

## **RESPUESTA CONSULTAS**

### **INFORME CONSOLIDADO N° 1 DE SOLICITUD DE ACLARACIONES, RECTIFICACIONES Y/O AMPLIACIONES A LA DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO “CENTRAL HIDROELECTRICA ALLIPEN”**

#### **PREGUNTAS**

- I. 8
- I. 9
- I. 10

#### **AMPLIACIÓN INFORMACIÓN ESTUDIO HIDRÁULICO CENTRAL HIDROELÉCTRICA ALLIPÉN**

## CONSULTA

*- Se solicita presentar el estudio de eje hidráulico para las condiciones Sin Proyecto y Con Proyecto para el Estero Trumpulo entre el punto de descarga al Río Allipén y hasta 100 metros aguas arriba del vertedero del Canal de Aducción (Véase figura N°4 de La DIA). Para el modelamiento hidráulico, se deberá considerar una crecida de diseño de T=100 años de período de retorno y se deberá modelar mediante software HEC-RAS.*

*- Se deberá presentar un plano con curvas de nivel en donde se indique el área de inundación para las condiciones sin proyecto y con proyecto y en particular se deberá indicar si existen instalaciones que puedan verse afectadas en crecida de este cauce.*

*- Además, sobre la base de un análisis hidráulico, se deberá determinar si se requieren obras de defensa fluvial en ambas riberas y refuerzo a nivel de radier del cauce en los puntos de las descargas de estas obras.*

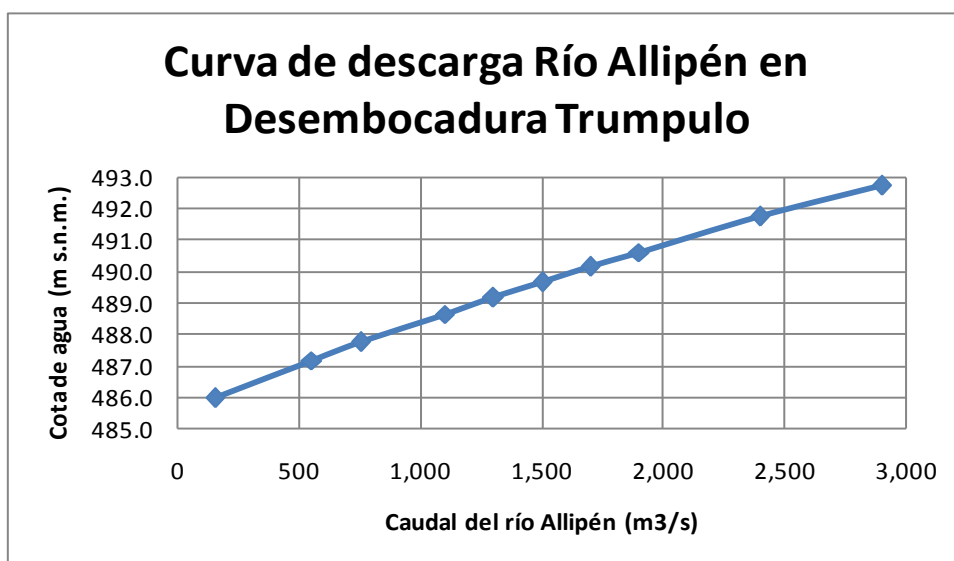
## RESPUESTA

### 1 Caudales de crecidas

El análisis de crecidas y estudio hidráulico fluvial del Río Allipén, en la zona de la desembocadura del Estero Trumpulo, puede resumirse en la siguiente tabla y curva de descarga.

