

	PRESIDENCIA DEL CONSEJO DE MINISTROS “AUTORIDAD PARA LA RECONSTRUCCIÓN CON CAMBIOS”	Revisión: R05
	CONTRATO: Proyecto “Entrega de las Defensas Ribereñas del Río Lacramarca – Paquete 11-R07”	Emisión: 11/06/2023
	REGIÓN: ANCASH	Páginas: 1 de 286



REVISIÓN DE DOCUMENTOS TÉCNICOS

☒ A- ACEPTADO

☐ B- ACEPTADO CON COMENTARIOS

☐ C- RECHAZADO

Luis Herrera - Autoridad para la Reconstrucción con Cambios
Jun 13, 2023, 7:58 PM GMT-5:00

FIRMA: _____ FECHA: _____



ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERÍA PARA EL SUBPROYECTO A2 DISEÑO DE DEFENSAS RIBEREÑAS Y OBRAS CONEXAS

400197-OHL001-501-XX-RP-CV-000015-R05

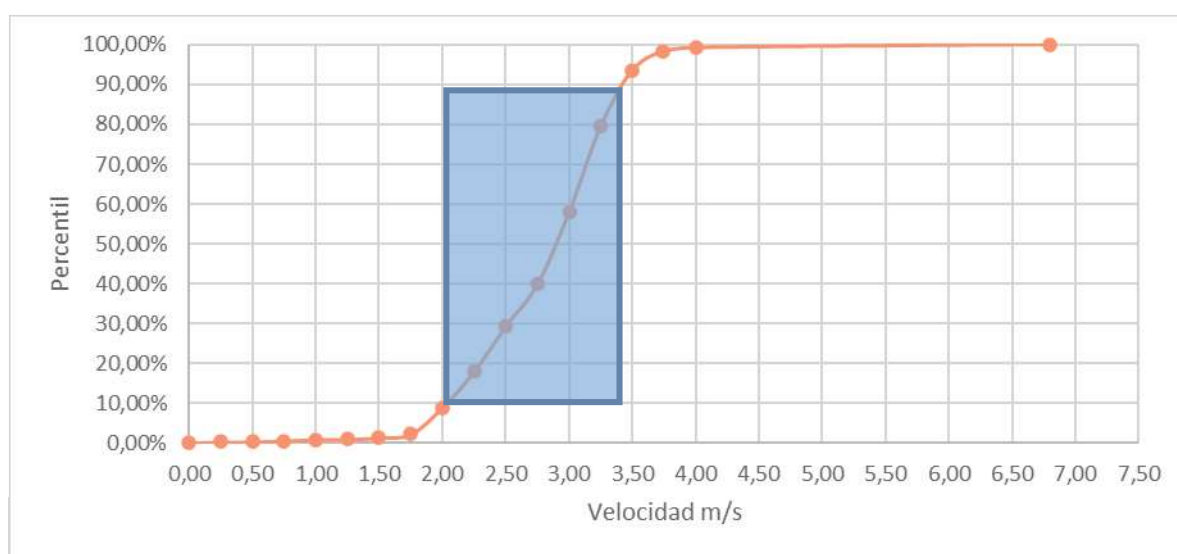
REV N°	FECHA	DESCRIPCIÓN	ELAB. POR	REV. POR	APROB. POR
R00	30/09/2022	Emitido para aprobación	Alberto Prieto Jefe Equipo Diseño AIRTIFICIAL	David Rodriguez Gerente de Diseño	M.A.Del Barco Gerente de Proyecto
R01	20/12/2022	Emitido para aprobación	Alberto Prieto Jefe Equipo Diseño AIRTIFICIAL	Raúl Flores Gerente de Diseño	M.A.Del Barco Gerente de Proyecto
R02	08/04/2023	Emitido para aprobación	Diego López Jefe Equipo Diseño AIRTIFICIAL	Raúl Flores Gerente de Diseño	M.A.Del Barco Gerente de Proyecto
R03	14/05/2023	Emitido para aprobación	Diego López Jefe Equipo Diseño AIRTIFICIAL	Raúl Flores Gerente de Diseño	M.A.Del Barco Gerente de Proyecto
R04	01/06/2023	Emitido para aprobación	Diego López Jefe Equipo Diseño AIRTIFICIAL	Raúl Flores Gerente de Diseño	M.A.Del Barco Gerente de Proyecto
R05	11/06/2023	Emitido para aprobación	Diego López Jefe Equipo Diseño AIRTIFICIAL	Raúl Flores Gerente de Diseño	M.A.Del Barco Gerente de Proyecto
FIRMAS:					

