiente de Rugosidad de Manning (n) de Hydraulic Design of Safe Bridges.

Tabla 7 Valores de coeficientes de Rugosidad de Manning - FHWA 2012

	TIPO DE CANAL	MÍNIMO	NORMAL	MÁXIMO
D.2 PLANICIES DE INUNDACIÓN	a. Con pasto sin arbusto			
	Pastizales bajos	0.025	0.030	0.035
	Pastizales altos	0.030	0.035	0.050
	b. Áreas cultivadas			
	Sin cultivo	0.020	0.030	0.040
	Cultivos en línea maduros	0.025	0.035	0.045
	Con cultivo	0.030	0.040	0.050
	c. Matorrales			
	Matorrales dispersos, mucha maleza	0.035	0.050	0.070
	Pocos matorrales y árboles en invierno	0.035	0.050	0.060
	Pocos matorrales y árboles en verano	0.040	0.060	0.080
	Matorrales medios a densos en invierno	0.045	0.070	0.110
	Matorrales medios a densos en verano	0.070	0.100	0.160
	d. Árboles			
	Sauces densos, rectos y en verano	0.110	0.150	0.200
	Terreno limpio, con troncos sin retoños.	0.030	0.040	0.050
	Igual que el anterior, pero con gran cantidad de retoños.	0.050	0.060	0.080

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

TIPO DE CANAL		MÍNIMO	NORMAL	MÁXIMO
	Gran cantidad de árboles, algunos troncos caídos, con poco crecimiento de matorrales, nivel del agua por debajo de las ramas.	0.080	0.100	0.120
	Igual que el anterior, pero con nivel de creciente por encima de las ramas	0.100	0.120	0.160

Fuente: Hydraulic Design of Safe Bridges - FHWA 2012

Tabla 8 Coeficiente de Rugosidad de Manning para las llanuras de inundación de la quebrada Picamarán.

Valores de Manning (n)	
Área Cultivada sin cultivo	0.030
Área Cultivada con cultivos	0.040
Matorrales dispersos, mucha maleza	0.050

Fuente: Elaboración Propia.

2.1.3 DIMENSIONAMIENTO DE LA MALLA

El proceso de calibración de un modelo bidimensional parte del tipo y tamaño de malla adecuado para la modelización hidraulica; los ríos y las quebradas tienen una geometria irregular y la construcción de una malla eficiente no es evidente, ante ello es deseable que la malla sea irregular, con el fin de mimimizar el número de elementos con transición suaves; para ello son muy adecuados los métodos de mallado basados en el error cordal (máxima distancia entre el terreno original y la malla). Por ello iber incorpora las capacidades estandar de mallado de GiD, como la creación de mallas estructuradas y no estructuradas de triangulos y de cuadrilateros. Las mallas estructuradas estan formadas por elementos cuadrangulares ordenados en filas y columnas, no obstante, resulta complejo adaptarlas a geometrias irregulares.

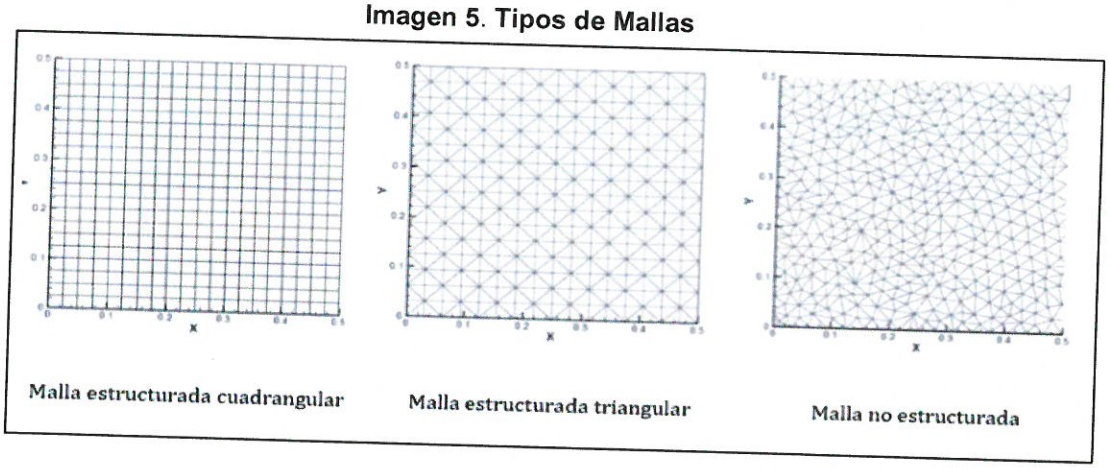
Para el presente estudio y análisis se utilizarán mallas no estructuradas las cuales estan formadas por elementos de cualquier forma, la ventaja es que se adaptan a cualquier geometría como son la simulación de ríos y llanuras.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Imagen 5. Tipos de Mallas



Una vez definido el tipo de malla a utilizar se procedió a distinguir por zonas la superficie para realizar el proceso de discretización y refinamiento para el dominio de cálculo; a cada zona se le asignará un tamaño de malla diferente, bajo la condición de que, en zonas mas sensibles de afecciones o de detalle se asignarán tamaños de malla más pequeños y en zonas con menor apremio un tamaño de malla mayor; es importante mencionar que dicho tamaño de malla debe ser coherente con el tamaño de resolución del DEM que se ha utilizado para el el modelamiento, por lo que no se podria colocar un tamaño de malla menor ya que seria incongruente al momento del análisis.

Por lo expuesto anteriormente se asignó los siguientes tamaños de mallas según las zonas, entiendo que el objetivo principal del presente documento es el análisis en la zona del cauce de la quebrada.

Tabla 9 Discretización y refinamiento de malla según zonas de estudio.

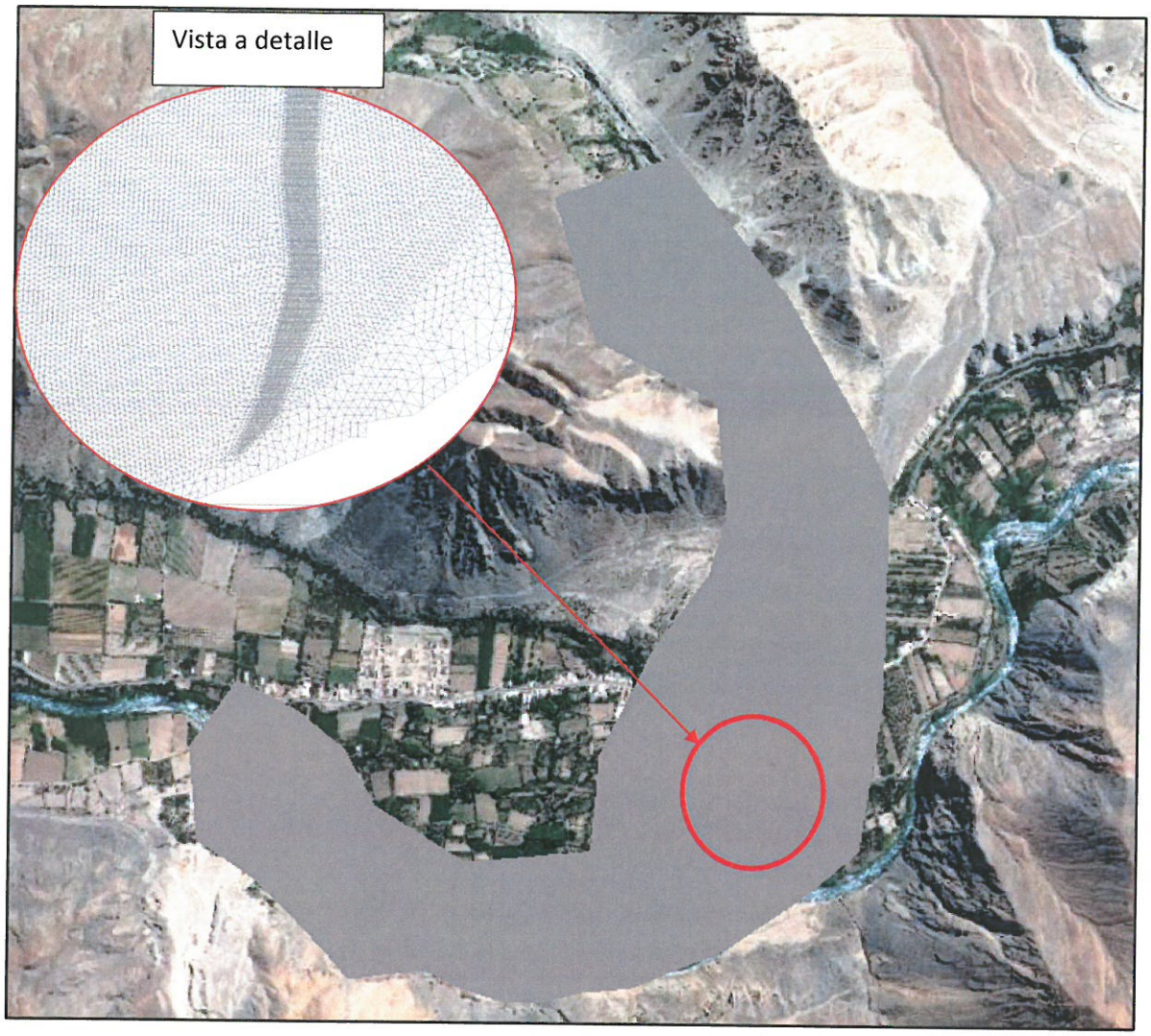
ZONAS	TAMAÑO DE MALLA
Cauce de Quebrada	1.00 x 1.00 m
Llanuras y zona de río	5.00 x 5.00 m
zonas alejadas	7 .00 x 7.00 m

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Imagen 6 Refinamiento de malla según zonas.



2.2 EJECUCIÓN DEL MODELO 2D.

2.2.1 CONDICIONES DE CONTORNO DEL FLUJO

Se pueden imponer diferentes tipos de condiciones de contorno, para que las ecuaciones utilizadas por el programa estén bien planteadas desde el punto de vista matemático, el número de condiciones a imponer en los contornos depende de si se trata de un contorno de entrada o de salida de flujo, así como del tipo de

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

régimen, así pues, si se considera que el flujo es del tipo supercrítico o subcrítico las condiciones serán distintas para cada caso.

Cuadro N° 1 Condiciones de contorno implementadas en los contornos abiertos.

Contorno		Régimen	Condiciones impuestas
Entrada	Caudal total	Subcrítico / Crítico	Caudal total en dirección normal al contorno
		Supercrítico	Caudal total en dirección normal al contorno y velocidad media
	Caudal específico	Subcrítico / Crítico	Caudal específico en dirección normal al contorno
		Supercrítico	a) Caudal específico en dirección normal al contorno y calado b) Caudal específico en dirección normal al contorno y cota de agua
Salida	Subcrítico		a) Calado b) Cota de agua c) Vertedero (cota y coeficiente de descarga) d) Curva de gasto
	Supercrítico / Crítico		No es necesario imponer ninguna condición

Fuente: Manual referencia Hidráulico - Iber

Teniendo en cuenta estos requerimientos para poder identificar el tipo de flujo en cuanto a las quebradas se realizó un primer análisis mediante el uso del software HEC RAS, el cual nos permitirá determinar de manera a priori el tipo de flujo mediante el valor del número de Froude, y de esta manera poder establecer qué tipo de condición de contorno es ideal colocar al modelo y obtener valores más reales.

Es así que para la quebrada PICAMARÁN, se obtuvieron resultados para los distintos periodos de retorno los cuales se muestran en la Tabla 10.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Tabla 10 Valores de Froude según periodo de retorno en zona de estudio

QDA	TR	QPICO	N° FROUDE EN TRAMO DE ESTUDIO
PICAMARAN	10	28.8	Mayor a 1
	50	43.2	Mayor a 1
	100	51.7	Mayor a 1
	500	65.4	Mayor a 1

Fuente: Elaboración Propia.

La tabla de resultados para cada periodo de retorno se presentará en el anexo correspondiente al presente estudio; así pues, se determina que el flujo presente en esta quebrada es un flujo super crítico, por lo que, la condición de contorno de entrada inicial al programa IBER es: Caudal total y velocidad (véase Tabla N° 11); la velocidad inicial requerida como parámetro de entrada al programa IBER fue determinada mediante el uso del Software HEC RAS y se determino en la primera sección de análisis.

Tabla 11 Valores de Velocidad según periodo de retorno en la primera sección de análisis

QDA	TR	QPICO (m^3/S)	V Inicial (m/s)
PICAMARAN	10	28.8	4.89
	50	43.2	5.39
	100	51.7	5.63
	500	65.4	5.97

Fuente: Elaboración Propia.

Es importante mencionar que los modelos de onda dinámica, como el caso del presente estudio tienden a estabilizarse debido a las ecuaciones que la rigen, por lo que el análisis previo mediante el uso del SOFTWARE HEC RAS para la

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

determinación de parámetros iniciales es considerado valido para el nivel del presente estudio.

Los valores a ingresar como condiciones de contorno Inicial y final al modelo IBER serán Q total y velocidad en la sección inicial del tramo y en la salida no será necesario imponer ninguna condición.

Cuadro N° 2 Condición de contorno seleccionados para el modelo IBER

Contorno		Régimen	Condiciones impuestas
Entrada	Caudal total	Subcrítico / Crítico	Caudal total en dirección normal al contorno
		Supercrítico	Caudal total en dirección normal al contorno y velocidad media
	Caudal específico	Subcrítico / Crítico	Caudal específico en dirección normal al contorno
		Supercrítico	a) Caudal específico en dirección normal al contorno y calado b) Caudal específico en dirección normal al contorno y cota de agua
Salida		Subcrítico	a) Calado b) Cota de agua c) Vertedero (cota y coeficiente de descarga) d) Curva de gasto
		Supercrítico / Crítico	No es necesario imponer ninguna condición

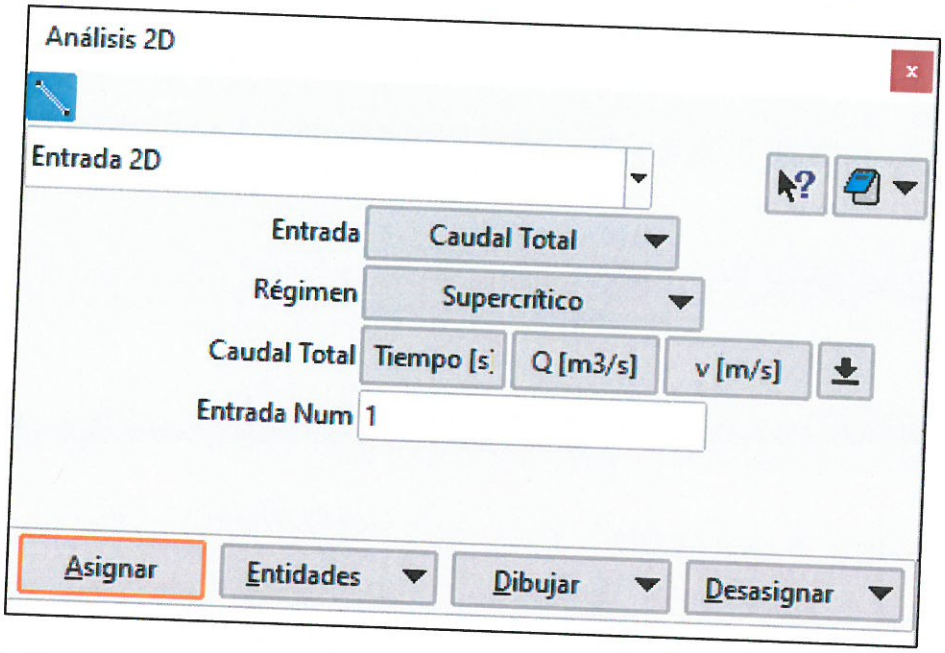
Para el modelo se tiene el siguiente paquete de condición de contorno en la entrada, considerando un flujo supercrítico:

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

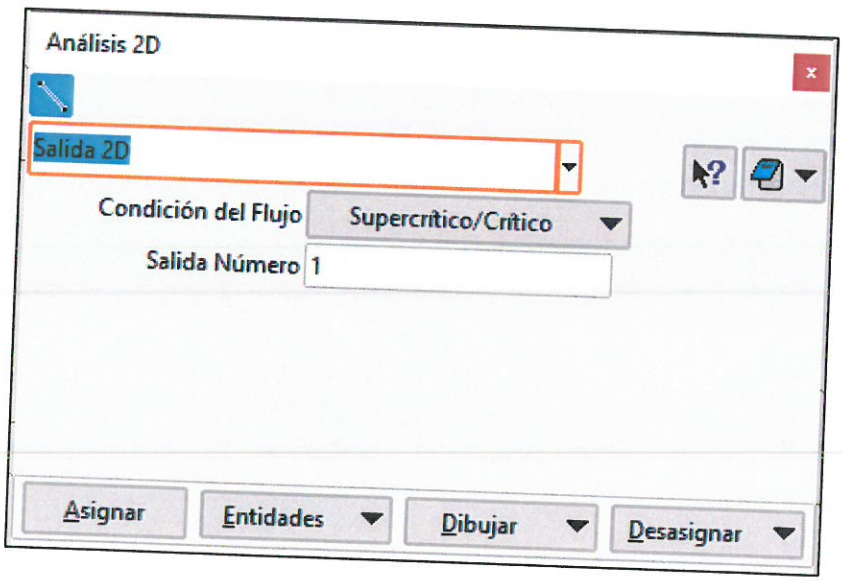
Ing. JULIO MARTIN KURDIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Imagen 7. Condición de contorno en la entrada para la quebrada Picamarán.



De la misma manera, se ha asociado una condición de contorno de salida, la cual para el presente modelo se utilizó una condición de flujo Supercrítico/ Crítico.

Imagen 8. Condición de contorno de salida para la quebrada Picamarán.



TOMAS AMADEO SÁNCHEZ ROMAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KURIOWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

2.2.2 TRANSPORTE DE SEDIMENTOS.

En el módulo de transporte de sedimento se resuelven las ecuaciones de transporte por carga de fondo y por carga en suspención, teniendo en cuenta ambos modos de transporte se calcula la evolución de la cota del fondo debido a procesos de sedimentación y erosión. En todos los casos se consideran granulometrías uniformes.

- El caudal sólido de fondo se calcula mediante formulaciones empiricas en función de la tensión de fondo. Para el modulo de trasporte de sedimentos por carga de fondo se escogió la formula empirica correspondiente a Meyer – Peter y Müller (1984), la cual presenta las siguientes características:

Fórmula de Meyer- Peter y Müller (1948)

Meyer-Peter y Müller desarrollaron una ecuación empírica a partir de estudios efectuados en aforadores con gastos que fluctuarán de 0.002 a 2 m^3/s, pendiente de 0.004 a 0.2 y con tirante de 0.01 a 1.2 m. Los experimentos se condujeron con materiales naturales y sintéticos cuyo diámetro osciló entre 0.4 a 30 mm. Es conveniente utilizarla para cauce con arena con diámetro mayor de 0.0002 m, hasta grava gruesa con diámetro < de 0.03 m; la fórmula es recomendada para ríos de montaña, pendiente aproximada de 1.2 % y rugosidades medias. Otros autores indican que la ecuación de Meyer- Peter y Müller fue propuesta a partir de información experimental de laboratorio con partículas de sedimento relativamente grueso, en el rango de arenas a gravas y con granulometría uniforme, y también mezclas de sedimentos de distintos tamaños. Se recomienda su aplicabilidad en cauces anchos (B/h > 40) y materiales gruesos, donde d_s corresponde a d_{50}. (*Ref. Hidráulica Fluvial y Transporte de Sedimentos, Yarko Niño. 2005*).

$$g_B = 8\gamma_s\left(g\left(\frac{\gamma_s}{\gamma_s-\gamma}\right)D^3\right)^{0.5}\left[\frac{n_s}{n}^{1.5}\tau_* - 0.047\right]^{1.5}$$

$$n_s = \frac{D_{90}^{1/6}}{26}$$

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Donde,

g_B:	gasto sólido de fondo unitario	Kgf/m
D:	diámetro de la partícula (dm, d_{50} ... etc)	m
G:	aceleración debido a la gravedad	m^2/s
Γ :	peso específico del agua	Kgf/m^3
γ_s :	peso específico del suelo	Kgf/m^3
r_* :	número adimensional de Shields	
q :	profundidad del flujo	
n :	coeficiente de Manning	
n_s:	coeficiente de Manning debido a la partícula	

- En el transporte en suspención se calcula resolviendo la ecuación de convección y difusión promediada en profundidad para la concentración de sedimento, incluyendo un termino de deposición/ resuspensión que modela el intercambio de sedimento entre el lecho y la carga en suspensión, y se analizó a partir de la formula empirica Van Rijn.

Fórmula de Van Rijn (1984)

La ecuación de Van Rijn fue derivada a través de análisis teóricos y verificados con datos de laboratorio y de campo utilizando sedimentos uniformes con diámetros de partículas comprendidos entre 0.2 mm y 2 mm. (Quincho, 2015).

g_B cuando $T < 3$

$$g_B = 0.053\,\gamma_s \left[g\left(\frac{\gamma_{s-}\gamma}{\gamma}\right)D_{50}^3\right]^{0.4} T^{2.1} v^{0.2}$$

g_B cuando $T \geq 3$

$$g_B = 0.1\,\gamma_s \left[g\left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}\right)D_{50}^3\right]^{0.5} T^{1.5} D_*^{-0.3}$$

Donde,

g_B	gasto sólido total unitario	Kgf/m
D	diámetro de la partícula (d_{50}.)	m
g	aceleración debido a la gravedad	m^2/s

TOMAS AMADEO SANCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

γ	peso específico del agua	Kgf/m^3
γ_s	peso específico del suelo	Kgf/m^3
S	pendiente media de la cuenca	
r_o	esfuerzo cortante que el flujo ejerce en el fondo	Kgf/m^2
r_c	esfuerzo cortante critico en el fondo, necesario para iniciar el movimiento de las partículas	Kgf/m^3
D_*	número adimensional de la partícula	m
V	viscosidad cinemática del agua	m/s
T	adimensional	

Asi mismo se tuvo en cuenta los siguientes coeficientes.

Tabla 12. Coeficiente de difusión de sedimentos

Quebrada	y_{100} (m)	S_o	u* (m/s)	e_s (m^2/s)
Picamarán	**1.30**	**0.0612**	**0.883**	**0.0800**
Condoray	0.90	0.0782	0.831	0.0521
Jacayita	0.40	0.0965	0.615	0.0171
San Jerónimo	0.88	0.067	0.761	0.0466

Fuente: Elaboración Propia.

Estimación del numero de Schmidt

Tabla 13. Número de Schmidt

Quebrada	D susp (mm)	D susp (m)	w_o (m/s)	w_o/u^*	β	N ° Schmidt
Picamarán	**1**	**0.001**	**0.101**	**0.114**	**1.015**	**0.985**
Condoray	1	0.001	0.101	0.121	1.017	0.983
Jacayita	1	0.001	0.101	0.163	1.033	0.968
San Jerónimo	1	0.001	0.101	0.132	1.021	0.979

Fuente: Elaboración Propia.

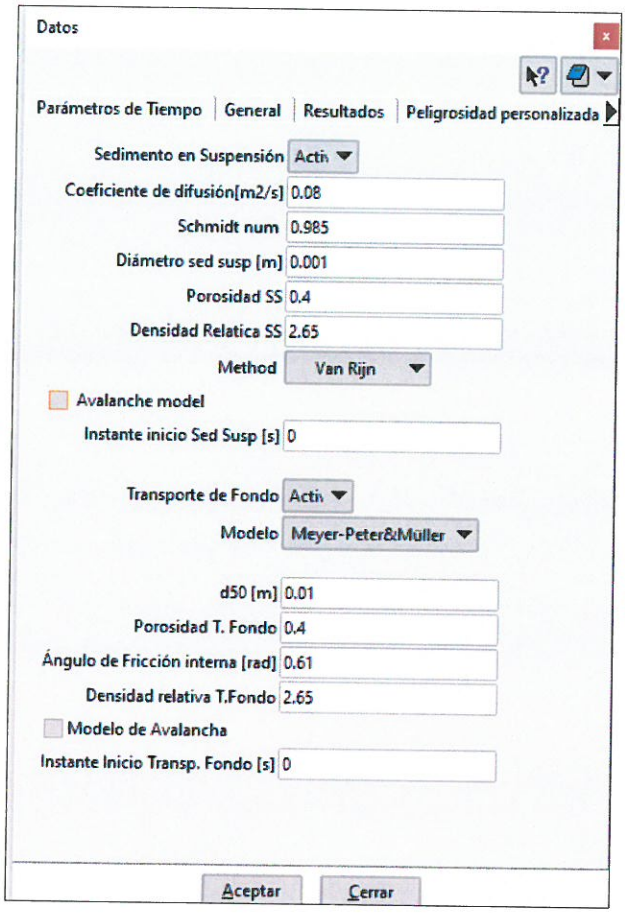
TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

2.2.2.1 PAQUETE DE ANÁLISIS DE SEDIMENTOS

Cuadro N° 3 Paquete de análisis de sedimentos



3. RESULTADOS DE LA MODELIZACIÓN

La presentación de resultados para los distintos periodos de retornos se podrá apreciar con mayor detalle en los anexos del presente documento.