Río Allipén	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Cota Río Allipén (m s.n.m.)
Caudal medio anual	150	485,95
Caudal medio mensual máximo (julio)	550	487,17
Crecida Tr = 2 años	750	487,74
Crecida Tr = 5 años	1.100	488,65
Crecida Tr = 10 años	1.300	489,16
Crecida Tr = 20 años	1.500	489,66
Crecida Tr = 50 años	1.700	490,15
Crecida Tr = 100 años	1.900	490,62
Crecida Tr = 1.000 años	2.400	491,75
Crecida Tr = 10.000 años	2.900	492,72

Cota del río Allipén 485,00  
(en confluencia con Estero Trumpulo)



Por otra parte, los valores de crecidas adoptados para el Estero Trumpulo se muestran en la Tabla 1 a continuación:

**Tabla 1: Valores Adoptados de Crecidas en el Estero Trumpulo**

Período de Retorno (años)	Valor Adoptado (m <sup>3</sup> /s)
2	28
5	35
10	40
20	45
50	51
100	55

En la tabla anterior puede apreciarse que el caudal de descarga de la Central Hidroeléctrica Allipén, que tendrá un valor máximo de 16 m<sup>3</sup>/s, es menor al caudal de crecida con período de retorno de 2 años en el Estero Trumpulo, estimado en 28 m<sup>3</sup>/s.

## 2 Estudio del eje hidráulico en el Estero Trumpulo

Para el cálculo del eje hidráulico se utilizó el programa HEC-2, Versión 4.6.2 de mayo de 1991, realizado por el Hydrologic Engineering Center del Corps of Engineers.

El procedimiento de cálculo se basa en la solución de la ecuación de energía unidimensional con pérdida de energía debida a la fricción, conocido generalmente como método estándar por pasos o etapas fijas. Las dos ecuaciones siguientes se resuelven por un procedimiento iterativo para calcular la cota de agua en una sección transversal.

$$S_2 + \alpha_2 V_2^2 / 2g = S_1 + \alpha_1 V_1^2 / 2g + h_e$$

$$h_e = LS_f + C|\alpha_2 V_2^2 - \alpha_1 V_1^2| / 2g$$

donde:

- $S_1, S_2$  = cotas de agua en cada sección transversal en m.
- $V_1, V_2$  = velocidades medias en cada sección transversal en m/s.
- $\alpha_1, \alpha_2$  = coeficientes de velocidad en cada sección transversal.
- $g$  = aceleración de gravedad en m/s<sup>2</sup>.
- $h_e$  = pérdida de energía en el tramo en m.
- $L$  = longitud del tramo en m.
- $S_f$  = pendiente de fricción representativa del tramo en m/m.
- $C$  = coeficiente de pérdida por expansión o contracción.

La pendiente general del cauce del Estero Trumpulo en el tramo en estudio es cercana al 1,2%, con escurrimiento subcrítico (de río) cercano a la crisis. Además, el eje hidráulico del estero está influenciado por el nivel del Río Allipén.

Por lo tanto, para el cálculo del eje hidráulico del Estero Trumpulo se partió de la cota del eje hidráulico obtenida en el Río Allipén, en su confluencia con el Estero Trumpulo (ver curva de descarga en la página 2), suponiendo igual período de retorno para las crecidas del estero y del río, agregando el caudal máximo de la Central, de  $16 \text{ m}^3/\text{s}$ , para la situación “Con Proyecto”.

Los coeficientes utilizados para calcular las pérdidas de energía ocasionadas por expansión y contracción del flujo son 0,1 y 0,3 alturas de velocidad, respectivamente, y se utilizó un coeficiente de rugosidad de Manning igual a 0,040.

A continuación se incluyen las salidas de la simulación del eje hidráulico para la situación “Sin Proyecto”, para un caudal de  $55 \text{ m}^3/\text{s}$ , correspondiente a la crecida con período de retorno 100 años, y para la situación “Con Proyecto” para un caudal de  $71 \text{ m}^3/\text{s}$ , correspondiente al caudal de la crecida con período de retorno 100 años más el caudal de descarga de la Central.

Los resultados de la simulación se presentan también en los perfiles longitudinales correspondientes, donde se ha dibujado el fondo del cauce y el eje hidráulico calculado.