	Proyecto “Entrega de las Defensas Ribereñas del Río Lacramarca – Paquete 11-R07” REGION: ANCASH	
	“SUBPROYECTO A2 DISEÑO DE DEFENSAS RIBEREÑAS Y OBRAS CONEXAS”	

En la parte superior de la distribución, por encima de los 3.75 m/s y hasta la velocidad máxima de 6.79 m/s sólo hay el 1.66% de la muestra, ya que se pasa del percentil 98.34% al 100%. Esto quiere decir que las velocidades extremas de la distribución, o por lo menos las superiores a 3.75 m/s son igualmente residuales en el río.

La mayor parte de las velocidades presentes en el río Lacramarca para la avenida de diseño oscilan en el rango de 2.00 a 3.40 m/s, que representa aproximadamente el 80% de la muestra (y, por tanto, están presentes en el 80% del tramo del río). En la siguiente figura se observa de forma gráfica la anterior conclusión:

Figura 6. Distribución de la velocidad por percentiles



Como conclusión al estudio realizado se tiene:

- En el río Lacramarca se alcanzan velocidades pico muy elevadas de hasta 6.79 m/s, sin embargo, las mismas no son representativas del régimen de velocidad del río.
- Las velocidades inferiores a 1.75 m/s son residuales y apenas tienen presencia en el río.
- El rango de velocidades que presenta una mayor persistencia en el río oscila entre los 2.00 y 3.40 m/s, que se presentan en el 80% de todo el tramo estudiado.

2.3.4 Análisis de la socavación general

En referencia al análisis de socavación general, se han aplicado diferentes metodologías de cálculo derivadas del propio modelado hidráulico bidimensional o de los resultados. La socavación es un tipo de erosión hídrica que hace referencia a la pérdida del material de fondo del cauce y sus riberas del río, asociado a un evento extremo de incremento del caudal. La reducción de este nivel respecto a un nivel de referencia es denominada profundidad de socavación. La altura de socavación alcanzada depende del tipo y tamaño de las partículas que conforman el lecho y la magnitud y duración del evento hidrológico.

	Proyecto “Entrega de las Defensas Ribereñas del Río Lacramarca – Paquete 11-R07” REGION: ANCASH	
	“SUBPROYECTO A2 DISEÑO DE DEFENSAS RIBEREÑAS Y OBRAS CONEXAS”	

Es importante considerar la socavación general para el conocimiento de la cota máxima alcanzable en el pie de los diques propuestos por la erosión en un evento de avenida hidrológica, y garantizar de esta forma la estabilidad del dique evitando episodios de deslizamiento de taludes.

Los métodos a través de los que se obtienen los resultados de socavación general han sido:

- Métodos empíricos. Estos métodos están basados en la experiencia y experimentación y son ampliamente utilizados en la realización de estudios y proyectos de ingeniería fluvial. Los utilizados son:
 - Método de Lischtván-Levediev (1984)
 - Método de Blench (1969)
 - Método de Lacey (1930)
 - Método de Kellerhals (1967)
 - Método de Maza y Echevarría (1973)
- Análisis de socavación general obtenido de los resultados del modelado hidráulico bidimensional con lecho móvil con el software IBER.

Todo el análisis erosivo y sedimentológico se encuentra integrado dentro del informe “Modelo hidráulico base integrado con soluciones propuestas” (con código 400197-OHL001-000-XX-HD-000008-R02). En este informe se hace el análisis pormenorizado, concluyendo ciertos valores de socavación agrupados en tramos en función de los resultados obtenidos.