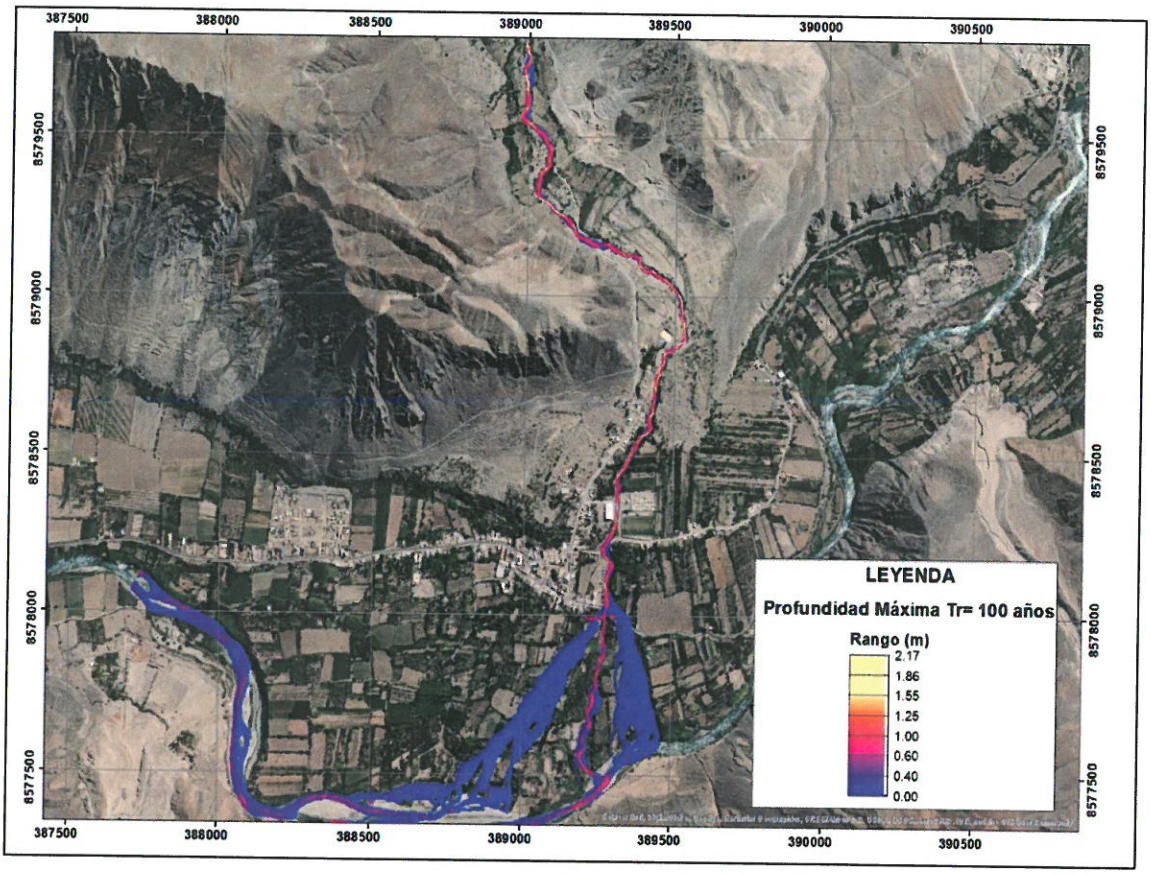
A continuación se muestra la salidas para el periodo de retorno de T_r = 100 años en la Imagen 9.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Imagen 9. Propagación de flujo, T_r = 100 años.

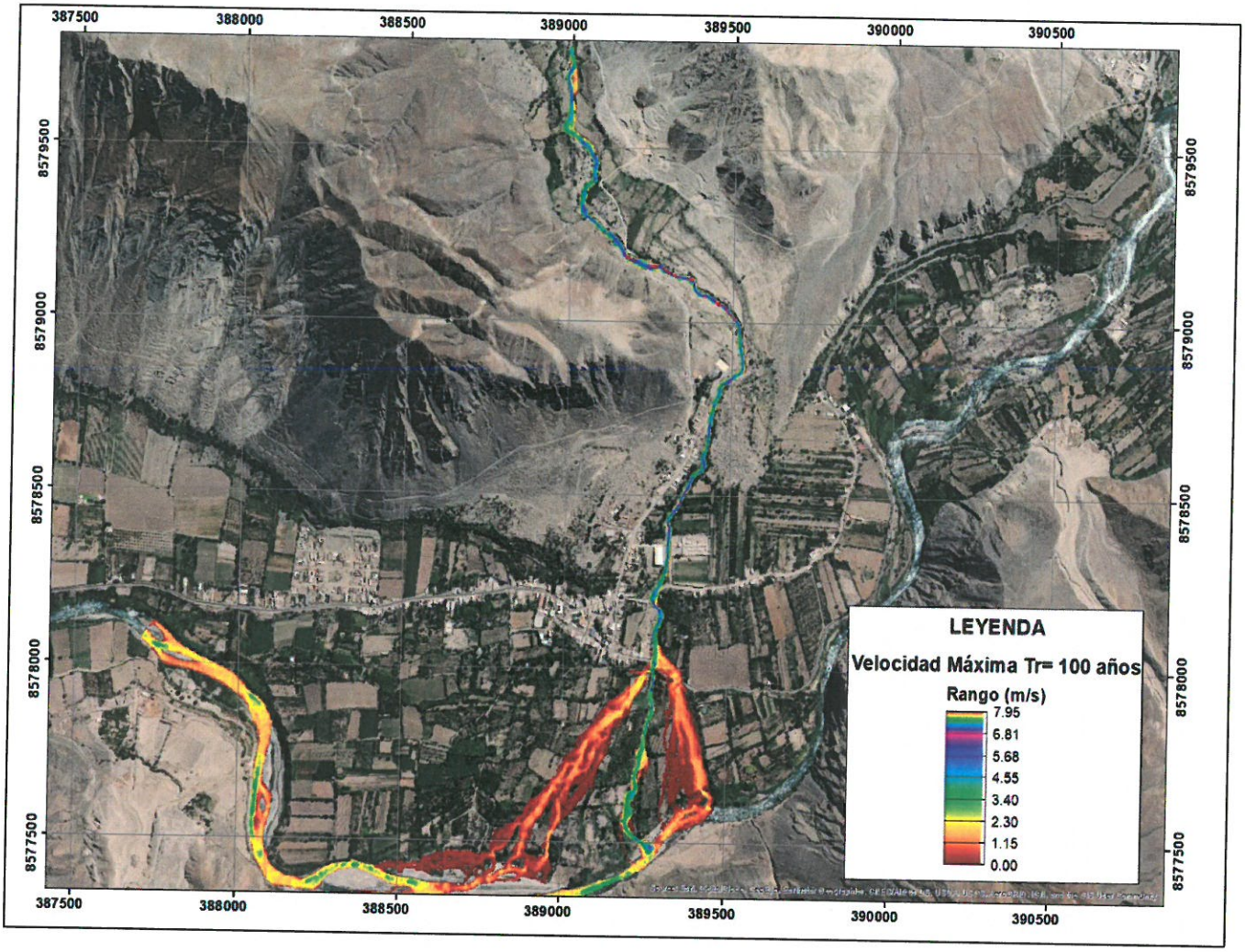


TOMAS AMADEO SANCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KURONIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Imagen 10. Velocidad Máxima, T_r = 100 años.

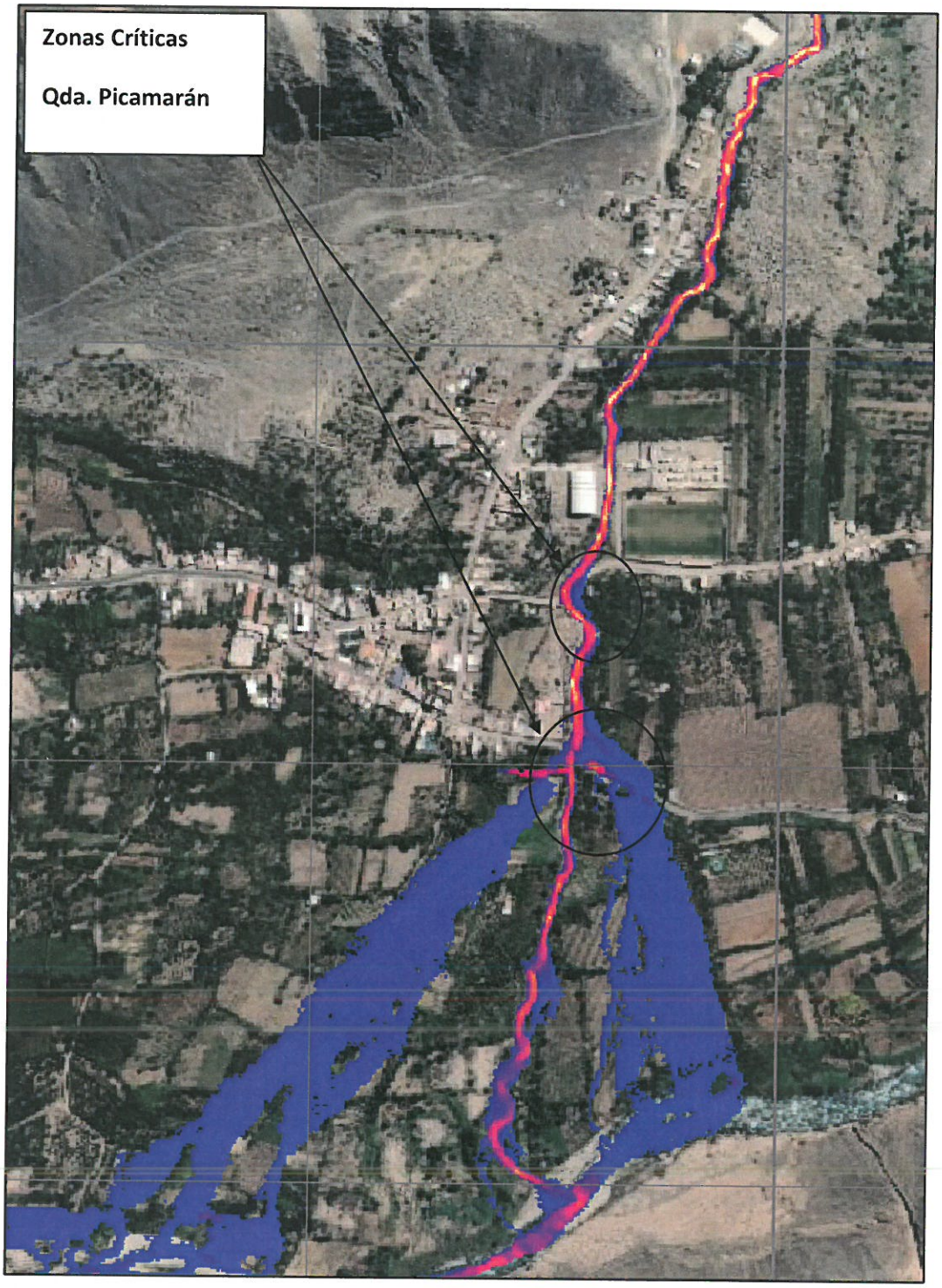


TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Imagen 11. Zona de riesgo.

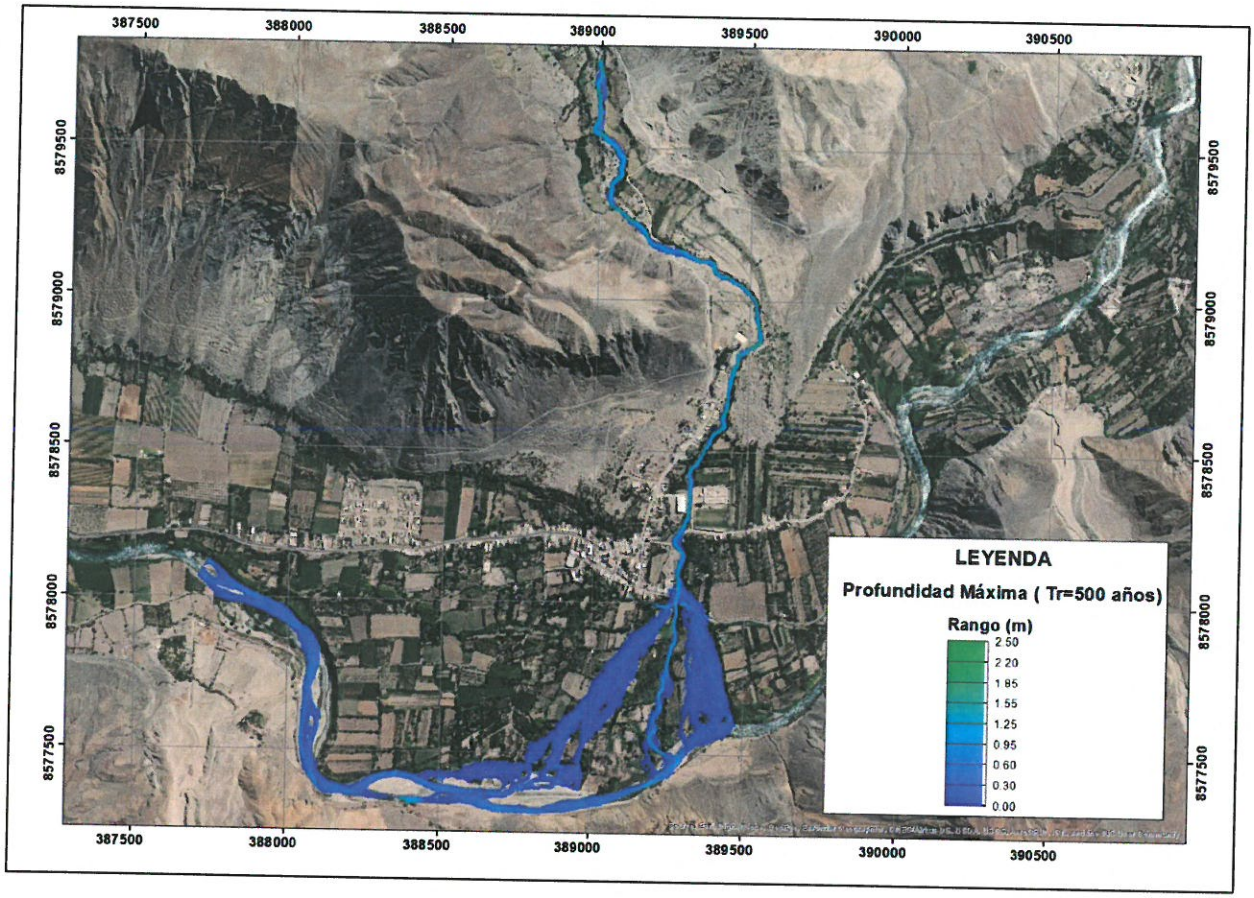


TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVIAL

Imagen 12. Áreas inundadas con la avenida cuyo T_r = 500 años.



Se han simulado avenidas con hidrogramas correspondientes a las avenidas cuyo periodo de retorno son 10, 50, 100 y 500 años. Los desbordes de la Quebrada Picamarán ocurren a partir de la avenida cuyo periodo de retorno es 50 años. Los desbordes se generan entre la antigua y la nueva vía Cañete – Yauyos, inundando campos de cultivo en ambos lados del cauce. La avenida cuyo periodo de retorno es 100 años genera el mismo efecto, aumentando ligeramente el área cubierta por la inundación. El área no aumenta de manera apreciable con respecto a la avenida de 50 años porque la pendiente del terreno es muy fuerte. Al simularse el caudal cuyo periodo de retorno es 500 años, el área inundada aumenta ligeramente por las razones expuestas anteriormente..

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Del análisis realizado se pudo apreciar que existen dos zonas donde se producen inundaciones, la primera aguas abajo del coliseo, en el cruce con una vía de acceso , la cual estrangula el paso del flujo natural, represando el mismo, lo que genera el desborde y aguas abajo en la zona dode cruza la quebrada y la carretera Cañete – Yauyos.

4. SISTEMA DE PROTECCIÓN DE LA QUEBRADA PICAMARAN

El sistema de protección que se plantea implementar es un sistema de canal de mampostería a lo largo del cauce de la quebrada, con el fin de proteger las zonas de cultivo y a su vez dar paso a los flujos que se presenten ante posibles eventos extremos. En la zona de intersección entre vías principales y secundarias con la quebrada en estudio se plantea el mejoramiento de los badenes existentes o la construcción de los mismos y de esta manera cumplir con la protección de zonas de cultivos y vias principales. Para el diseño de este sistema se consideró la geomorfologia de la quebrada y los datos resultantes de la modelización de la misma, como son tirantes y velocidades máximas.

Imagen 13. Ejemplo de canal de mampostería de piedra en zona de quebrada.



TOMAS AMADEO SANCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

4.1 CANAL

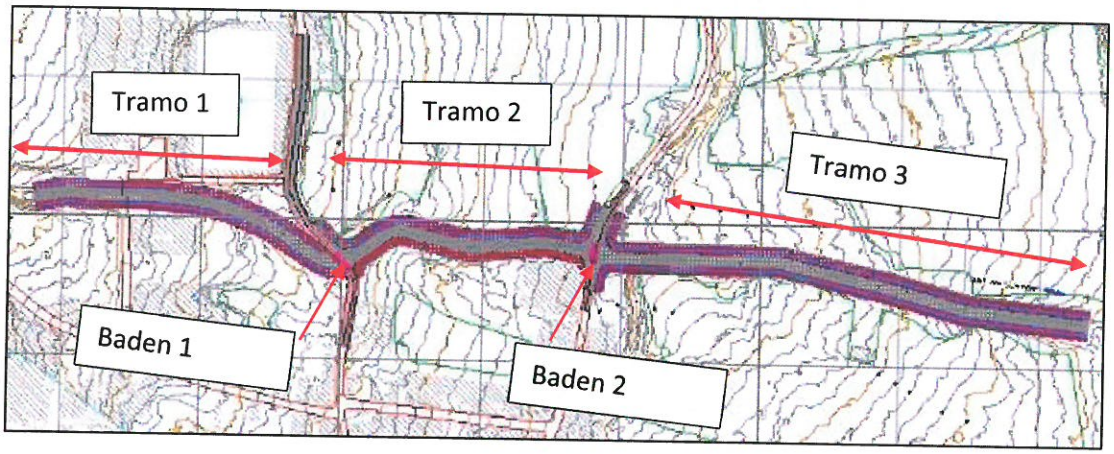
4.1.1 PENDIENTE LONGITUDINAL

La pendiente longitudinal del canal se estableció siguiendo la pendiente natural del cauce de la quebrada para que no se alteren los procesos geomorfológicos, como la erosión y sedimentación.

4.1.2 SECCIÓN DEL CANAL

Se escogió un canal de tipo trapezoidal con una base de 7.5 m y un talud variable, de acuerdo al tramo en estudio. La quebrada Picamarán se dividió en tres tramos de estudio.

Imagen 14. Vista en Planta del Sistema de defensa para la quebrada Picamarán.



Cuadro N° 4 Longitud total de Tramos revestidos.

Quebrada	Longitud del Tramo (km)		
	Margen Derecha	Margen Izquierda	Eje-Cauce
Picamarán	0.7946	0.8367	0.7794

TOMAS AMADEO SANCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42695
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVIAL

Imagen 15. Sección típica para la quebrada Picamarán – Tramo 1

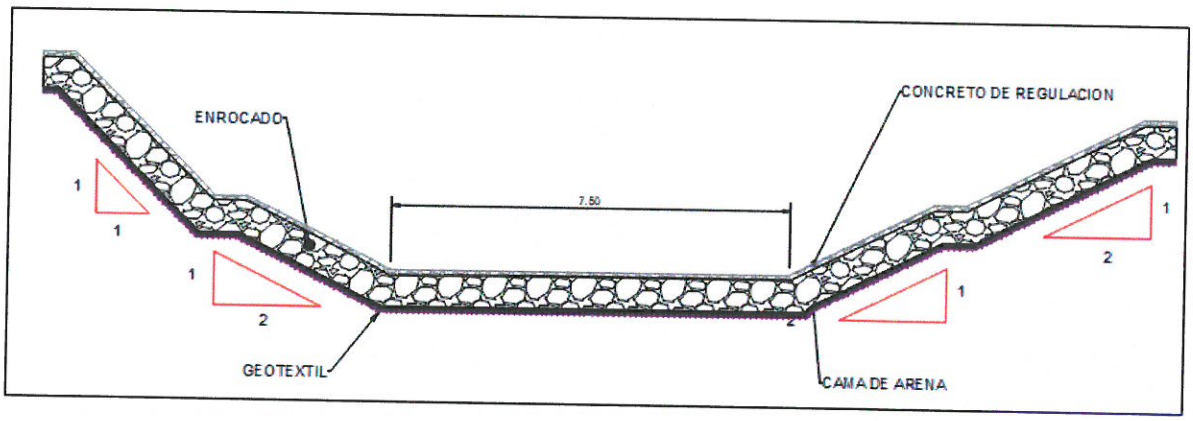
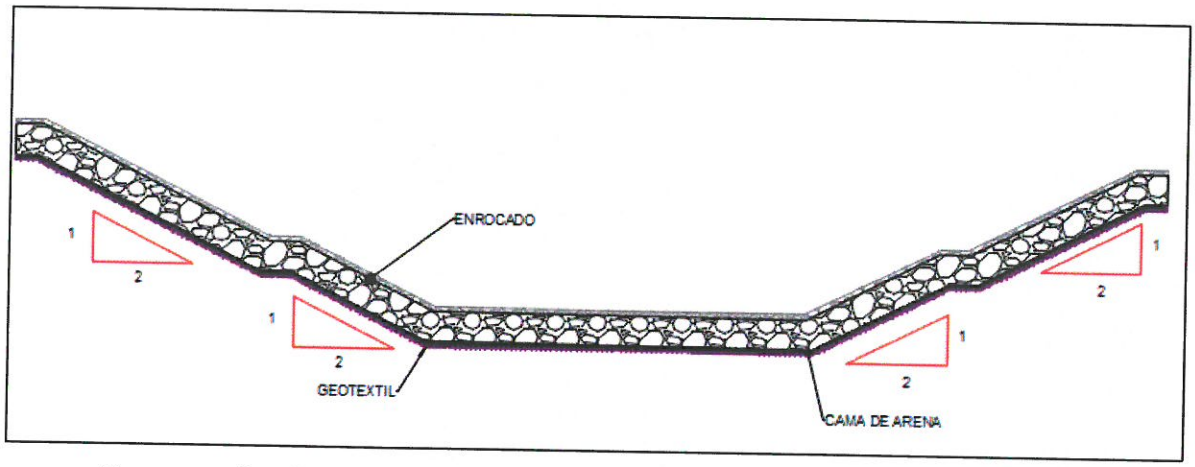


Imagen 16. Sección típica para la quebrada Picamarán – Tramo 2 y 3



Un mayor detalle de las presentes obras se encuentran en los anexos planos del presente estudio.

4.1.3 BADÉN

4.1.3.1 PENDIENTE LONGITUDINAL DEL BADÉN

El diseño hidráulico del badén debe adoptar pendientes longitudinales de ingreso y salida de la estructura, de tal manera que el paso de los vehículos a través de el, sea de manera confortable y no implique dificultades para los conductores y

TOMAS AMADEO SANCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

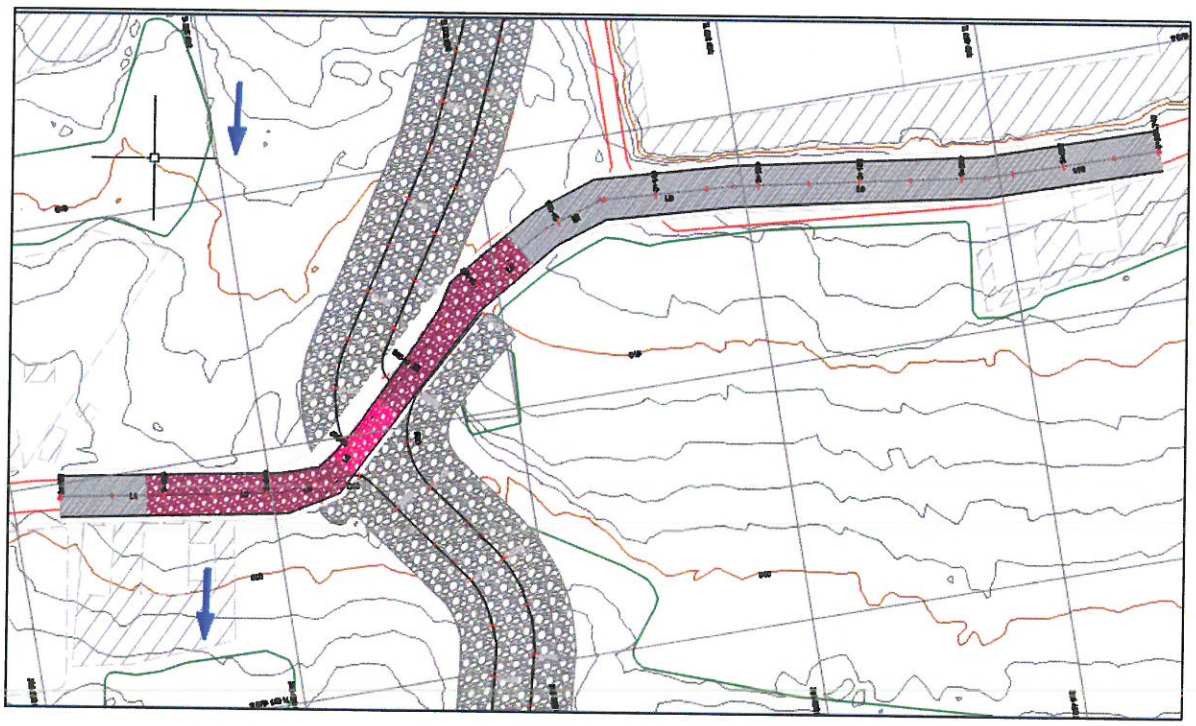
daño a los vehículos. La pendiente longitudinal para el badén de la quebrada Picamarán es de 5%.

La longitud del badén debe ser tal que permita el paso normal de los vehículos. La longitud establecida para la quebrada Picamarán es de 15 m.

Se han propuesto 2 badenes en el cruce de la quebrada Picamarán. Ambos tienen diferentes características , debido a la geomorfología de la zona.

El Primer badén se encuentra en el cruce de la carretera Yauyos - Cañete y la quebrada en estudio, como se aprecia en la imagen 17 la zona de intervención no solo es en el sector de intersección , esto se debe a la geomorfologia del terreno, por lo que es necesario hacer una intervención mayor.

Imagen 17. Vista en Planta del badén N° 1 (Cruce quebrada Picamarán y carretera Yauyos Cañete)



TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Imagen 18. Perfil del badén N°1

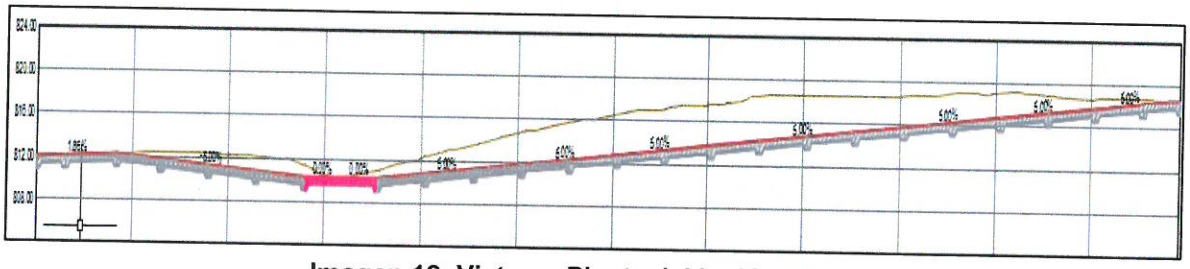


Imagen 19. Vista en Planta del badén N°2

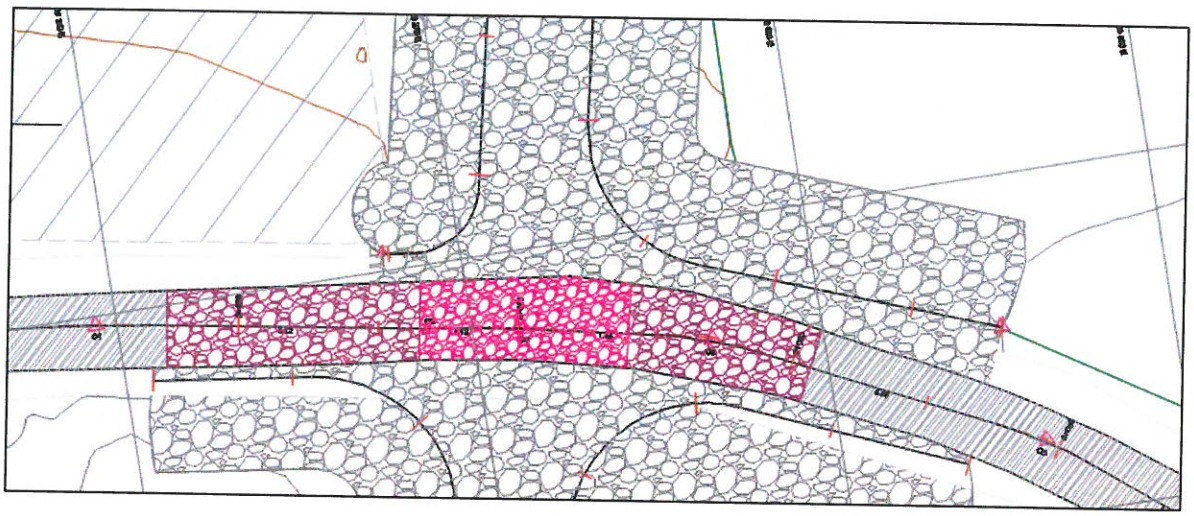
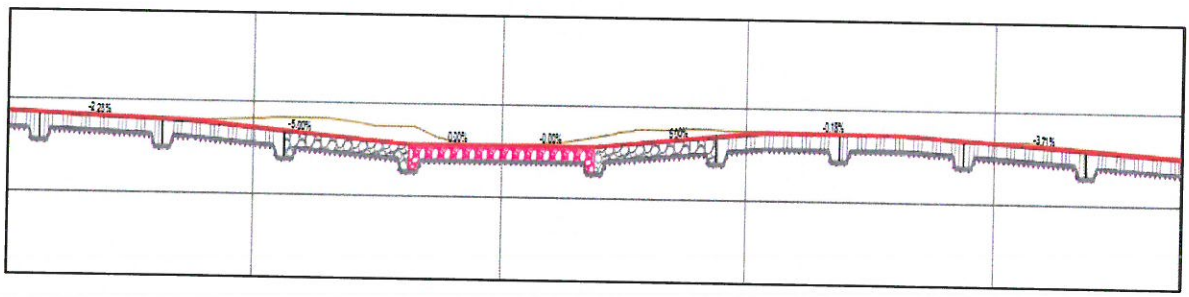


Imagen 20. Perfil del Badén N°2



Un mayor detalle de las presentes obras se encuentran en los anexos planos del presente estudio.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

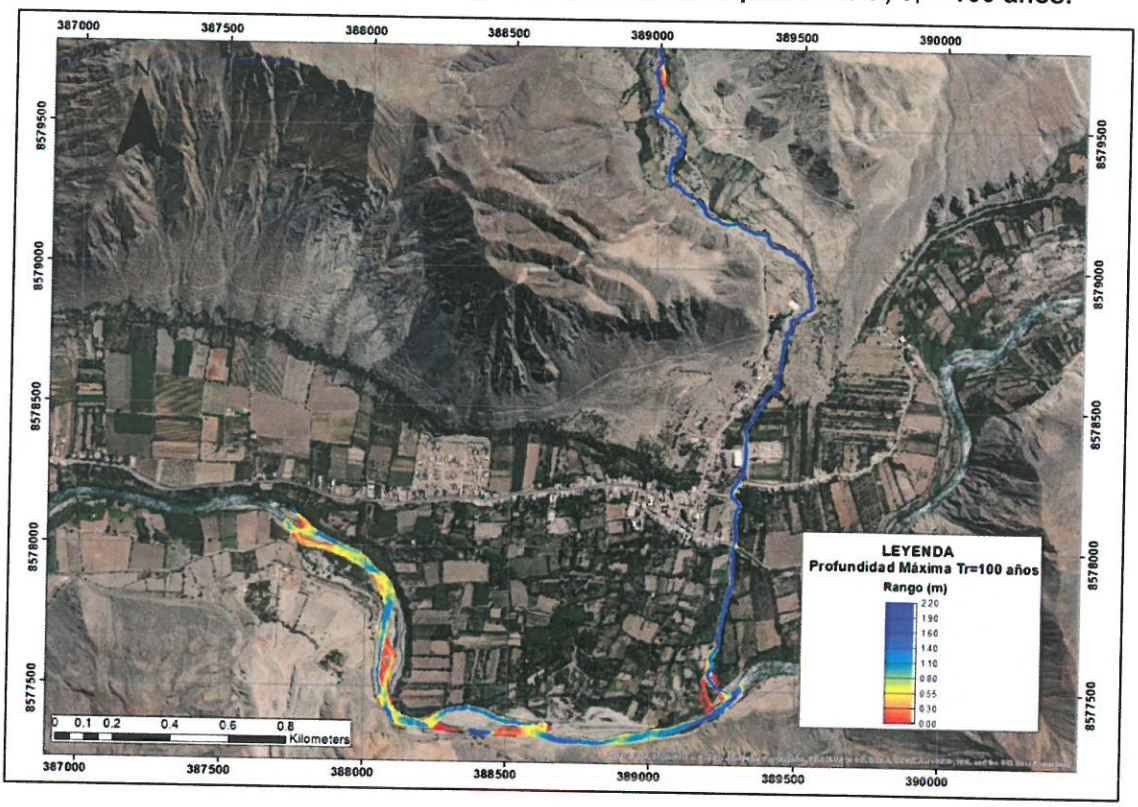
Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

5. RESULTADOS DE LA MODELIZACIÓN CON ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN

La presentación de resulados para los distintos periodos de retornos se podrá apreciar con mayor detalle en los anexos del presente documento.

A continuación se muestra las salidas para el periodo de retorno de T_r = 100 años.

Imagen 21. Propagación de Flujo con estructura de protección , T_r = 100 años.

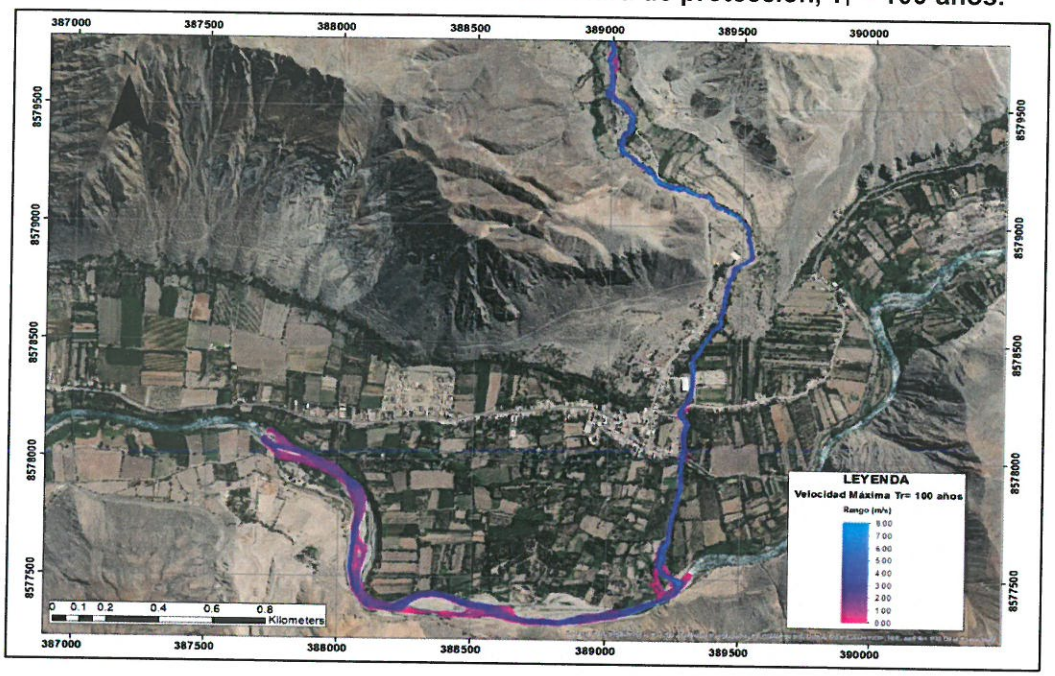


TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

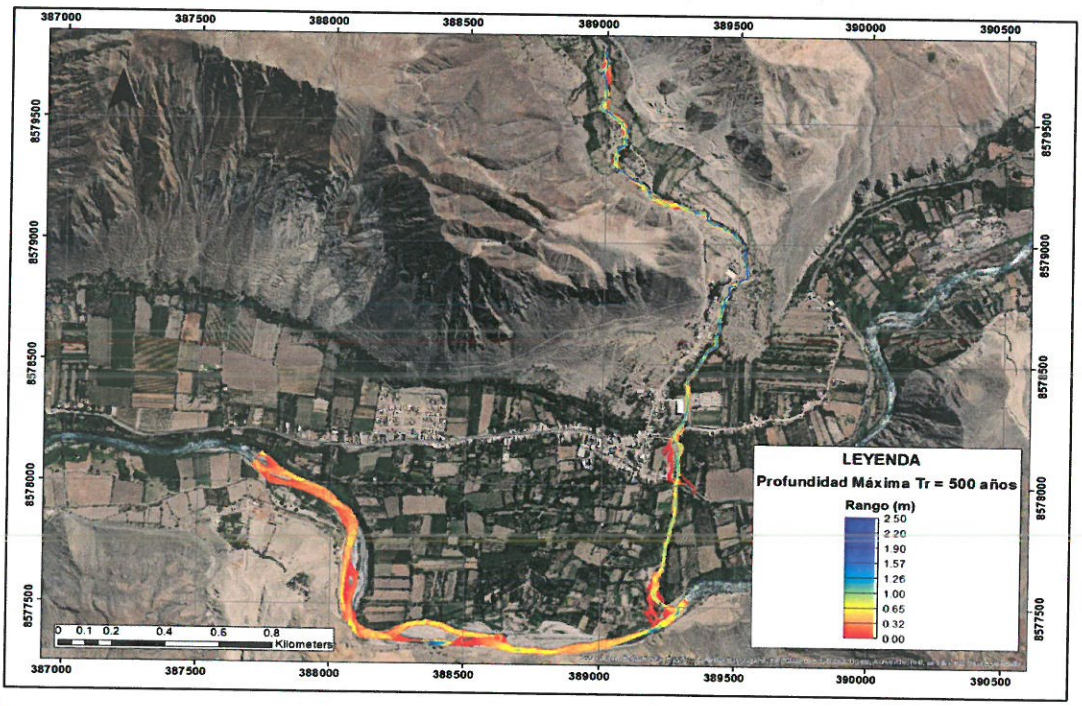
Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Imagen 22. Velocidad Máxima con estructura de protección, T_r = 100 años.



A continuación se muestra las salidas para el periodo de retorno de T_r = 500 años.

Imagen 23. Tirantes Máximos, con estructura de protección, T_r = 500 años.

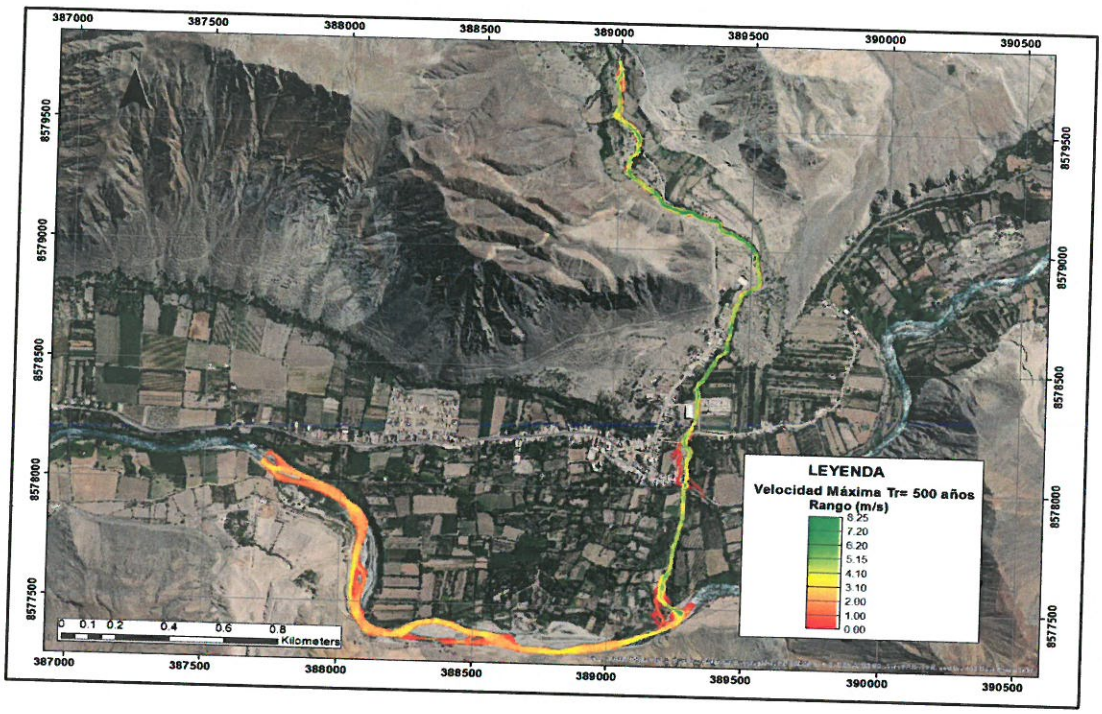


TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

Imagen 24. Velocidad Máxima , T_r = 500 años.



Se presentan los mapas de propagación de flujo, donde se verifica la solución propuesta. El diseño de las defensas fue elaborado para un periodo de retorno de 100 años y se comprueba que las defensas propuestas permiten el paso del flujo tanto en la quebrada como en zona de cruces (badén), sin presentar desbordes significantes, con lo cual se cumple con los objetivos del presente estudio.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

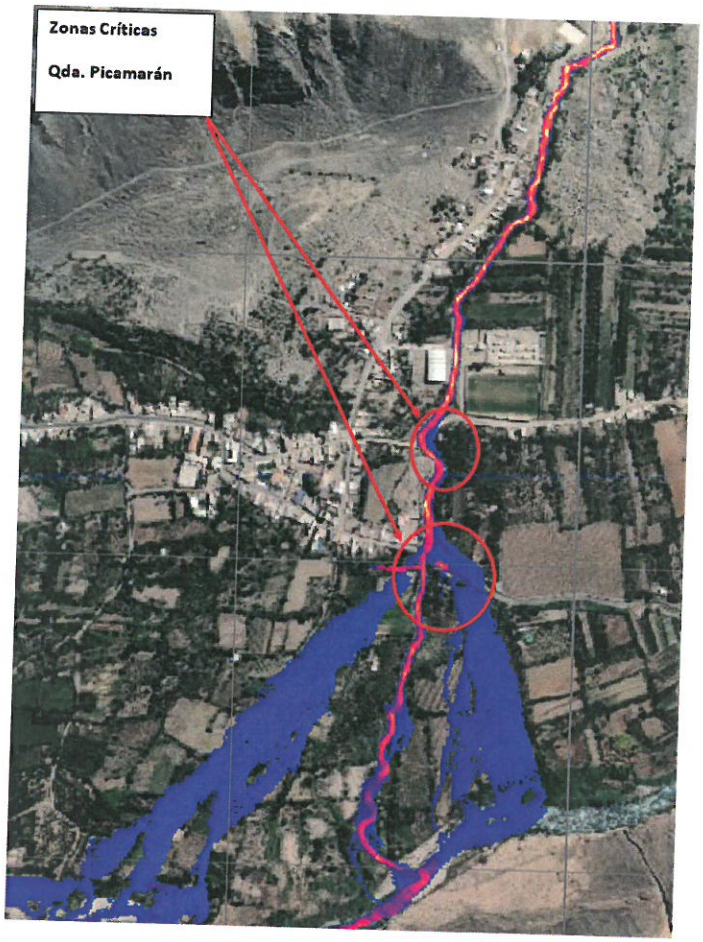
6. CONCLUSIONES

- Se pudo determinar sectores vulnerables al momento de visualizar los resultados de las salidas de la modelación hidráulica. Estos sectores coinciden plenamente con los sectores afectados severamente por los flujos de escombros y que fueron identificados en la inspección realizada en la zona de estudio.
- En los siguientes tramos se producen inundaciones en las siguientes localidades: el primero está ubicado aguas abajo del coliseo, en el cruce con una vía de acceso, el cual estrangula el paso del flujo natural, represando el mismo. Esto, a la vez, genera el desborde del cauce. Aguas abajo en la zona donde se cruza la quebrada y la carretera Cañete – Yauyos, se embalsa el flujo natural del cauce. Finalmente, se genera la inundación de tierras de cultivo en ambos lados de la Quebrada Picamarán.

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRAULICA FLUVIAL



- El valor del tirante para un periodo de retorno de 100 años se encuentra entre 0 y 2.17 metros, lo cual tiene relación a lo observado en campo, en la zona donde se estrecha el cauce llega a valores de 1.00 m y 1.50 m para un periodo de retorno de 100 años.
- En cuanto a las velocidades presenta valores entre 0 y 6.4 m/s, son velocidades que corresponden al flujo de quebradas. Los valores más altos se pueden encontrar en zonas donde el cauce de la quebrada llega a estrecharse alcanzando valores de 4.5 m/s y 5 m/s. Teniendo en cuenta estos valores se procedió a proteger la quebrada como un solo sistema tipo canal de Mamposteria, que permitirá el paso del flujo y a su vez protegerá las zonas de cultivo y vías cercanas. El material escogido es resistente a los embates del flujo, que tienen una fuerza de arrastre considerable, como se aprecia en la imagen lineas abajo.

TOMAS AMADEO SANCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT.

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5269
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42695
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL



- Lo demás resultados para los distintos periodos de retorno se pueden observar en los anexos del presente documento.

Referencias

Bladé, E.; Ceab, L.; Coresteina, G.; Escolanoc, E.; Puertas, J.; Vázquez-Cendónd, E.; Dolzay, J. y CollcaInstitut, A. (2014) Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos. Rev. int. métodos numér. cálc. diseño ing. 2014; 30(1):1–

Nie, S.; Sun, H; Zhang, Y.; Chen, D.; Chen, Wen; Chen, L & Schaefer, S. (2017) Vertical Distribution of Suspended Sediment under Steady Flow: Existing Theories and Fractional Derivative Model. Discrete Dynamics in Nature and Society Vol 2017, artículo 5481531. https://doi.org/10.1155/2017/5481531

Tsujimoto, Tetsuro (2011) Diffusion coefficient of suspended sediment and kinematic eddy viscosity of flow containing suspended load. River flow 2010: Proceedings of the International Conference on Fluvial Hydraulics, Braunschweig, Germany, September 8-10, 2010. Diettrich, Koll, Aberle & Geisenhaiser (Eds.)