Cuadro 10. Resultados de socavación general

Tramo		Socavación General (m)			Erosión Modelo Bidimensional (m)		
Inicio	Fin	TR50	TR100	TR200	TR50	TR100	TR200
0+000	3+300	0.83	1.11	1.56	0.75	1.14	1.45
3+300	10+400	1.48	1.95	2.56	0.67	1.39	1.48
10+400	21+500	0.40	0.79	1.47	0.36	0.86	1.33
21+500	26+150	0.04	0.31	0.32	0.18	0.32	0.55
26+150	29+000	0.00	0.00	0.15	0.06	0.10	0.13

Para la aplicación de estos resultados al análisis de optimización y propuesta de secciones tipo se aplicará la erosión obtenida por el método del modelo bidimensional, ya que se considera más apropiado por derivarse de un análisis específico del río Lacramarca y pormenorizado a cada celda del modelo. Además, este método incluye ciertos factores que hacen su cálculo más realista, como el recálculo hidráulico con la nueva cota erosiva en iteraciones temporales.

En esta línea, con el periodo de retorno de cálculo definido en el análisis SCBA y la selección del modelo hidráulico bidimensional a la hora de la estimación de la socavación general, quedan definidos los parámetros de cálculo para la definición de secciones.

	Proyecto “Entrega de las Defensas Ribereñas del Río Lacramarca – Paquete 11-R07” REGION: ANCASH	
	“SUBPROYECTO A2 DISEÑO DE DEFENSAS RIBEREÑAS Y OBRAS CONEXAS”	

Para realizar una estimación de una sección realmente constructiva y, a su vez, aumentar el coeficiente de seguridad en el cumplimiento de la cota de socavación, se realiza la simplificación del valor de socavación de cálculo a través del redondeo, quedando de la siguiente forma:

Cuadro 11. Definición de la socavación general de diseño

Tramo		Socavación general de cálculo. Original (m)	Socavación general de diseño (m)
Inicio	Fin	T100	T 100
0+000	3+300	1.14	1.20
3+300	10+400	1.39	1.50
10+400	21+500	0.86	1.00
21+500	26+150	0.32	0.50
26+150	29+000	0.10	0.20
Todo el río		Por motivos constructivos se adopta un mínimo de 1,00 m	

2.4 Metodología de diseño de los mantos de escollera

2.4.1 Descripción de la metodología

La metodología propuesta en la normativa recogida en el apartado 2.2 Normativa determina el tamaño de la escollera a partir de la velocidad ya que se basa en la idea de que es posible determinar la velocidad del flujo en una sección del río con un mayor grado de certidumbre que la tensión tangencial del fluido sobre la roca. Por tanto, las características del manto de escollera dependen de la velocidad y el tirante de agua en la sección de referencia. El método está basado en los estudios de Maynard, el cual realizó una extensa gama de ensayos en modelos reducido a partir de la cual obtuvo una variedad de datos que le sirvieron de partida para la realización de la metodología propuesta.

La ecuación básica para el tamaño de roca representativa del manto de escollera es el D30, definido según la siguiente ecuación:

$$D_{30} = S_f \cdot C_s \cdot C_v \cdot C_T \cdot \gamma \cdot \left[\left(\frac{\gamma_w}{\gamma_s - \gamma_w} \right)^{1/2} \frac{V}{\sqrt{K_1 \cdot g \cdot \gamma}} \right]^{2.5}$$

Donde:

- D30: es el tamaño de piedra para la cual el 30% es más pequeño
- S_f: es factor de seguridad
- C_s: es el coeficiente de estabilidad para el comienzo del fallo. Considerando que el coeficiente de uniformidad D₈₅/D₁₅ está en el intervalo 1.70-5.2, dicho valor es:
 - 0.30 para roca angulosa, procedente de cantera
 - 0.375 para roca redondeada, procedente de graveras de río
- C_v: coeficiente de distribución vertical de la velocidad:

**Apéndice 4.3. Tramificación de la altura del enrocado en el
Subproyecto A2**

Eje del río	Espesor enrocado (m)	Socavación teórica (m)	Socavación adoptada (m)
4+620	0.90	1.50	1.50
4+630	0.90	1.50	1.50
4+640	0.90	1.50	1.50
4+650	0.90	1.50	1.50
4+660	0.90	1.50	1.50
4+670	0.90	1.50	1.50
4+680	0.90	1.50	1.50
4+690	0.90	1.50	1.50
4+700	0.90	1.50	1.50
4+710	0.90	1.50	1.50
4+720	0.90	1.50	1.50
4+730	0.90	1.50	1.50
4+740	0.90	1.50	1.50
4+750	0.90	1.50	1.50
4+760	0.90	1.50	1.50
4+770	0.90	1.50	1.50
4+780	0.90	1.50	1.50
4+790	0.90	1.50	1.50
4+800	0.90	1.50	1.50
4+810	0.90	1.50	1.50
4+820	0.90	1.50	1.50
4+830	0.90	1.50	1.50
4+840	0.90	1.50	1.50
4+850	0.90	1.50	1.50
4+860	0.90	1.50	1.50
4+870	0.90	1.50	1.50
4+880	0.90	1.50	1.50
4+890	0.90	1.50	1.50
4+900	0.90	1.50	1.50
4+910	0.90	1.50	1.50
4+920	0.90	1.50	1.50
4+930	0.90	1.50	1.50
4+940	0.90	1.50	1.50
4+950	0.90	1.50	1.50
4+960	0.90	1.50	1.50
4+970	0.90	1.50	1.50
4+980	0.90	1.50	1.50
4+990	0.90	1.50	1.50
5+000	0.60	1.50	1.50
5+010	0.60	1.50	1.50
5+020	0.60	1.50	1.50
5+030	0.60	1.50	1.50
5+040	0.60	1.50	1.50
5+050	0.60	1.50	1.50

**Apéndice 4.3. Tramificación de la altura del enrocado en el
Subproyecto A2**

Eje del río	Espesor enrocado (m)	Socavación teórica (m)	Socavación adoptada (m)
5+060	0.60	1.50	1.50
5+070	0.60	1.50	1.50
5+080	0.60	1.50	1.50
5+090	0.60	1.50	1.50
5+100	0.60	1.50	1.50
5+110	0.60	1.50	1.50
5+120	0.60	1.50	1.50
5+130	0.60	1.50	1.50
5+140	0.60	1.50	1.50
5+150	0.60	1.50	1.50
5+160	0.60	1.50	1.50
5+170	0.60	1.50	1.50
5+180	0.60	1.50	1.50
5+190	0.60	1.50	1.50
5+200	0.60	1.50	1.50
5+210	0.60	1.50	1.50
5+220	0.60	1.50	1.50
5+230	0.60	1.50	1.50
5+240	0.60	1.50	1.50
5+250	0.60	1.50	1.50
5+260	0.60	1.50	1.50
5+270	0.60	1.50	1.50
5+280	0.60	1.50	1.50
5+290	0.60	1.50	1.50
5+300	0.60	1.50	1.50
5+310	0.60	1.50	1.50
5+320	0.60	1.50	1.50
5+330	0.60	1.50	1.50
5+340	0.60	1.50	1.50
5+350	0.60	1.50	1.50
5+360	0.60	1.50	1.50
5+370	0.60	1.50	1.50
5+380	0.60	1.50	1.50
5+390	0.60	1.50	1.50
5+400	0.60	1.50	1.50
5+410	0.60	1.50	1.50
5+420	0.60	1.50	1.50
5+430	0.60	1.50	1.50
5+440	0.60	1.50	1.50
5+450	0.60	1.50	1.50
5+460	0.60	1.50	1.50
5+470	0.60	1.50	1.50
5+480	0.60	1.50	1.50
5+490	0.60	1.50	1.50