TOMAS AMADEO SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

ANEXO



PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M. CIP 166626	Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V CIP 141199	
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z. CIP 42895	

REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

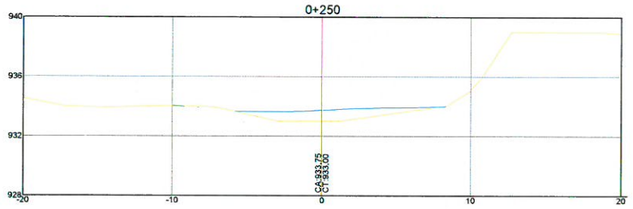
PLANO : MAPA TR=10 AÑOS PLANTA QUEBRADA PICAMARAN

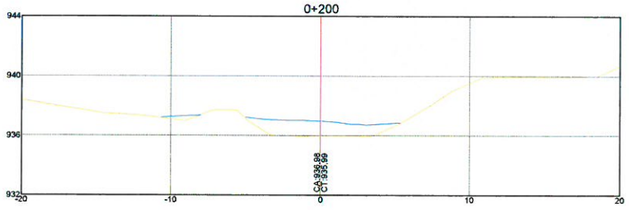
UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

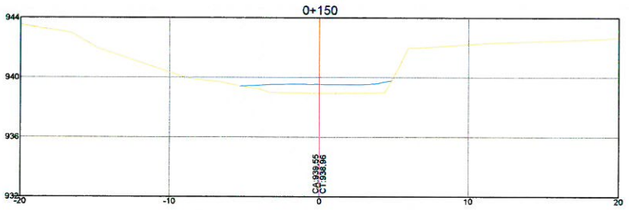
ESCALA: INDICADA

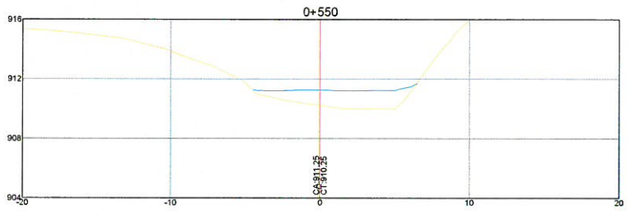
FECHA: SETIEMBRE 2019

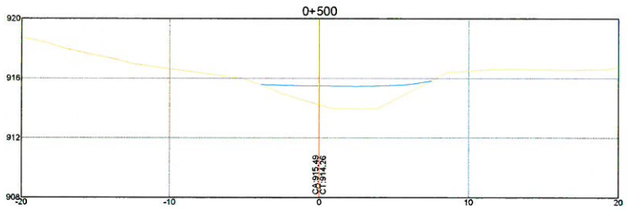
PLANO N°: 018-2019-HCA-01-24 REV. 0

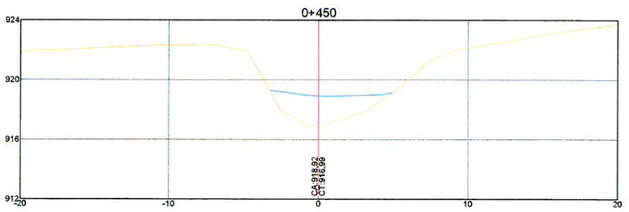


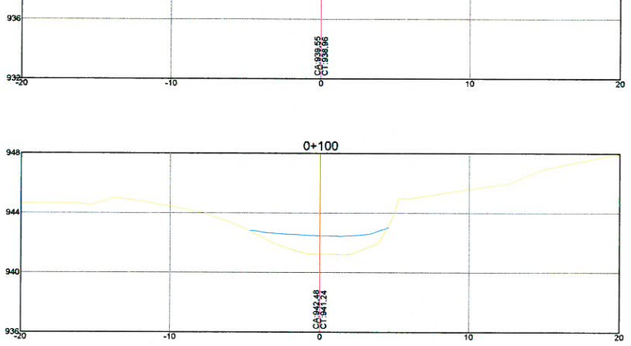


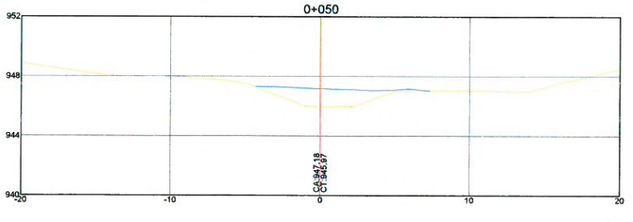


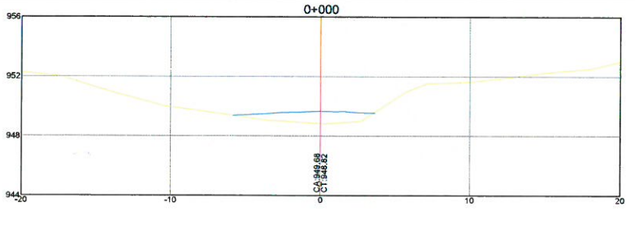


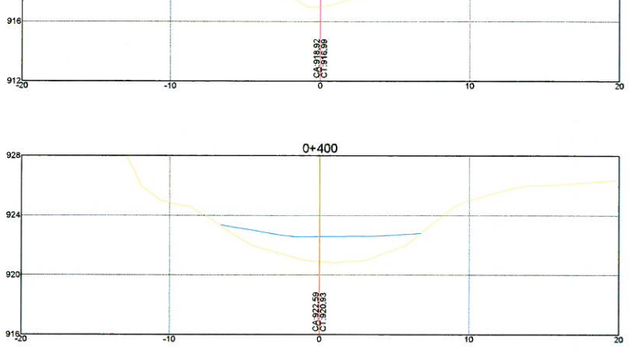


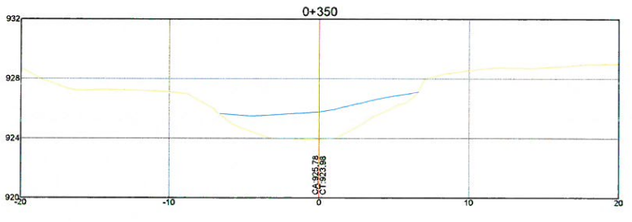


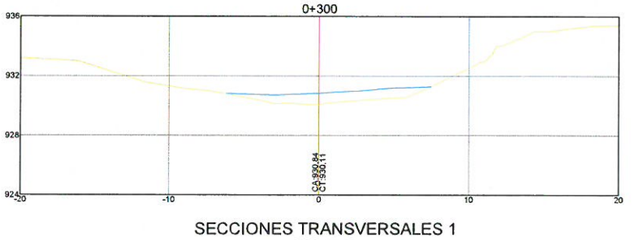




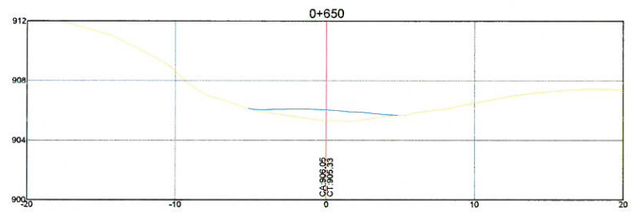


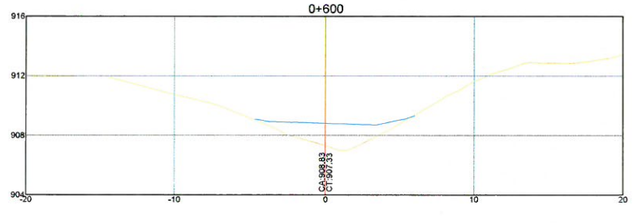












Ing. JUAN ARMANDO GAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

LEYENDA	
TERRENO NATURAL	
TR=10 AÑOS	

NOTA:

CA= COTA DE AGUA

CT=COTA DE TERRENO

SECCIONES TRANSVERSALES 1

ESC:1:200

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M. CIP 156636	
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V CIP 14159	
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z. CIP 42895	

Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289

REVISIONES

N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

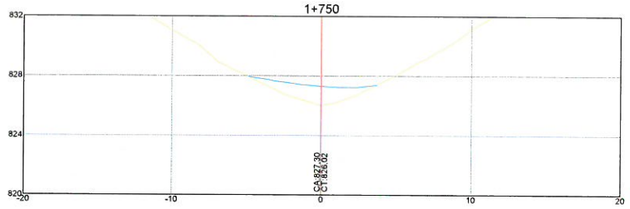
PLANO : MAPA TR=10 AÑOS - SECCIONES TRANSVERSALES 1 QUEBRADA PICAMARAN

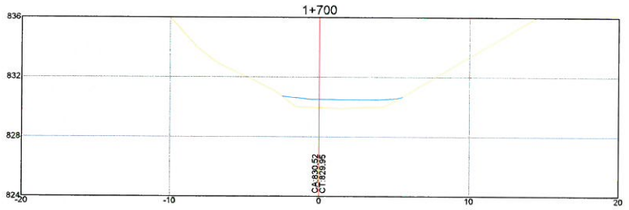
UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

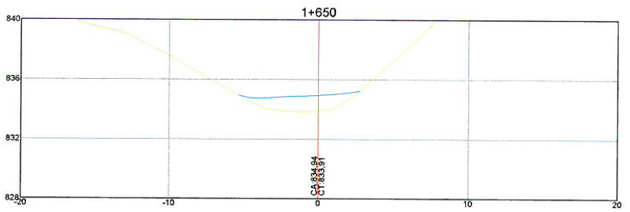
ESCALA: INDICADA

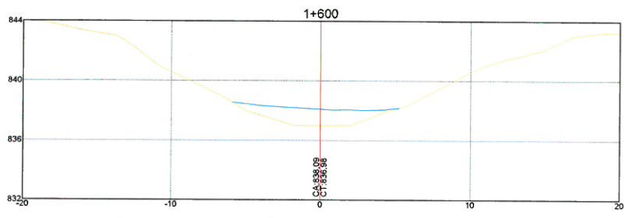
FECHA: SETIEMBRE 2019

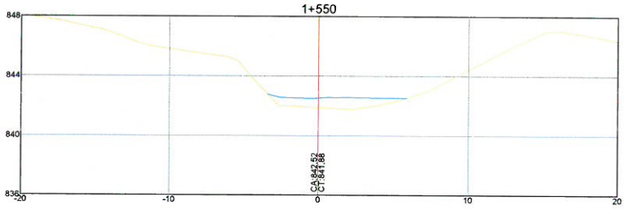
PLANO N°: 018-2019-HCA-01-25 REV. 0

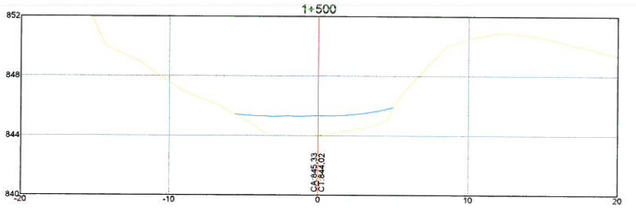


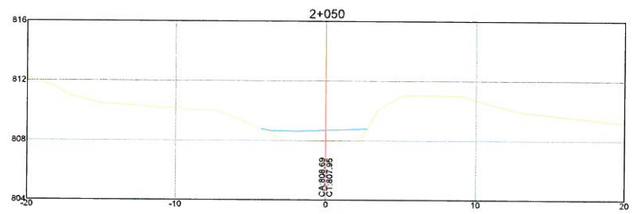


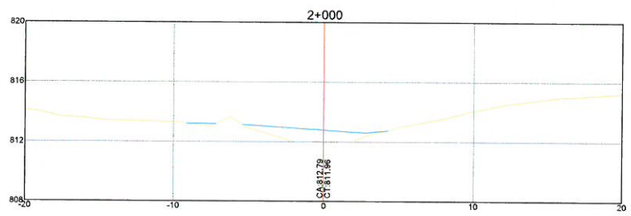


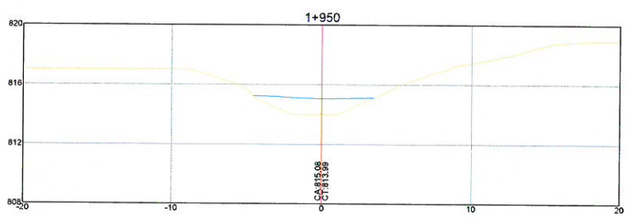


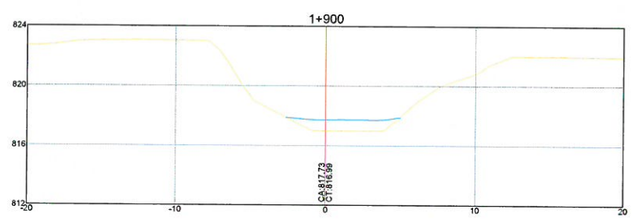


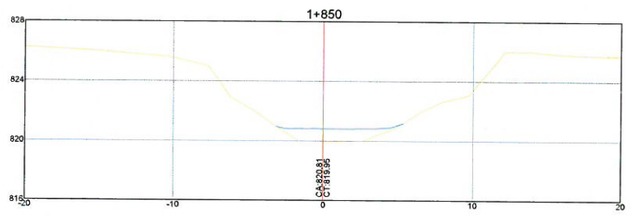


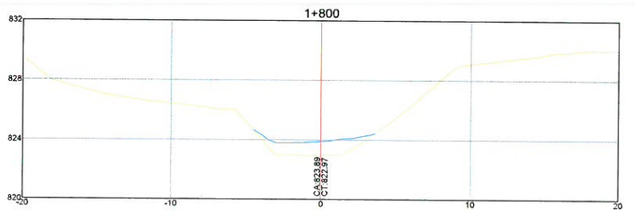


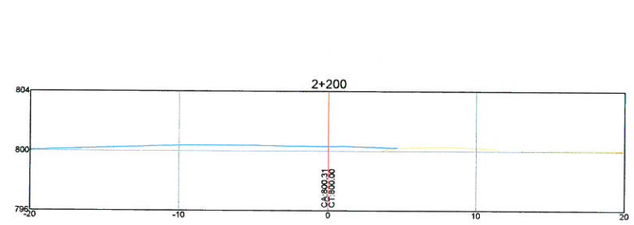


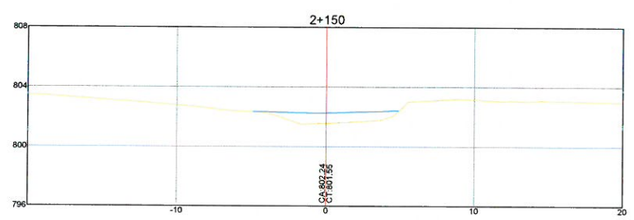


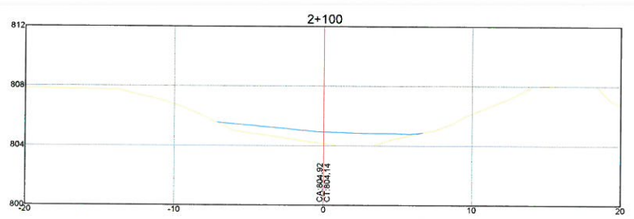












TOMAS A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO CALAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

INGENIERO CIVIL
Reg. CIP Nº 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

LEYENDA	1822
TERRENO NATURAL	
TR=10 AÑOS	

NOTA:
CA= COTA DE AGUA
CT=COTA DE TERRENO

SECCIONES TRANSVERSALES 2

ESC:1:200

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M.	CIP 166636
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V	CIP 14199
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z.	CIP 42895

Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289

REVISIONES		
Nº	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

Nº DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

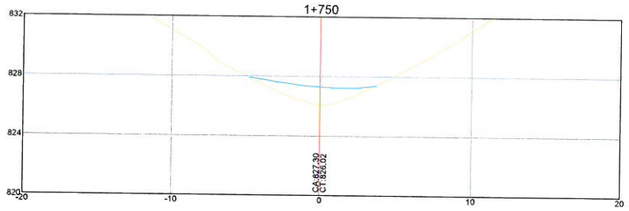
PLANO : MAPA TR=10 AÑOS - SECCIONES TRANSVERSALES 2 QUEBRADA PICAMARAN

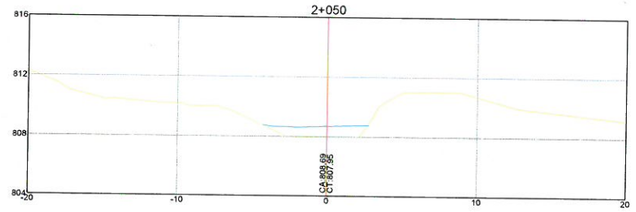
UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

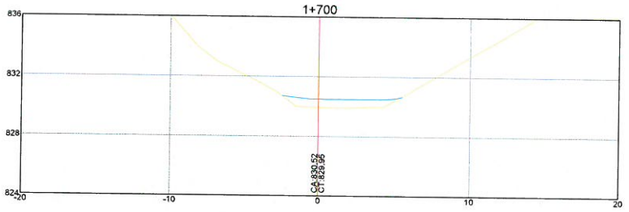
ESCALA: INDICADA

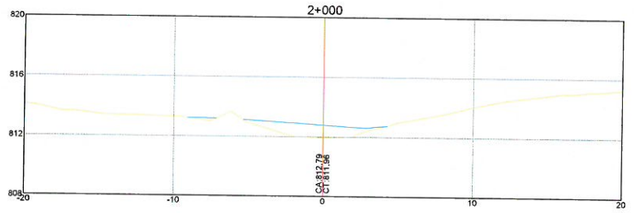
FECHA: SETIEMBRE 2019

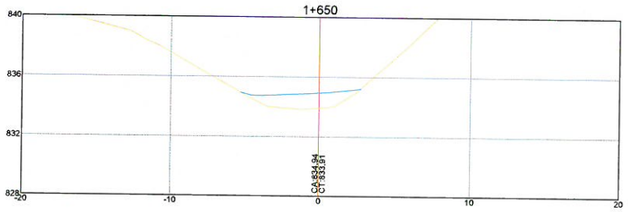
PLANO Nº: 018-2019-HCA-01-26 REV. 0

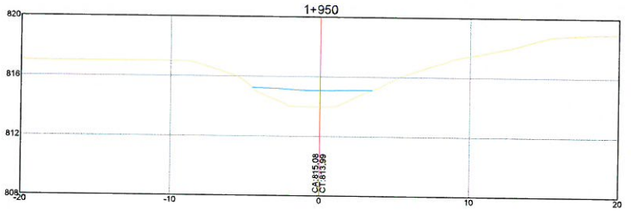


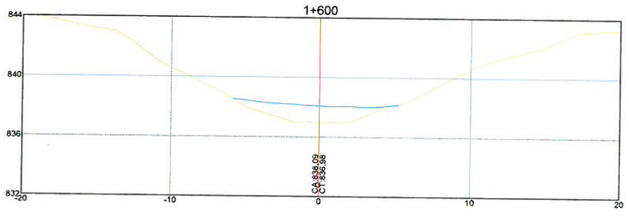


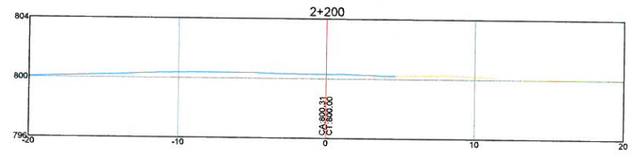


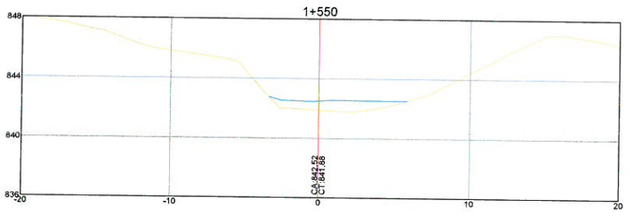


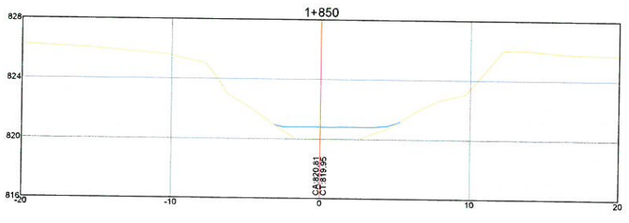


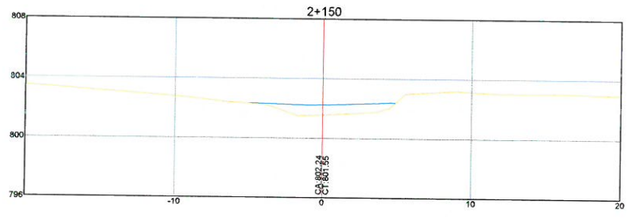


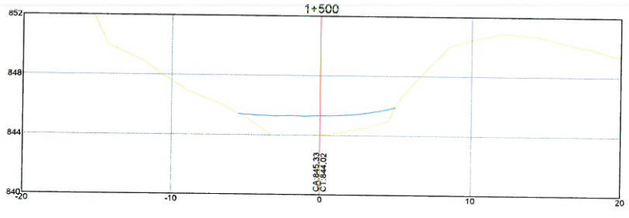


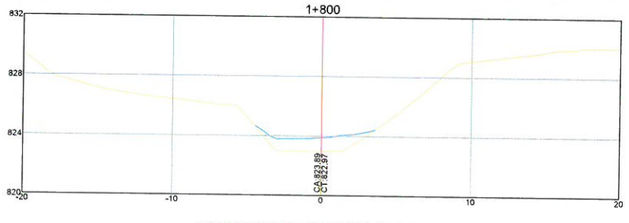


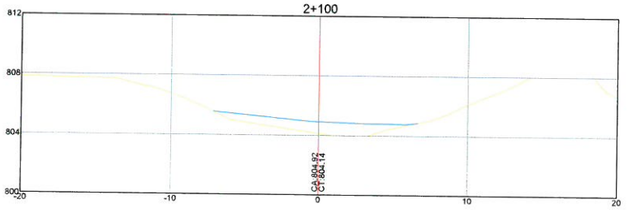












LEYENDA

TERRENO NATURAL

TR=10 AÑOS

NOTA:

CA= COTA DE AGUA

CT=COTA DE TERRENO

JUAN A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

SECCIONES TRANSVERSALES 3
ESC:1:200

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M. CIP 166636
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.
Verificó:	ING. A. MANSEN V. CIP 14199
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z. CIP 42895

Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289

REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

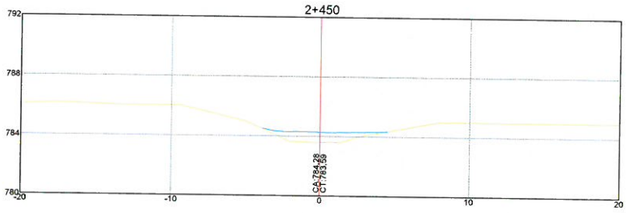
PLANO : MAPA TR=10 AÑOS - SECCIONES TRANSVERSALES 3 QUEBRADA PICAMARAN

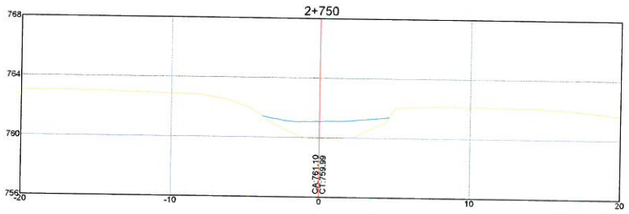
UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

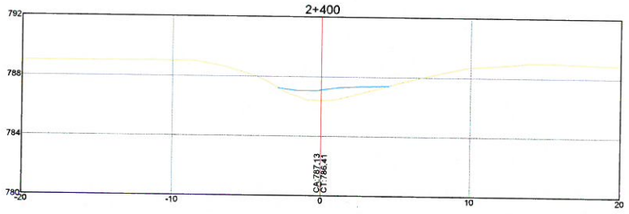
ESCALA: INDICADA

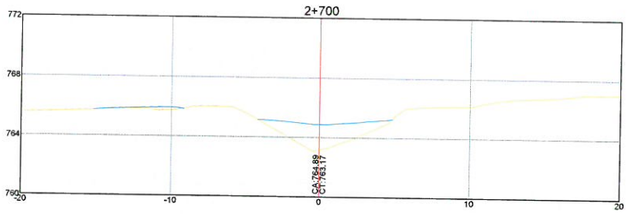
FECHA: SETIEMBRE 2019

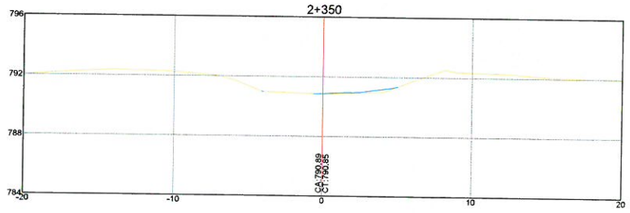
PLANO N°: 018-2019-HCA-01-27 REV. 0

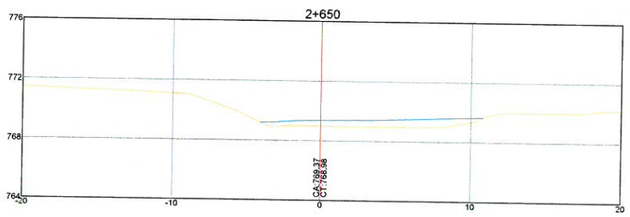


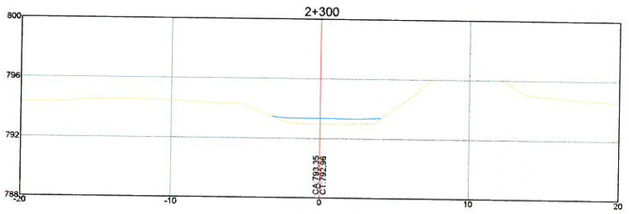


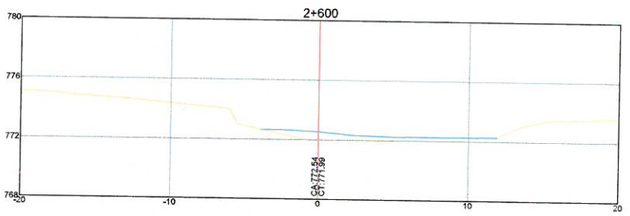


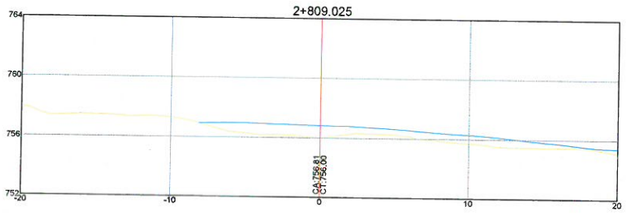


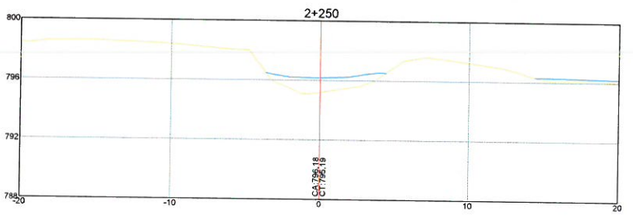


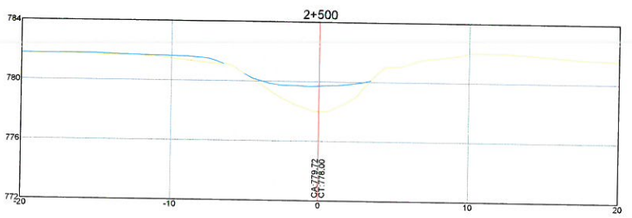


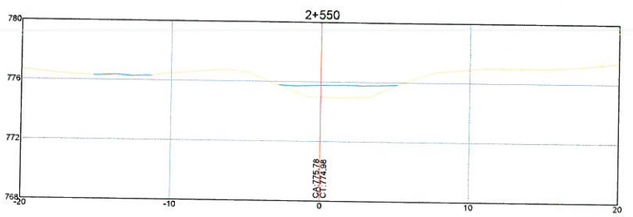












LEYENDA	
TERRENO NATURAL	
TR=10 AÑOS	

NOTA:
CA= COTA DE AGUA
CT=COTA DE TERRENO

J. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

SECCIONES TRANSVERSALES 4
ESC:1:200

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M. CIP 184634
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.
Verificó:	ING. A. MANSEN V CIP 14199
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z. CIP 42895

Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289

REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

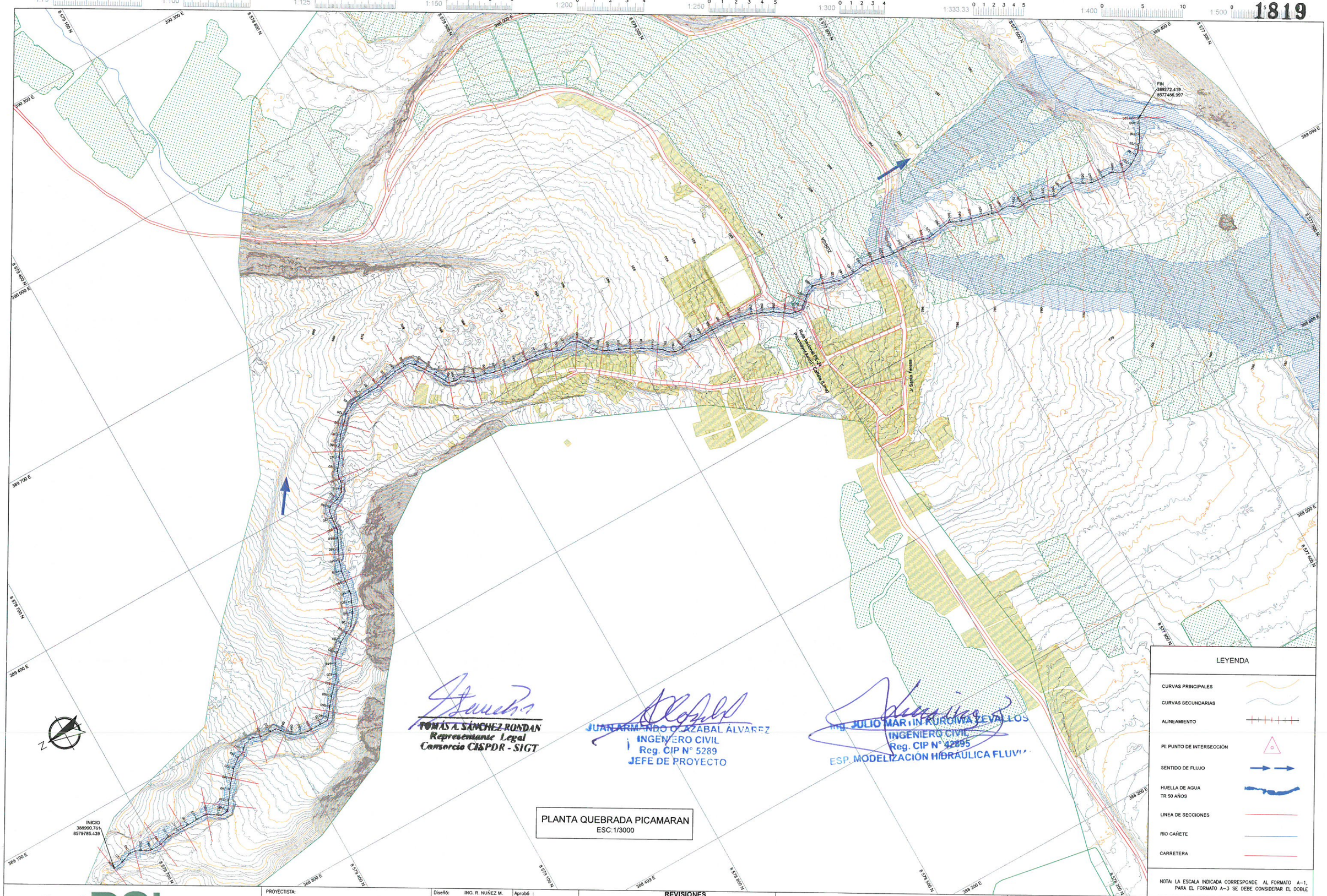
PLANO : MAPA TR=10 AÑOS - SECCIONES TRANSVERSALES 4 QUEBRADA PICAMARAN

UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

ESCALA: INDICADA

FECHA: SETIEMBRE 2019

PLANO N°: 018-2019-HCA-01-28 REV. 0



TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVI...

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M.	CIP 166626
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V	CIP 14199
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z.	CIP 42895
Aprobó :	ING. J. OLAZABAL A.	CIP 5289

REVISIONES

N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

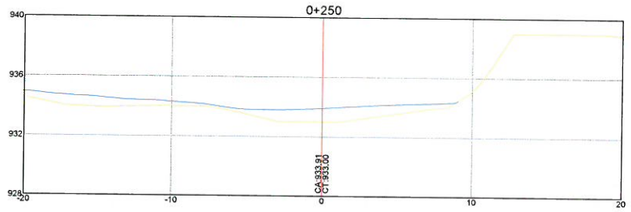
PLANO : MAPA TR=50 AÑOS PLANTA QUEBRADA PICAMARAN

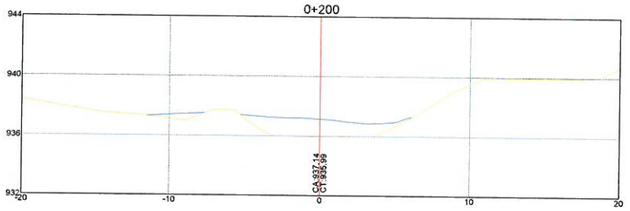
UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

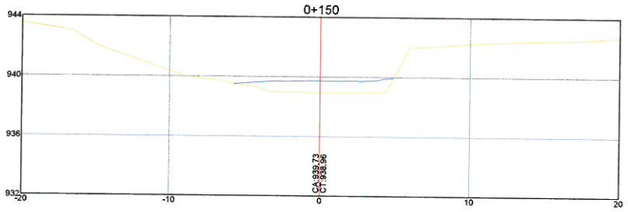
ESCALA: INDICADA

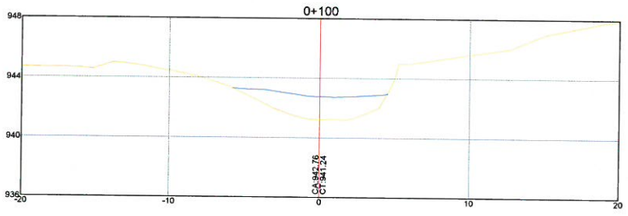
FECHA: SETIEMBRE 2019

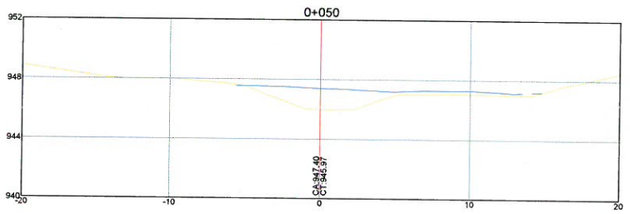
PLANO N°: 018-2019-HCA-01-29 REV. 0

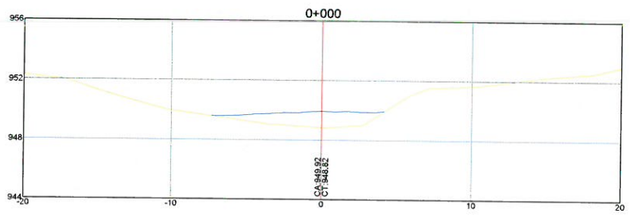


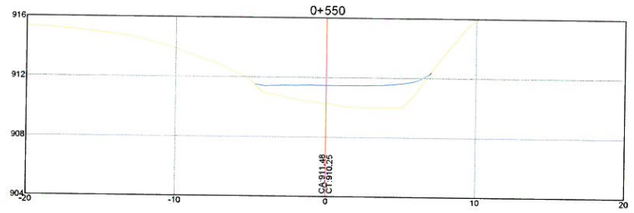


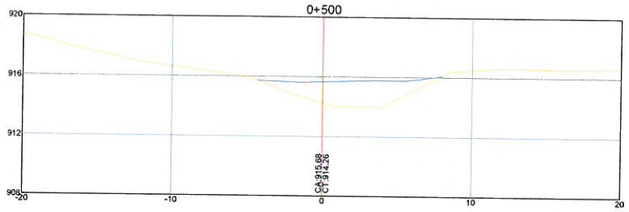


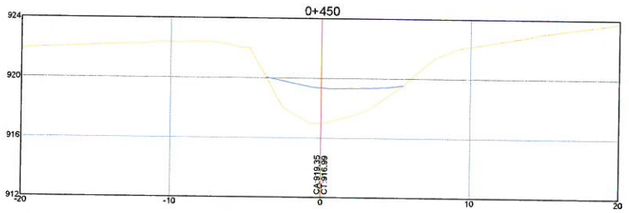


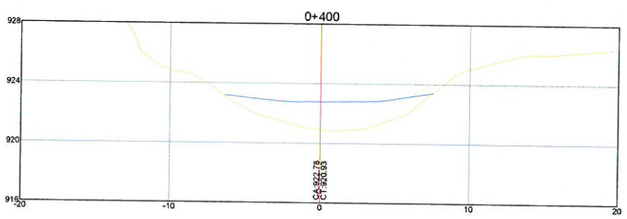


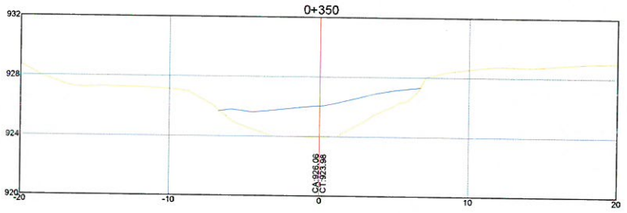


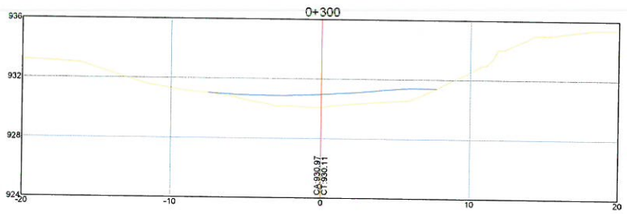


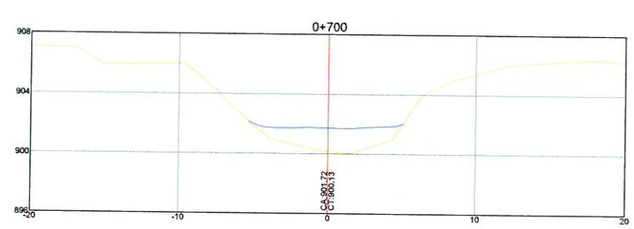


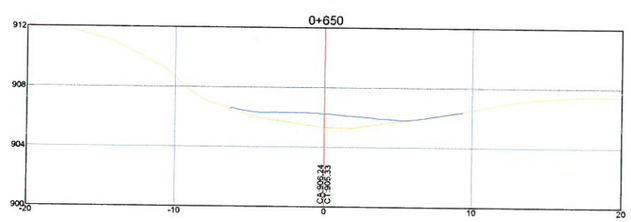


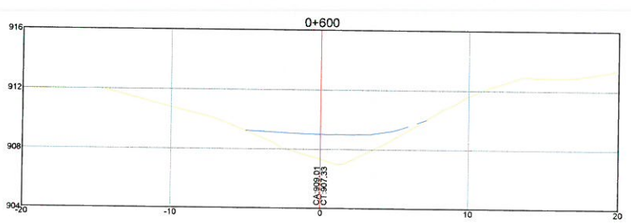












LEYENDA	
TERRENO NATURAL	
TR=50 AÑOS	

NOTA:
CA= COTA DE AGUA
CT=COTA DE TERRENO

JUAN A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

SECCIONES TRANSVERSALES 1
ESC:1:200

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M. CIP 185626	Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V CIP 14199	
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z. CIP 42895	

REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

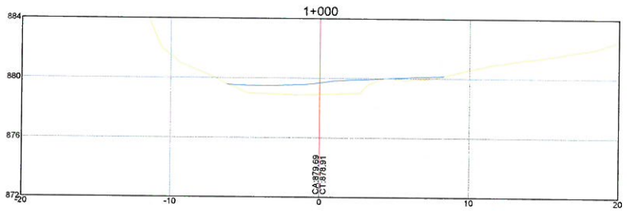
FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

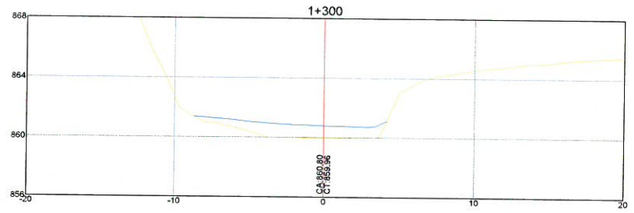
N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

PLANO : MAPA TR=50 AÑOS - SECCIONES TRANSVERSALES QUEBRADA PICAMARAN

UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

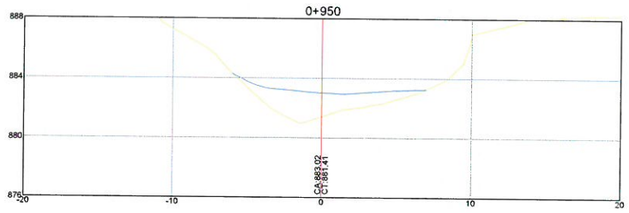
ESCALA:	INDICADA
FECHA:	SETIEMBRE 2019
PLANO N°:	REV. 0
	018-2019-HCA-01-30

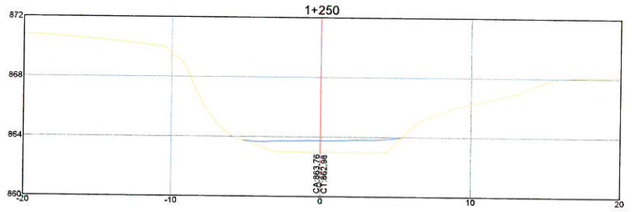


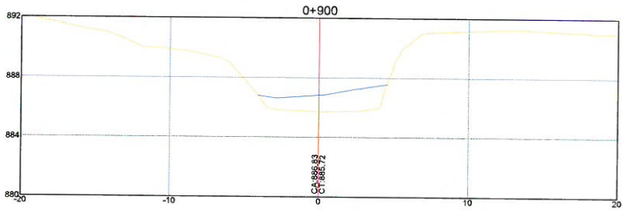


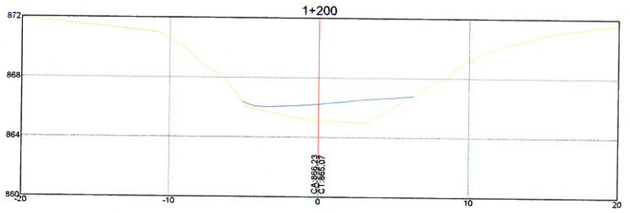
LEYENDA	
TERRENO NATURAL	
TR=50 AÑOS	

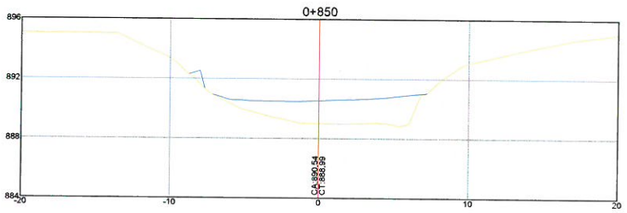
NOTA:
CA= COTA DE AGUA
CT=COTA DE TERRENO

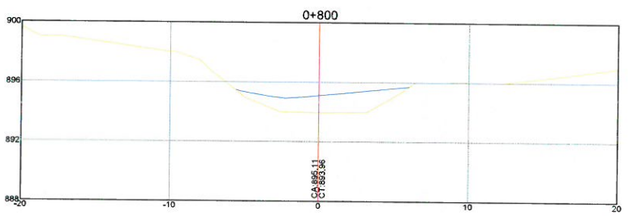


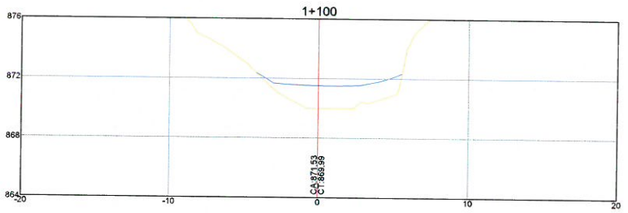


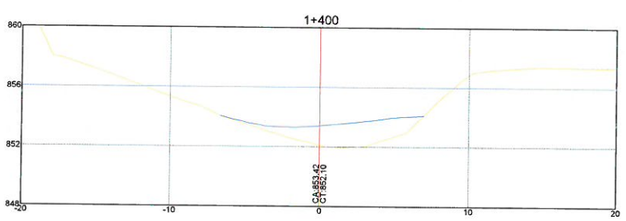


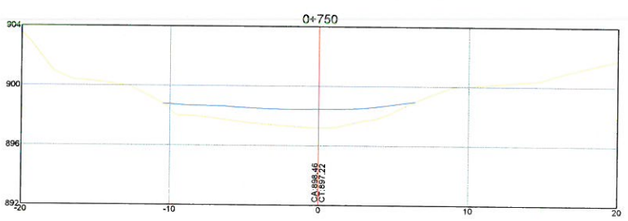


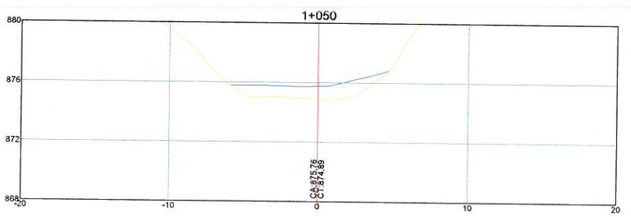


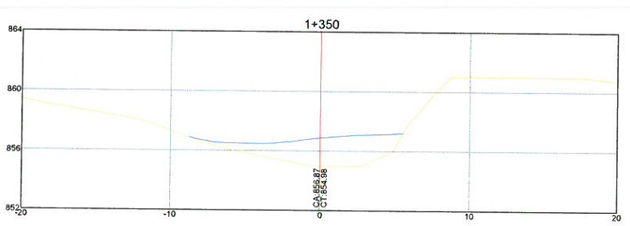












SECCIONES TRANSVERSALES 2
ESC:1:200

TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDÁN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M.	CIP. 166634
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V.	CIP 14199
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z.	CIP 42895

Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289

REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

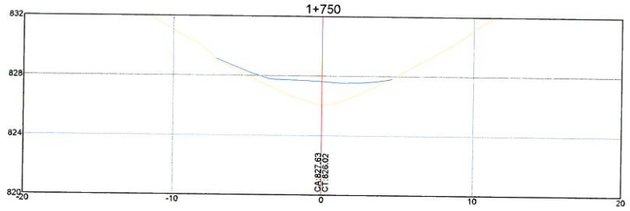
N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

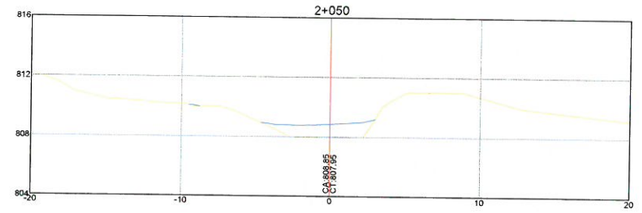
NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

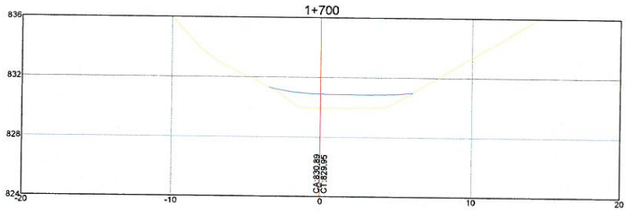
PLANO : MAPA TR=50 AÑOS - SECCIONES TRANSVERSALES QUEBRADA PICAMARAN

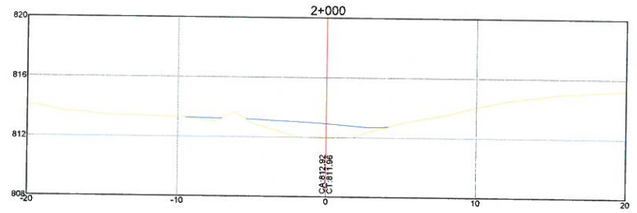
UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