**Apéndice 4.3. Tramificación de la altura del enrocado en el
Subproyecto A2**

Eje del río	Espesor enrocado (m)	Socavación teórica (m)	Socavación adoptada (m)
5+500	0.60	1.50	1.50
5+510	0.60	1.50	1.50
5+520	0.60	1.50	1.50
5+530	0.60	1.50	1.50
5+540	0.60	1.50	1.50
5+550	0.60	1.50	1.50
5+560	0.60	1.50	1.50
5+570	0.60	1.50	1.50
5+580	0.60	1.50	1.50
5+590	0.60	1.50	1.50
5+600	0.60	1.50	1.50
5+610	0.60	1.50	1.50
5+620	0.90	1.50	1.50
5+630	0.90	1.50	1.50
5+640	0.90	1.50	1.50
5+650	0.90	1.50	1.50
5+660	0.90	1.50	1.50
5+670	0.90	1.50	1.50
5+680	0.90	1.50	1.50
5+690	0.90	1.50	1.50
5+700	0.90	1.50	1.50
5+710	0.90	1.50	1.50
5+720	0.90	1.50	1.50
5+730	0.90	1.50	1.50
5+740	0.90	1.50	1.50
5+750	0.90	1.50	1.50
5+760	0.90	1.50	1.50
5+770	0.90	1.50	1.50
5+780	0.90	1.50	1.50
5+790	0.90	1.50	1.50
5+800	0.90	1.50	1.50
5+810	0.90	1.50	1.50
5+820	0.90	1.50	1.50
5+830	0.90	1.50	1.50
5+840	0.90	1.50	1.50
5+850	0.90	1.50	1.50
5+860	0.90	1.50	1.50
5+870	0.90	1.50	1.50
5+880	0.90	1.50	1.50
5+890	0.90	1.50	1.50
5+900	0.90	1.50	1.50
5+910	0.90	1.50	1.50
5+920	1.20	1.50	1.50
5+930	1.20	1.50	1.50

**Apéndice 4.3. Tramificación de la altura del enrocado en el
Subproyecto A2**

Eje del río	Espesor enrocado (m)	Socavación teórica (m)	Socavación adoptada (m)
7+260	0.90	1.50	1.50
7+270	0.90	1.50	1.50
7+280	0.90	1.50	1.50
7+290	0.90	1.50	1.50
7+300	0.90	1.50	1.50
7+310	0.90	1.50	1.50
7+320	0.90	1.50	1.50
7+330	0.90	1.50	1.50
7+340	0.90	1.50	1.50
7+350	0.90	1.50	1.50
7+360	0.90	1.50	1.50
7+370	0.90	1.50	1.50
7+380	0.90	1.50	1.50
7+390	0.90	1.50	1.50
7+400	0.90	1.50	1.50
7+410	0.90	1.50	1.50
7+420	0.90	1.50	1.50
7+430	0.90	1.50	1.50
7+440	0.90	1.50	1.50
7+450	0.90	1.50	1.50
7+460	0.90	1.50	1.50
7+470	0.90	1.50	1.50
7+480	0.90	1.50	1.50
7+490	0.90	1.50	1.50
7+500	0.90	1.50	1.50
7+510	0.90	1.50	1.50
7+520	0.90	1.50	1.50
7+530	0.90	1.50	1.50
7+540	0.90	1.50	1.50
7+550	0.90	1.50	1.50
7+560	0.90	1.50	1.50
7+570	0.90	1.50	1.50
7+580	0.90	1.50	1.50
7+590	0.90	1.50	1.50
7+600	0.90	1.50	1.50
7+610	0.90	1.50	1.50
7+620	0.90	1.50	1.50
7+630	0.90	1.50	1.50
7+640	0.90	1.50	1.50
7+650	0.90	1.50	1.50
7+660	0.90	1.50	1.50
7+670	0.90	1.50	1.50
7+680	0.90	1.50	1.50
7+690	0.90	1.50	1.50