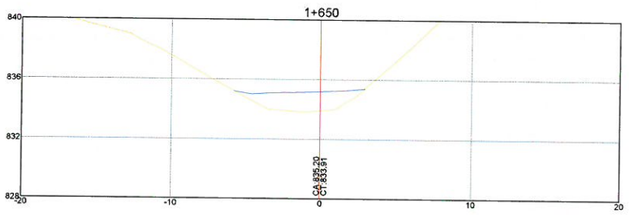
ESCALA:	INDICADA
FECHA:	SETIEMBRE 2019
PLANO N°:	REV. 0
	018-2019-HCA-01-31

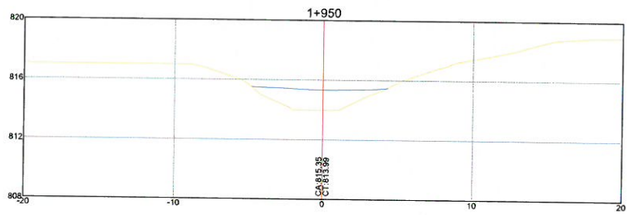


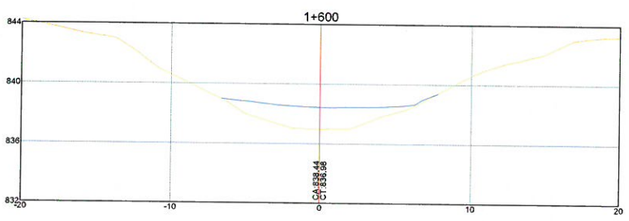


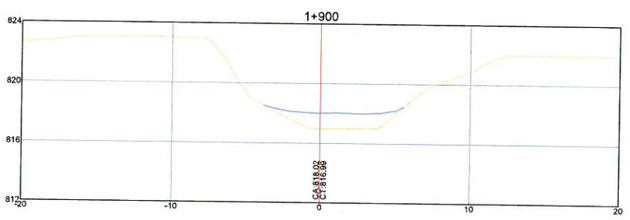




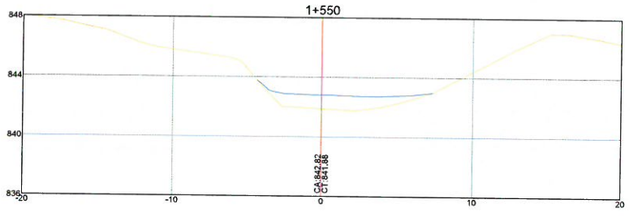


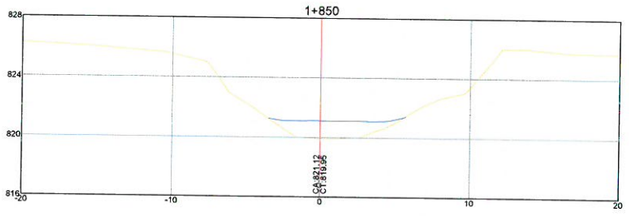


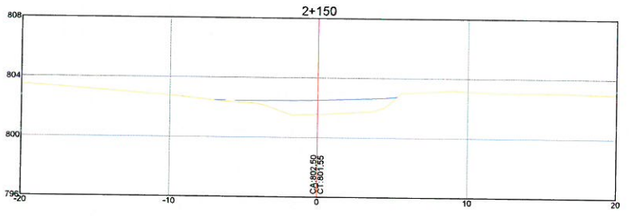


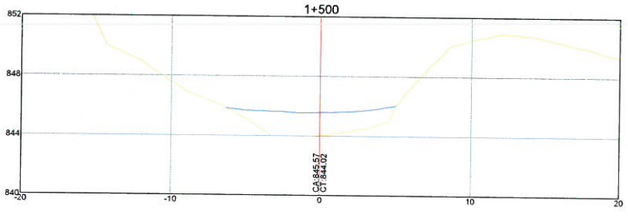


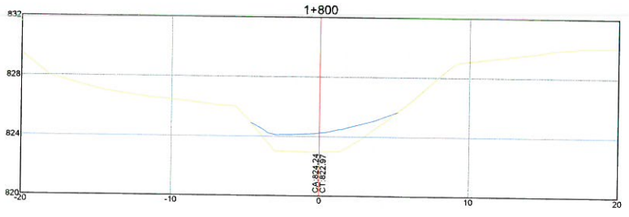


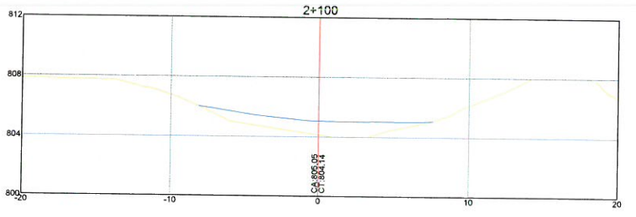












LEYENDA	
TERRENO NATURAL	
TR=50 AÑOS	

NOTA:
CA= COTA DE AGUA
CT=COTA DE TERRENO

TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

SECCIONES TRANSVERSALES 3
ESC:1:200

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M. CIP 166636	Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V CIP 14199	
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z. CIP 42895	

REVISIONES

N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

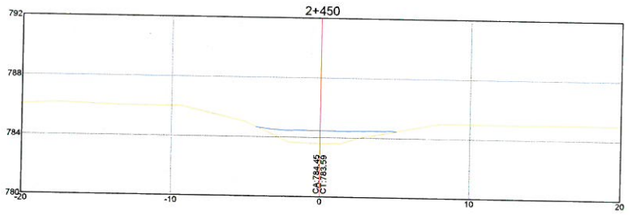
PLANO : MAPA TR=50 AÑOS - SECCIONES TRANSVERSALES QUEBRADA PICAMARAN

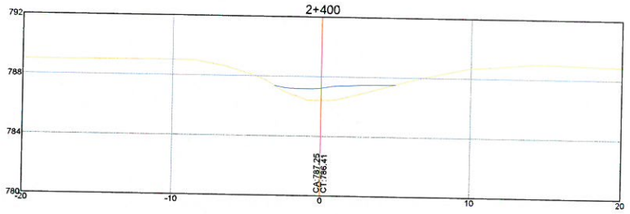
UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

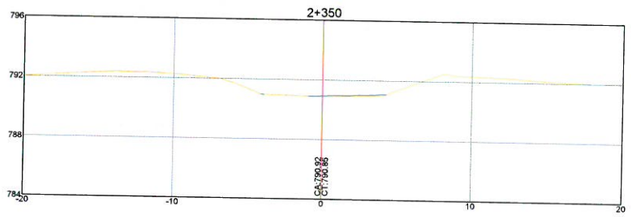
ESCALA: INDICADA

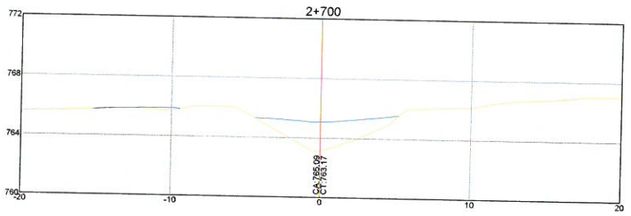
FECHA: SETIEMBRE 2019

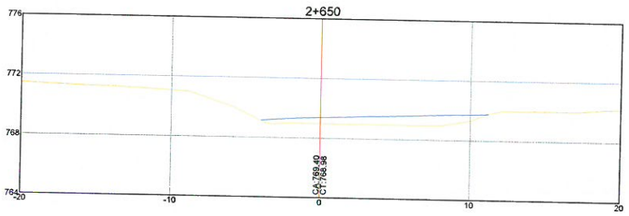
PLANO N°: 018-2019-HCA-01-32 REV. 0

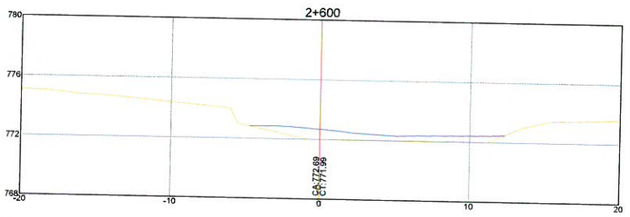












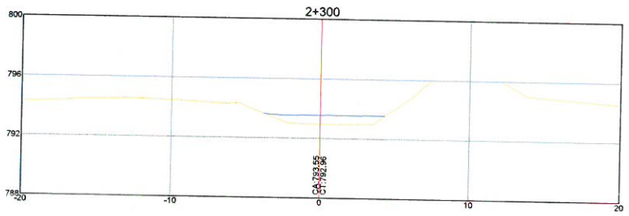
LEYENDA	
TERRENO NATURAL	
TR=50 AÑOS	

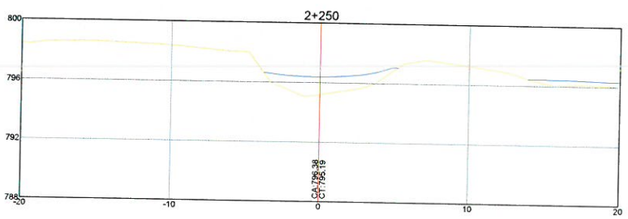
NOTA:
CA= COTA DE AGUA
CT=COTA DE TERRENO

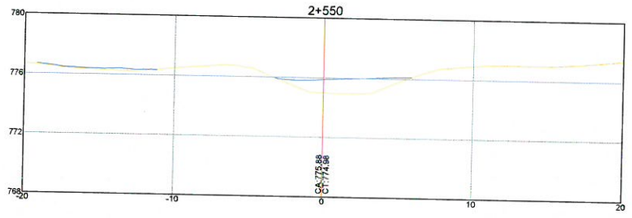
TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

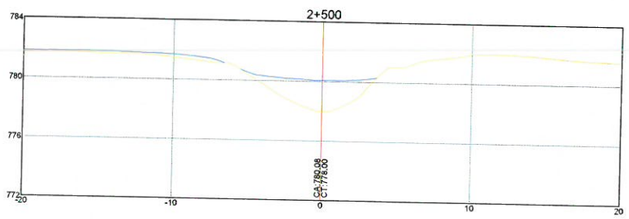
JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

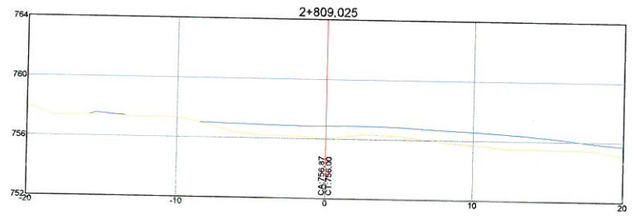
Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

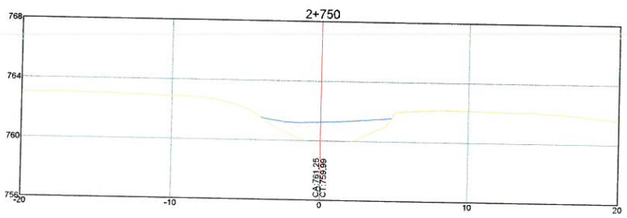












SECCIONES TRANSVERSALES 4
ESC:1:200

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT						
PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES	Diseñó: ING. R. NUÑEZ M. CIP 199628	Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289	REVISIONES			FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA
	Dibujó: G. CHUMPITAZ S.		N°	FECHA	DESCRIPCION	
	Verificó: ING. A. MANSEN V CIP 14199		A			
	Presentó: ING. J. KUROIWA Z. CIP 42895		0			
						N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

PLANO : MAPA TR=50 AÑOS - SECCIONES TRANSVERSALES QUEBRADA PICAMARAN	ESCALA: INDICADA
UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA	FECHA: SETIEMBRE 2019
	PLANO N°: 018-2019-HCA-01-33 REV. 0

1814

FIN
389272.419
8577486.097

INICIO
388990.751
8579785.439

PLANTA QUEBRADA PICAMARAN
ESC:1/3000

TOMAS A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

LEYENDA

- CURVAS PRINCIPALES
- CURVAS SECUNDARIAS
- ALINEAMIENTO
- PI: PUNTO DE INTERSECCIÓN
- SENTIDO DE FLUJO
- HUELLA DE AGUA TR 100 AÑOS
- LINEA DE SECCIONES
- RIO CAÑETE
- CARRETERA

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M.	CIP 186638
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V	CIP 14198
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z.	CIP 42895
Aprobó:	ING. J. OLAZABAL A.	CIP 5289

REVISIONES

N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

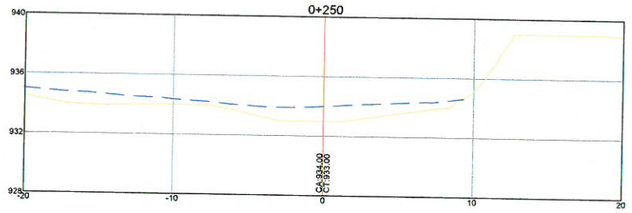
PLANO: MAPA TR=100 AÑOS PLANTA QUEBRADA PICAMARAN

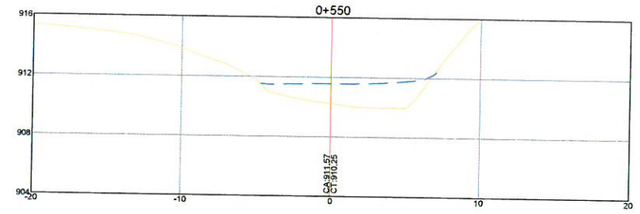
UBICACIÓN: CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

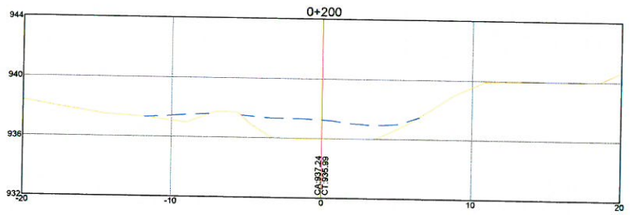
ESCALA: INDICADA

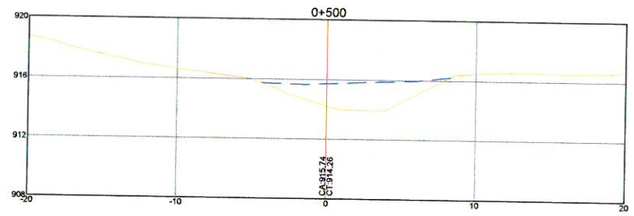
FECHA: SETIEMBRE 2019

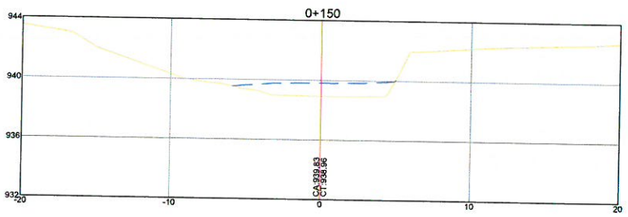
PLANO N°: 018-2019-HCA-01-34 REV. 0

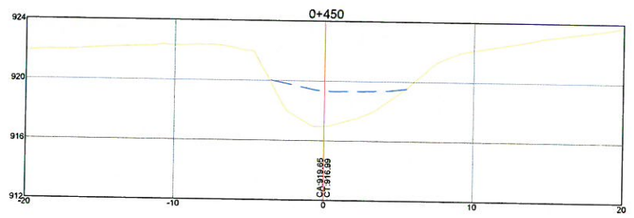


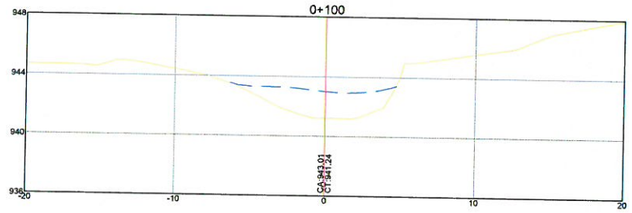


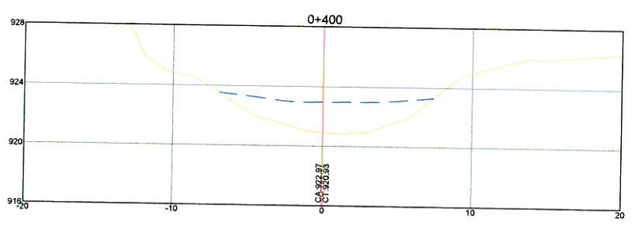


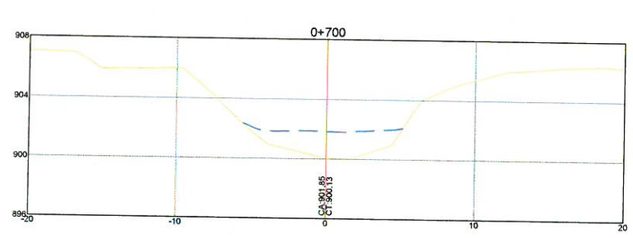


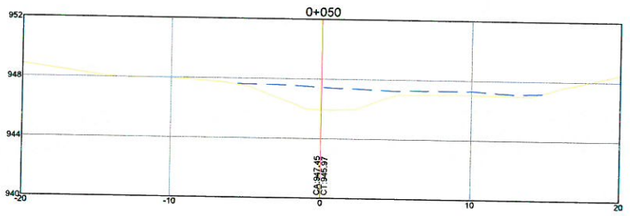


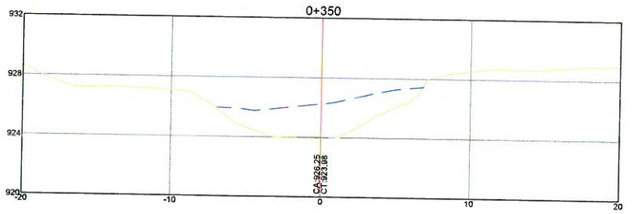


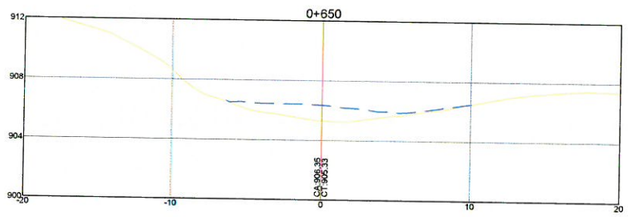


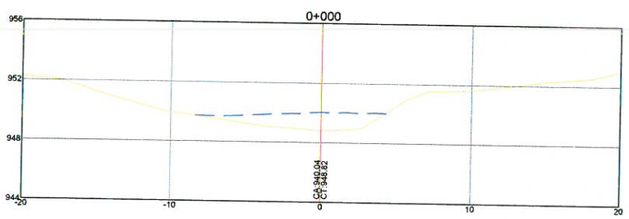


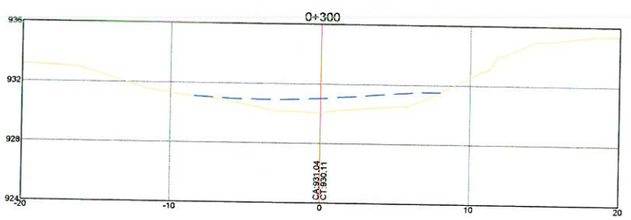


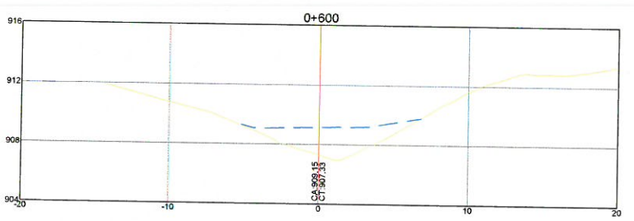












TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

LEYENDA	
TERRENO NATURAL	
TR=100 AÑOS	

NOTA:

CA= COTA DE AGUA

CT=COTA DE TERRENO

SECCIONETS TRANSVERSALES 1
ESC:1:200

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M. CIP 166636	Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V CIP 14109	
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z. CIP 42595	

REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

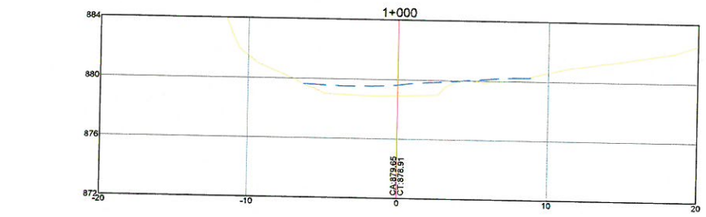
PLANO : MAPA TR=100 AÑOS - SECCIONES TRANSVERSALES 1 QUEBRADA PICAMARAN

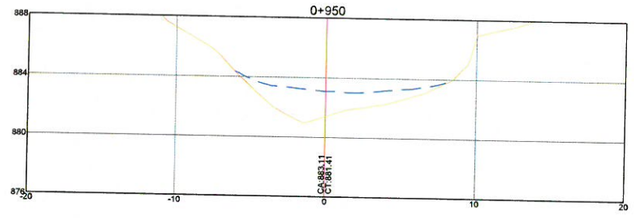
UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

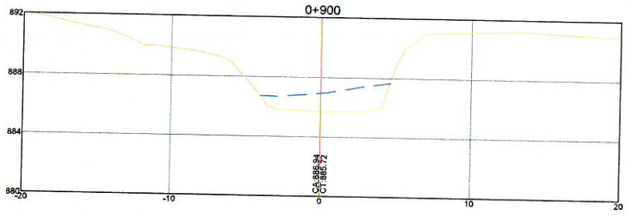
ESCALA: INDICADA

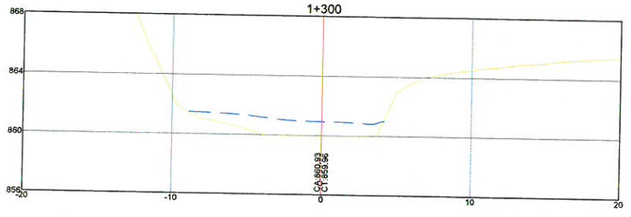
FECHA: SETIEMBRE 2019

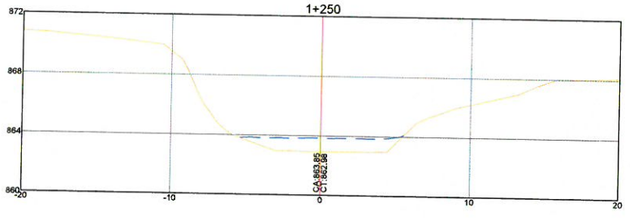
PLANO N°: 018-2019-HCA-01-35 REV. 0

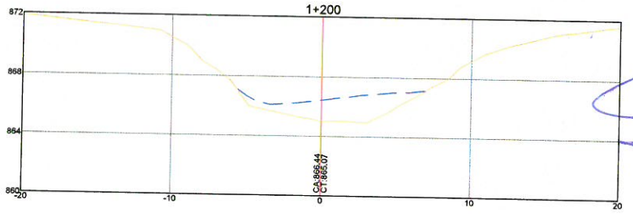












TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

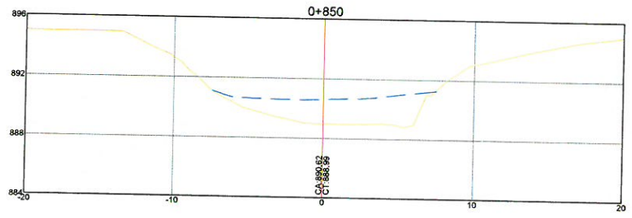
Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

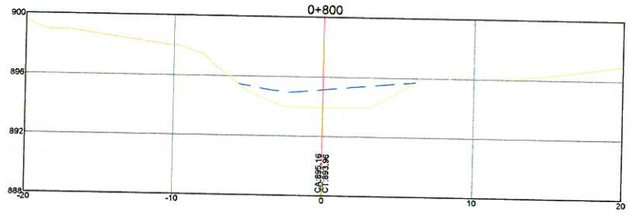
LEYENDA	
TERRENO NATURAL	
TR=100 AÑOS	

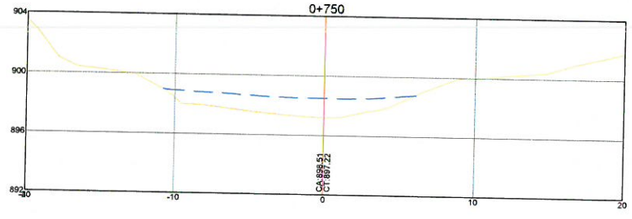
NOTA:

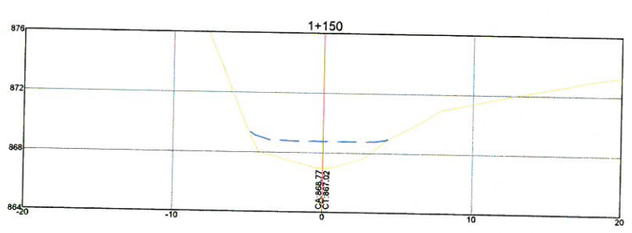
CA= COTA DE AGUA

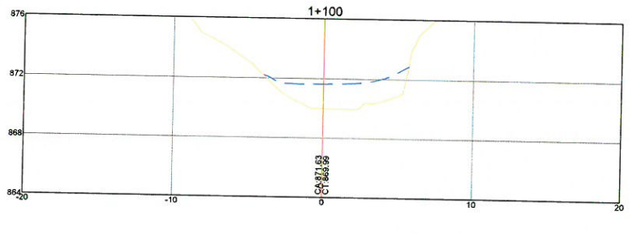
CT=COTA DE TERRENO

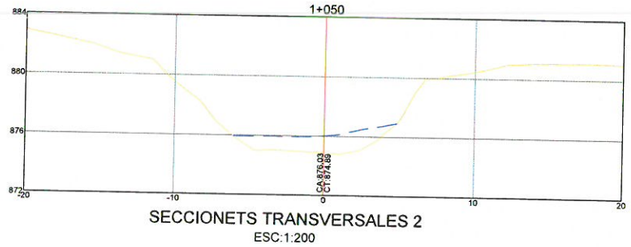


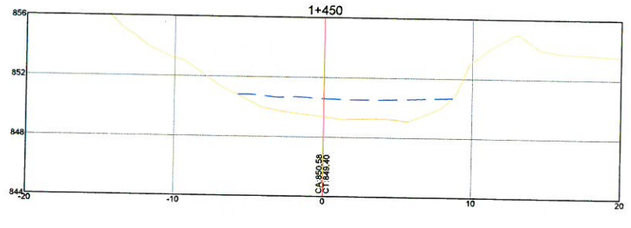


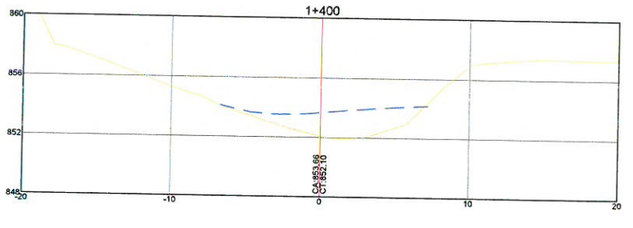


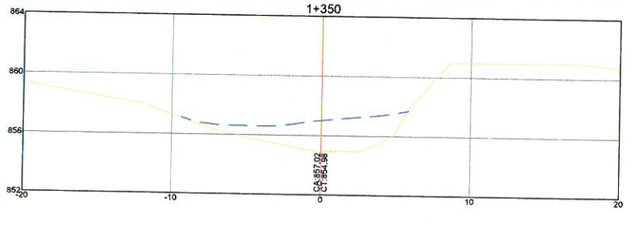








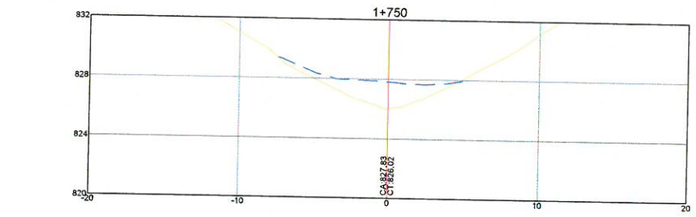


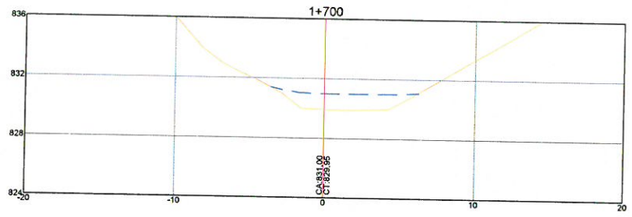


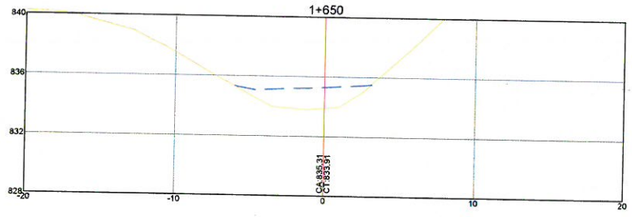
SECCIONETS TRANSVERSALES 2
ESC:1:200

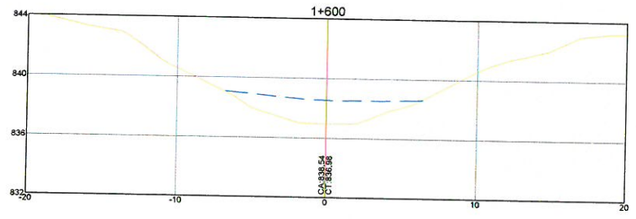
PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES	PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT	Diseñó: ING. R. NUÑEZ M. CIP 166636	Aprobó: ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289	REVISIONES			FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA	PLANO: MAPA TR=100 AÑOS - SECCIONES TRANSVERSALES 2 QUEBRADA PICAMARAN	ESCALA: INDICADA
		Dibujó: G. CHUMPITAZ S.		N°	FECHA	DESCRIPCION			FECHA: SETIEMBRE 2019
		Verificó: ING. A. MANSEN V CIP 14199		A					
		Presentó: ING. J. KUROIWA Z. CIP 42895		0			N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI	UBICACIÓN: CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA	PLANO N°: 018-2019-HCA-01-36 REV. 0

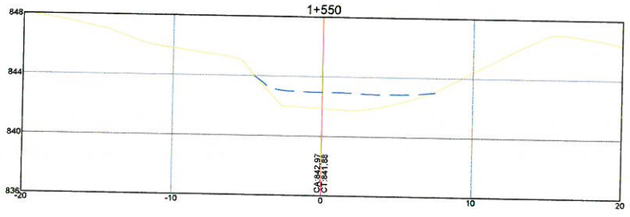
NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

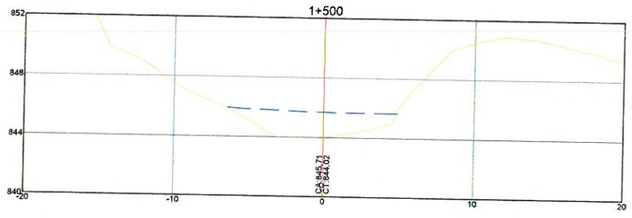


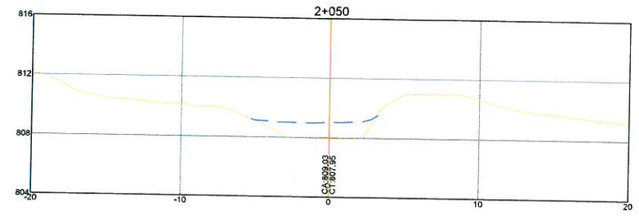


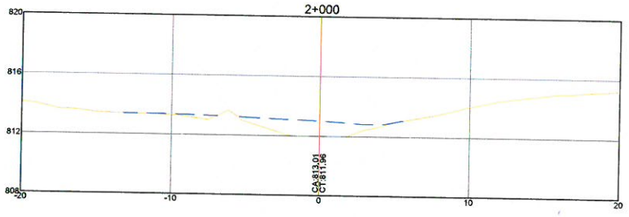


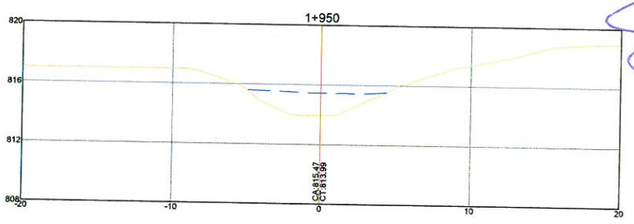


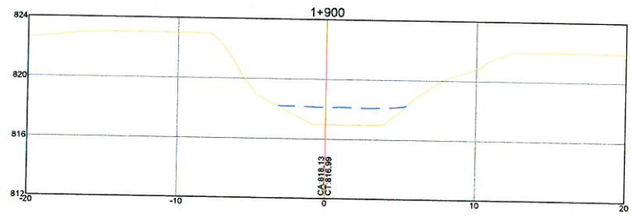


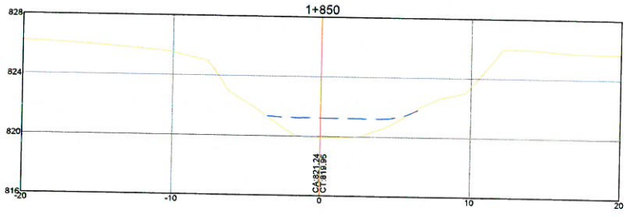


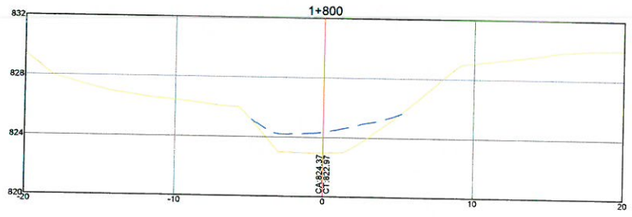


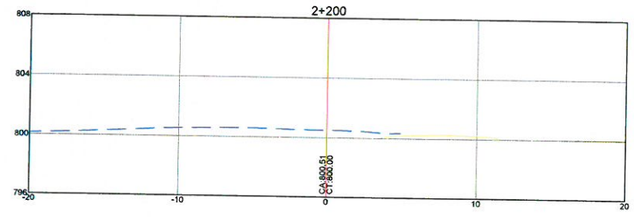


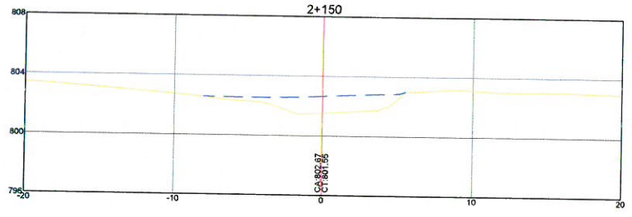


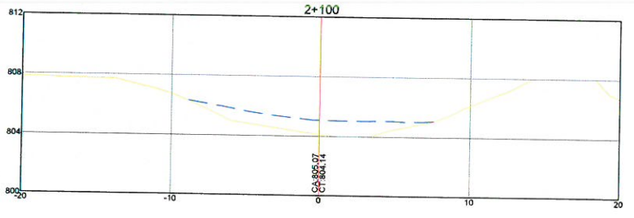












TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42695
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

LEYENDA	
TERRENO NATURAL	
TR=100 AÑOS	

NOTA:
CA= COTA DE AGUA
CT=COTA DE TERRENO

SECCIONETS TRANSVERSALES 3
ESC:1:200

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M. CIP 156636	Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V CIP 14199	
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z. CIP 42695	

REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

PLANO : MAPA TR=100 AÑOS - SECCIONES TRANSVERSALES 3 QUEBRADA PICAMARAN

UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

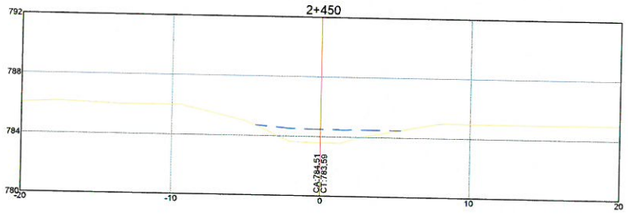
ESCALA: INDICADA

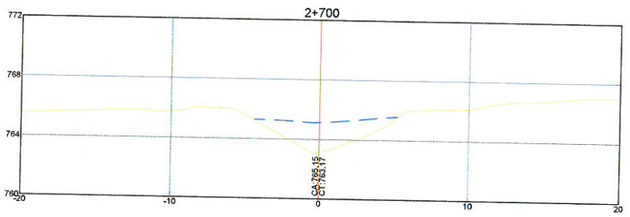
FECHA: SETIEMBRE 2019

PLANO N°: 018-2019-HCA-01-37 REV. 0

1:75 1:100 1:125 1:150 1:200 1:250 1:300 1:333.33 1:400 1:500

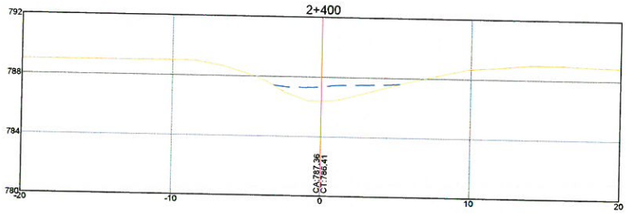
1810

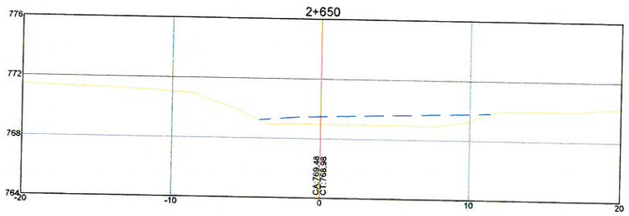




TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

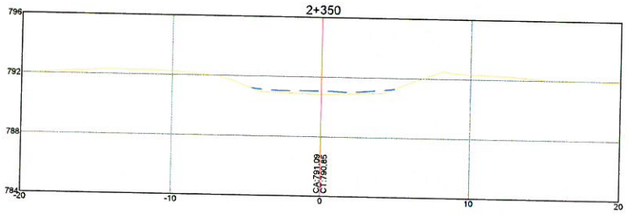
LEYENDA	
TERRENO NATURAL	———
TR=100 AÑOS	- - - - -

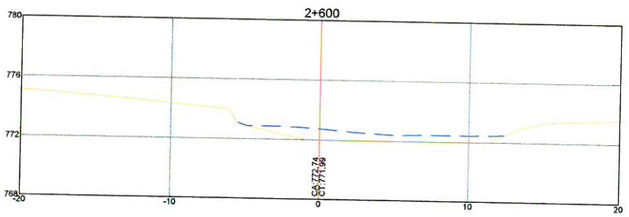




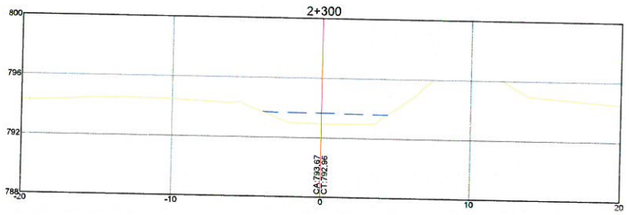
JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

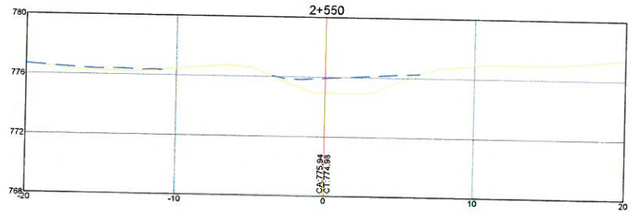
NOTA:
CA= COTA DE AGUA
CT=COTA DE TERRENO

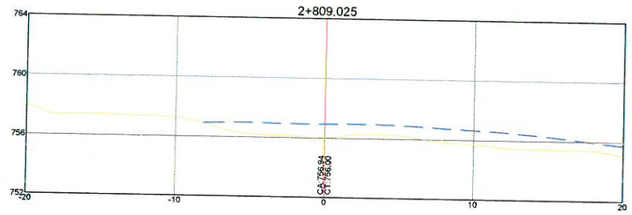


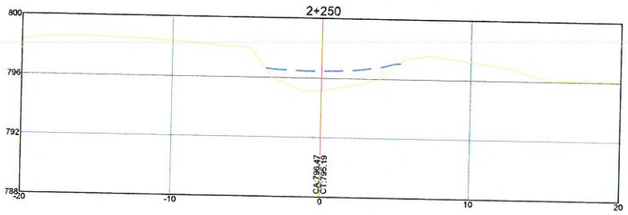


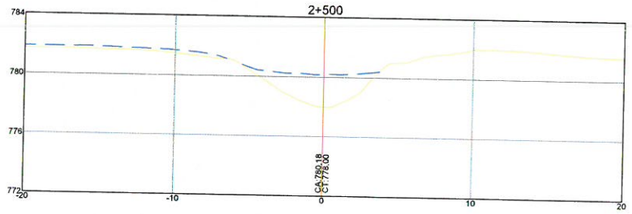
Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

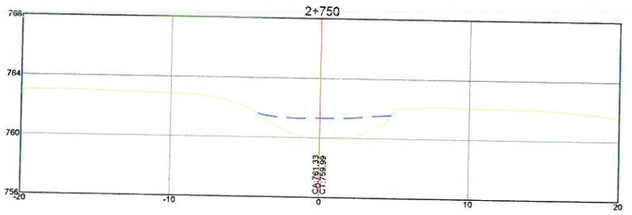












SECCIONETS TRANSVERSALES 4
ESC:1:200

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA:
CONSORCIO
CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M. CIP 165639
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.
Verificó:	ING. A. MANSEN V CIP 14199
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z. CIP 42895

Aprobó :
ING. J. OLAZABAL A.
CIP 5289

REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

PLANO :
MAPA TR=100 AÑOS - SECCIONES TRANSVERSALES 4
QUEBRADA PICAMARAN

UBICACIÓN :
CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

ESCALA: INDICADA
FECHA: SETIEMBRE 2019
PLANO N°: 018-2019-HCA-01-38 REV. 0

1:75 1:100 1:125 1:150 1:200 1:250 1:300 1:333.33 1:400 1:500

1809

FIN
389272.419
8577486.997

INICIO
388990.761
8579785.439

ZONDA

Inicio Tramo de Quebrada Picamaran

Fin Tramo de Quebrada Picamaran

TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

PLANTA QUEBRADA PICAMARAN
ESC:1/3000

LEYENDA

- CURVAS PRINCIPALES
- CURVAS SECUNDARIAS
- ALINEAMIENTO
- PI: PUNTO DE INTERSECCIÓN
- SENTIDO DE FLUJO
- HUELLA DE AGUA TR 500 AÑOS
- LINEA DE SECCIONES
- RIO CAÑETE
- CARRETERA

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M.	CIP 166536
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V.	CIP 14199
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z.	CIP 42895

Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289

REVISIONES

N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

PLANO : MAPA TR=500 AÑOS PLANTA QUEBRADA PICAMARAN

UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

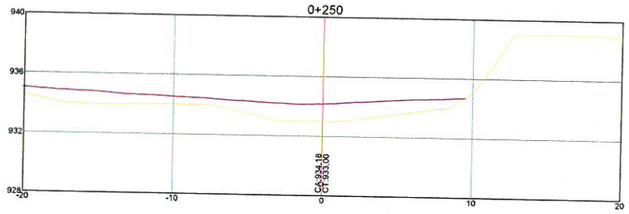
ESCALA: INDICADA

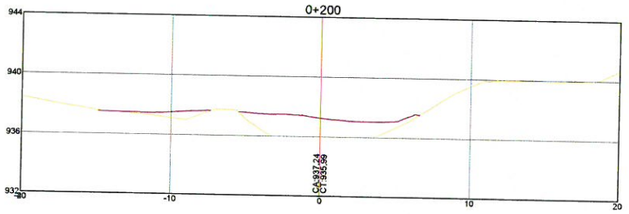
FECHA: SETIEMBRE 2019

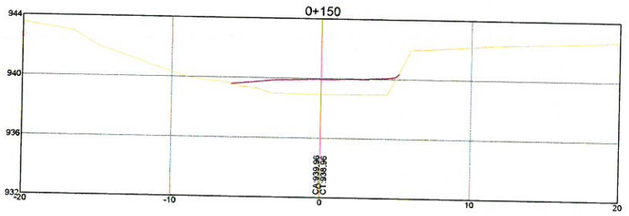
PLANO N°: 018-2019-HCA-01-39 REV. 0

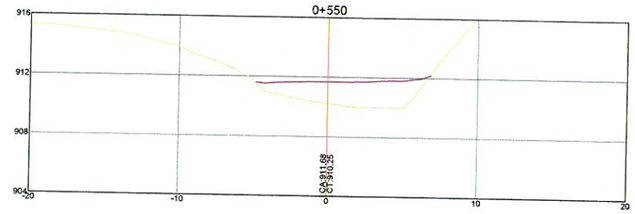
1:75 1:100 1:125 1:150 1:200 1:250 1:300 1:333.33 1:400 1:500

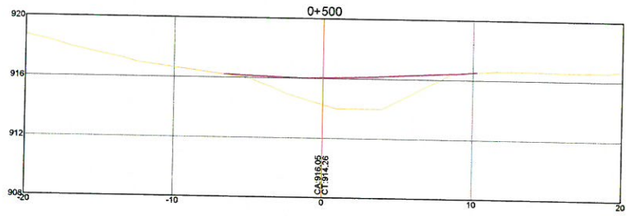
1808

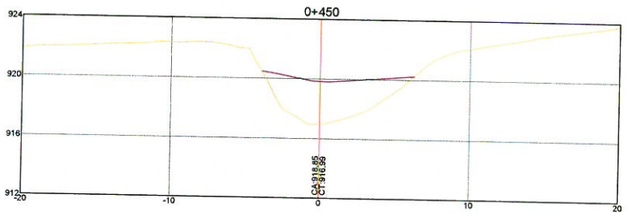












TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

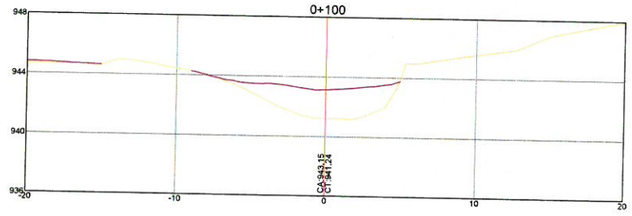
Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

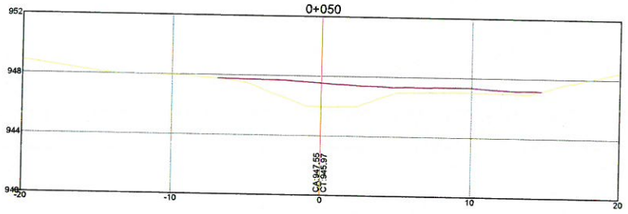
LEYENDA	
TERRENO NATURAL	
TR=500 AÑOS	

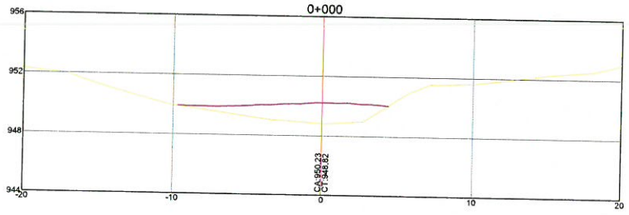
NOTA:

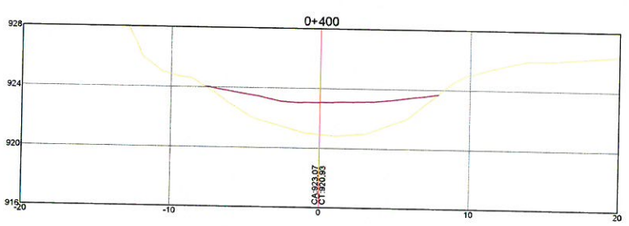
CA= COTA DE AGUA

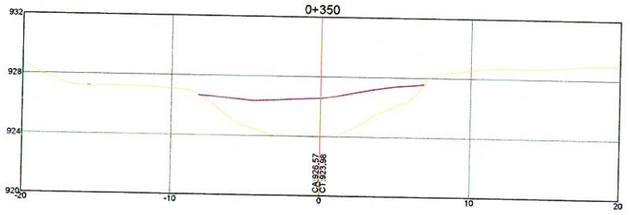
CT=COTA DE TERRENO

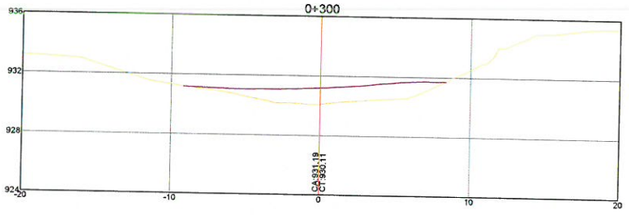


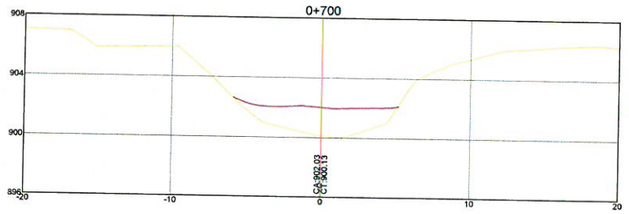


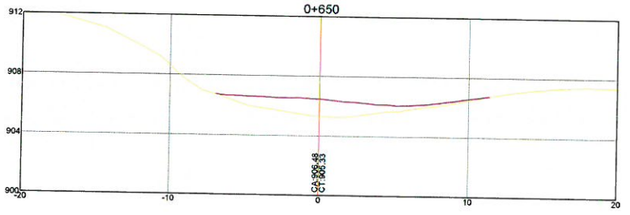


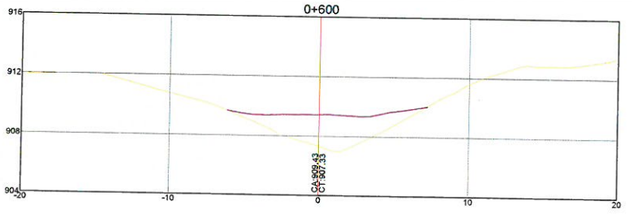












SECCIONES TRANSVERSALES 1
ESC:1:200

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M.	CIP 166636
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V	CIP 14199
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z.	CIP 42895

Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289

REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

PLANO : MAPA TR=500 AÑOS - SECCIONES TRANSVERSALES 1 QUEBRADA PICAMARAN

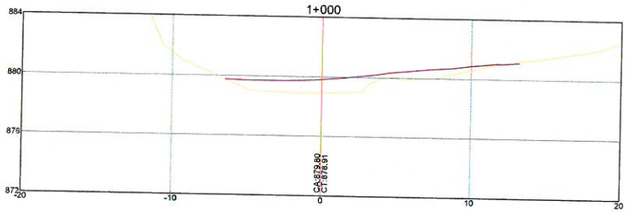
UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

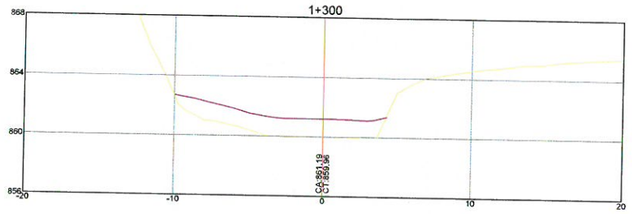
ESCALA: INDICADA

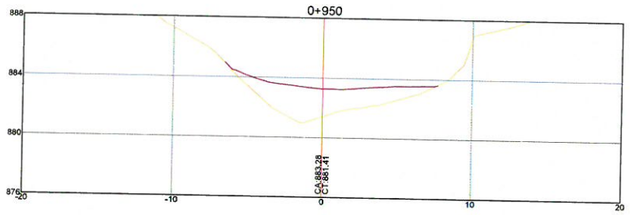
FECHA: SETIEMBRE 2019

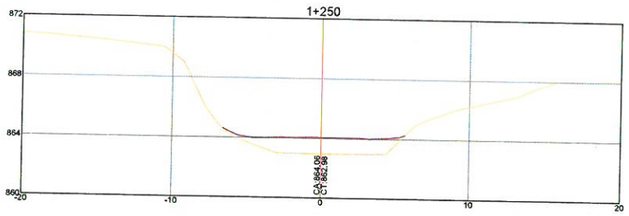
PLANO N°: 018-2019-HCA-01-40 REV. 0

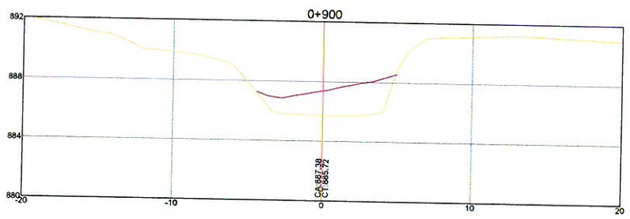
1807

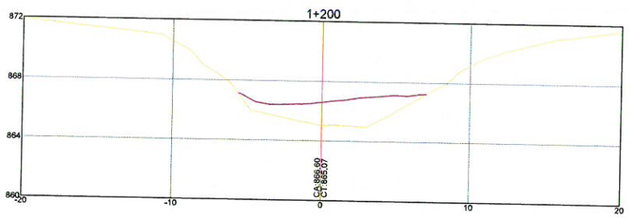


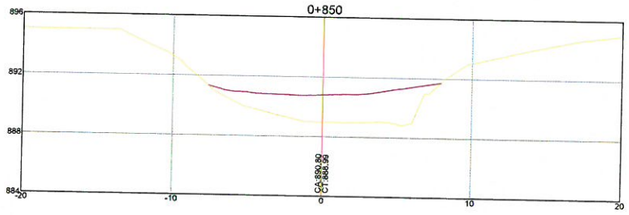


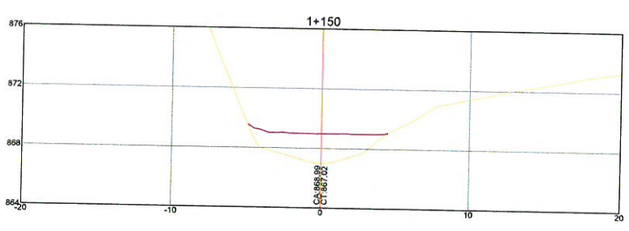


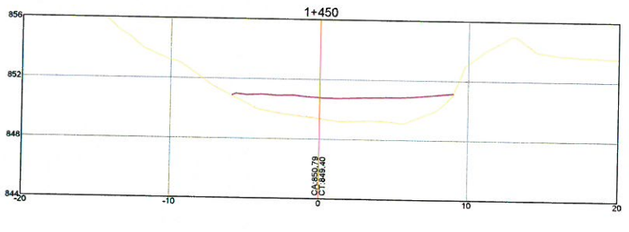


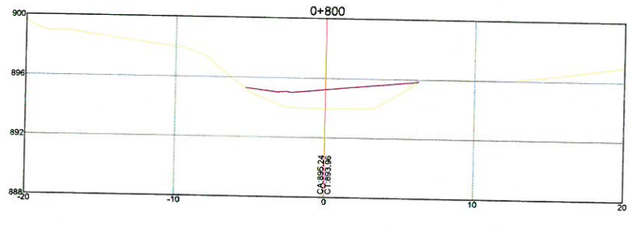


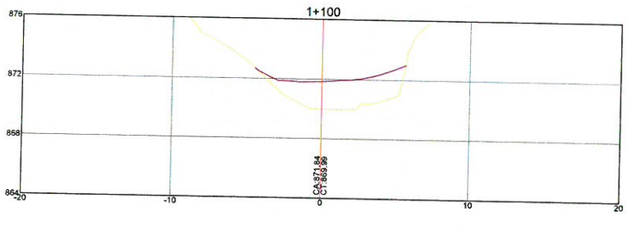


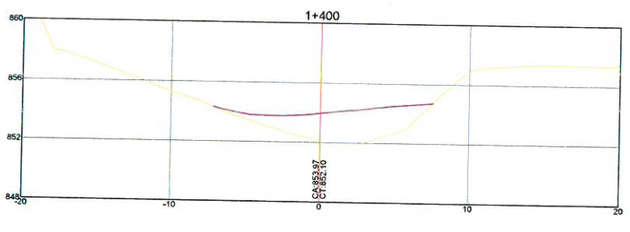


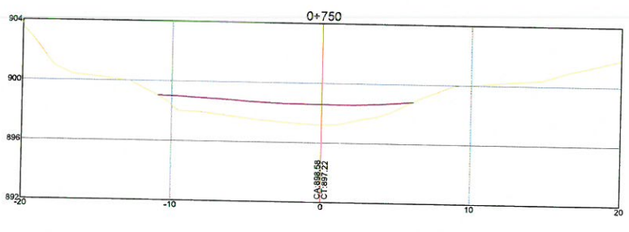


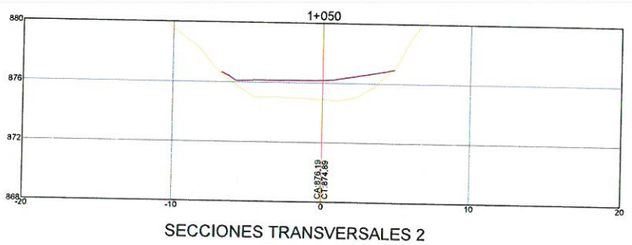


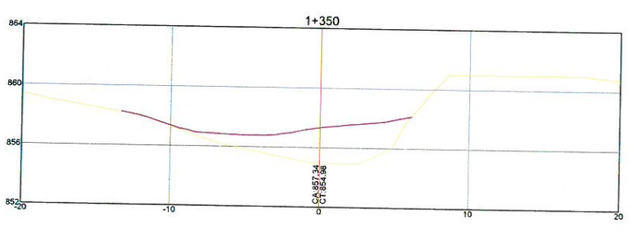












SECCIONES TRANSVERSALES 2

ESC:1:200

TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZABAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

LEYENDA	
TERRENO NATURAL	
TR=500 AÑOS	

NOTA:
CA= COTA DE AGUA
CT=COTA DE TERRENO

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M. CIP 166639	Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V CIP 141 89	
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z. CIP 42895	

REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

PLANO : MAPA TR=500 AÑOS - SECCIONES TRANSVERSALES 2 QUEBRADA PICAMARAN

UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

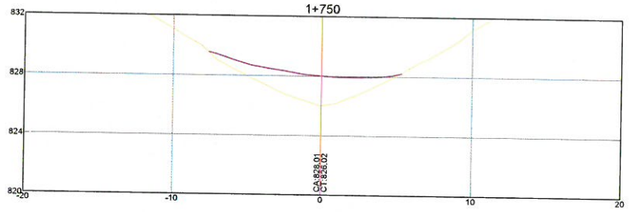
ESCALA: INDICADA

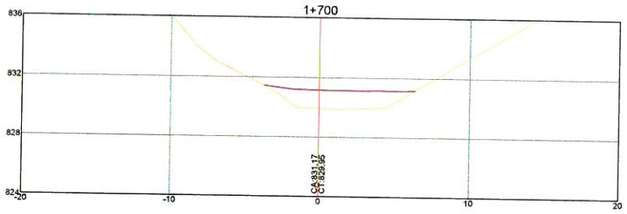
FECHA: SETIEMBRE 2019

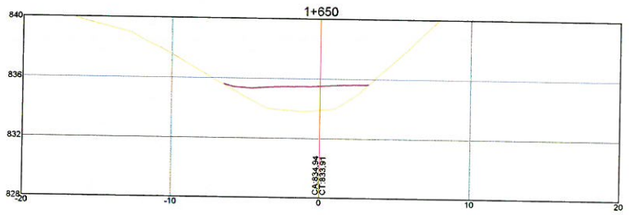
PLANO N°: 018-2019-HCA-01-41 REV. 0

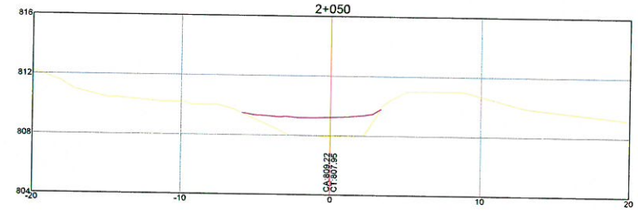
1:75 1:100 1:125 1:150 1:200 1:250 1:300 1:333.33 1:400 1:500

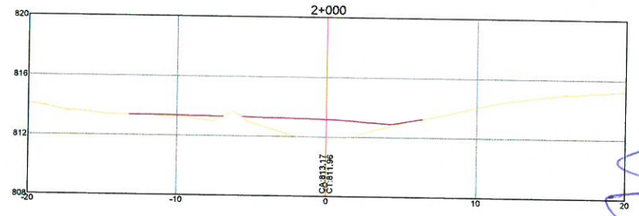
1806

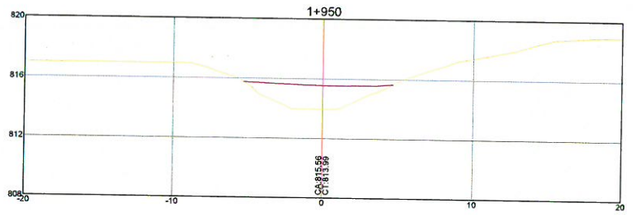












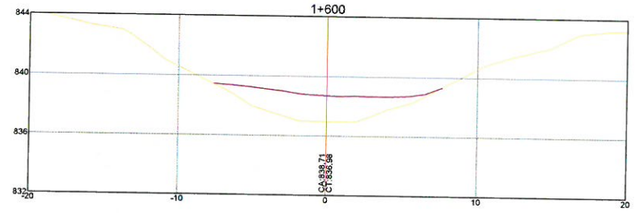
TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDAN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

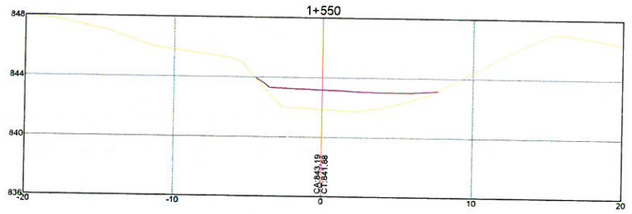
JUAN ARMANDO OLAZABAL ALVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP Nº 5289
JEFE DE PROYECTO

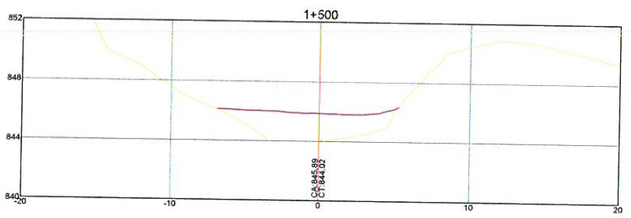
Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP Nº 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

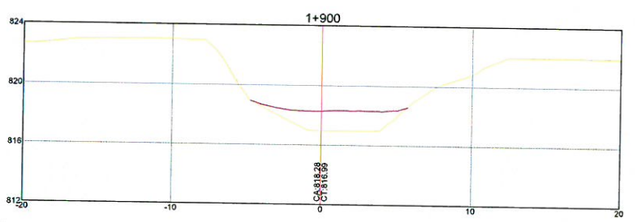
LEYENDA	
TERRENO NATURAL	
TR=500 AÑOS	

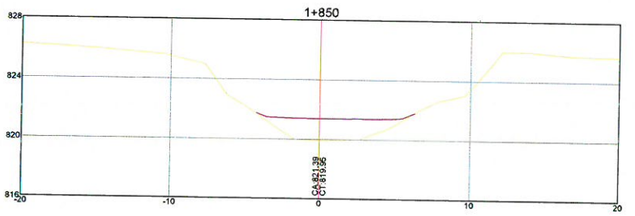
NOTA:
CA= COTA DE AGUA
CT=COTA DE TERRENO

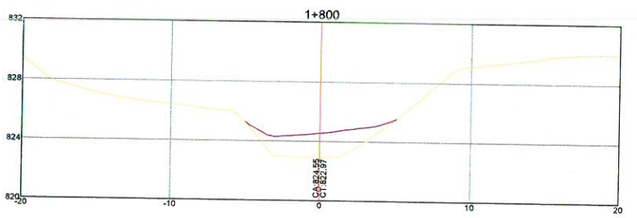


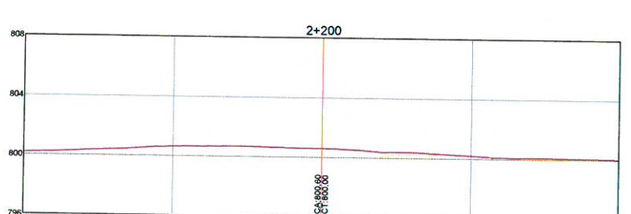


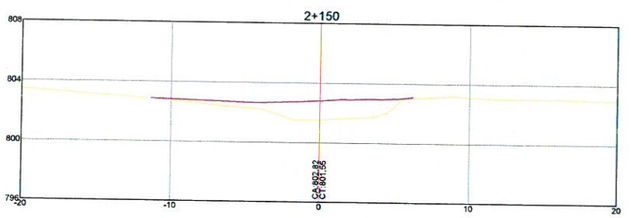


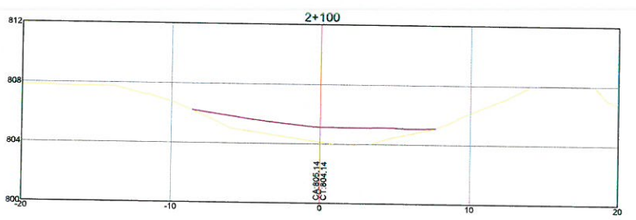












SECCIONES TRANSVERSALES 3
ESC:1:200

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M. CIP 169636	Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.	
Verificó:	ING. A. MANSEN V CIP 14199	
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z. CIP 42895	

REVISIONES		
Nº	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

Nº DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

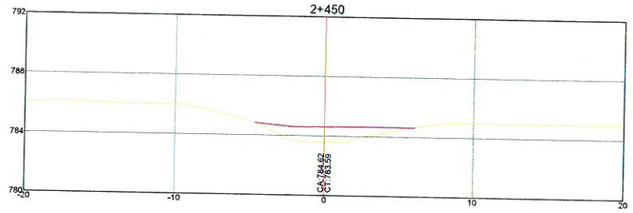
PLANO : MAPA TR=500 AÑOS - SECCIONES TRANSVERSALES 3 QUEBRADA PICAMARAN

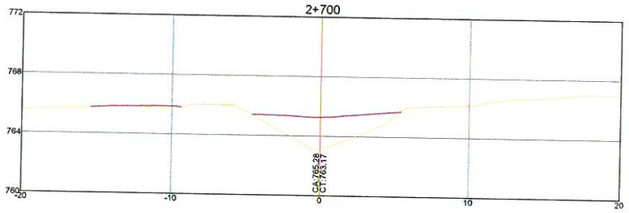
UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

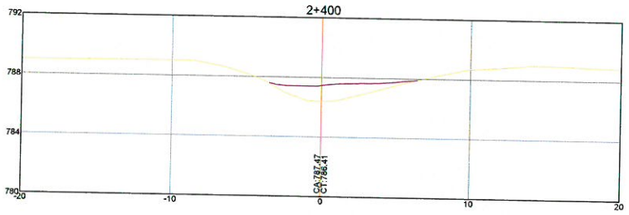
ESCALA: INDICADA

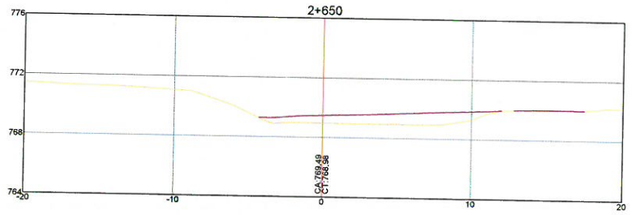
FECHA: SETIEMBRE 2019

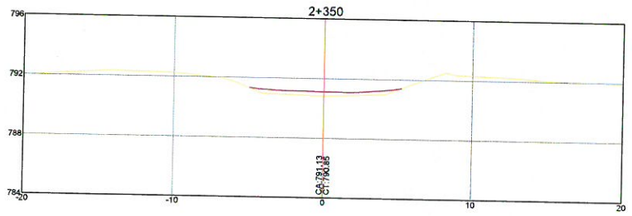
PLANO Nº: 018-2019-HCA-01-42 REV. 0

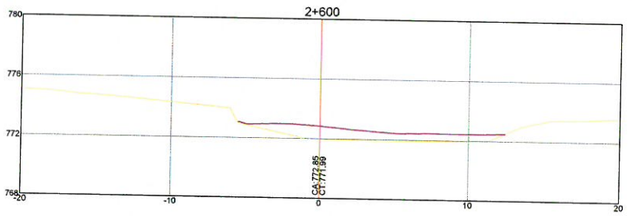


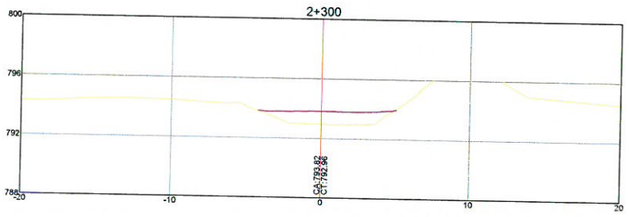


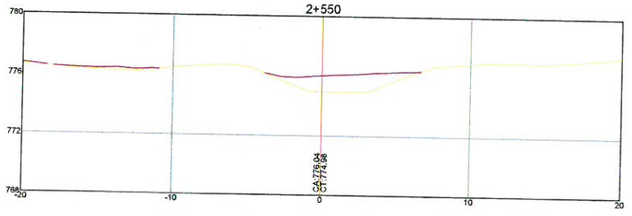


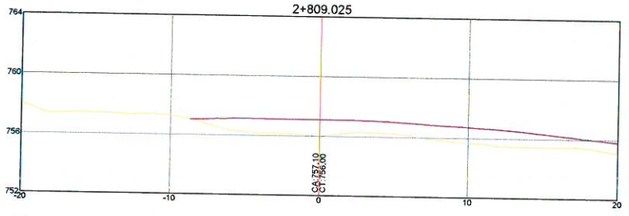


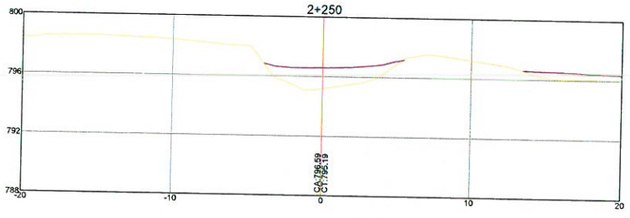


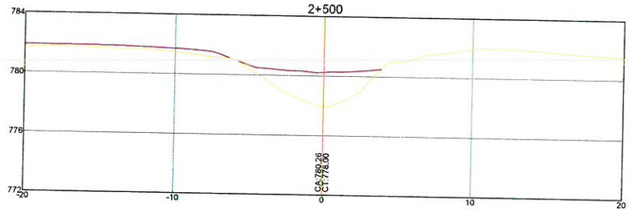


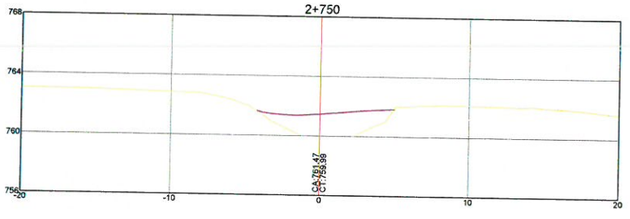












TOMÁS A. SÁNCHEZ RONDÓN
Representante Legal
Consorcio CISPDR - SIGT

JUAN ARMANDO OLAZÁBAL ÁLVAREZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 5289
JEFE DE PROYECTO

Ing. JULIO MARTIN KUROIWA ZEVALLOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 42895
ESP. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA FLUVIAL

LEYENDA
TERRENO NATURAL
TR=500 AÑOS

NOTA:
CA= COTA DE AGUA
CT=COTA DE TERRENO

SECCIONES TRANSVERSALES 4

ESC:1:200

PSI PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES

PROYECTISTA: CONSORCIO CISPDR-SIGT

Diseñó:	ING. R. NUÑEZ M. CIP 169639
Dibujó:	G. CHUMPITAZ S.
Verificó:	ING. A. MANSEN V. CIP 14199
Presentó:	ING. J. KUROIWA Z. CIP 42895

Aprobó : ING. J. OLAZABAL A. CIP 5289

REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION
A		
0		

FORMULACION DEL PLAN INTEGRAL DE CONTROL DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA DE LA CUENCA DEL RIO CAÑETE DEPARTAMENTO DE LIMA

N° DE CONTRATO: 018-2019-MINAGRI-PSI

NOTA: LA ESCALA INDICADA CORRESPONDE AL FORMATO A-1, PARA EL FORMATO A-3 SE DEBE CONSIDERAR EL DOBLE

PLANO : MAPA TR=500 AÑOS - SECCIONES TRANSVERSALES 4 QUEBRADA PICAMARAN

UBICACIÓN : CUENCA DEL RIO CAÑETE, DEPARTAMENTO DE LIMA

ESCALA: INDICADA

FECHA: SETIEMBRE 2019

PLANO N°: 018-2019-HCA-01-43 REV. 0