Además, se adjunta un plano con curvas de nivel donde se indica el área de inundación para las condiciones “Sin proyecto” y “Con proyecto”.

La cota de agua calculada para el caudal con período de retorno de 100 años en la Sección 1 del eje hidráulico, con un valor de 494,64 m s.n.m. para ambas situaciones sin y con proyecto, no alcanza la cota inferior de la viga del puente de madera existente en esta sección, con un valor aproximado de 496,00 m s.n.m., comprobándose lo indicado por lugareños en el sentido que no existen antecedentes de que el puente haya sido afectado por el estero.

Además del puente de madera mencionado, no existen otras instalaciones que puedan verse afectadas por la crecida de este cauce, en la zona del proyecto.

Los resultados indican que, para una crecida con período de retorno de 100 años, la descarga máxima de la Central en la zona del rápido subirá los niveles del estero en valores cercanos a los 0,30 m entre las secciones 7 y 10, en un tramo de 120 m desde el rápido de descarga hacia aguas abajo.

THIS RUN EXECUTED oct-10

HEC-2 WATER SURFACE PROFILES

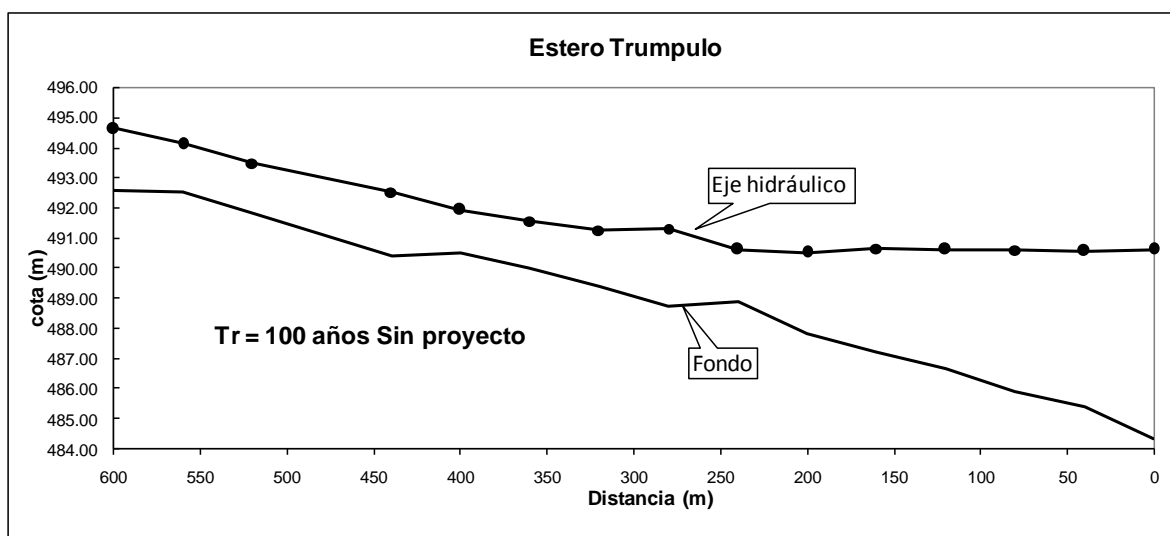
Version 4.6.2; May 1991

Esterio Trumpulo

Sin proyecto

Coefficiente de rugosidad de Manning  $n = 0,040$

Perfil Transversal	Distancia Acumulada (m)	Cota de Fondo (m)	Cota de Agua Crítica (m)	Cota de Agua Normal (m)	Altura de Agua (m)	Ancho Superficial (m)	Velocidad Media (m/s)	Sección (m <sup>2</sup> )	Pendiente de Energía (x10.000)	Radio Hidráulico (m)	Perímetro Mojado (m)	Número de Froude	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
16	0	484,33	486,11	490,62	6,29	40,16	0,28	197,05	0,20	3,96	49,72	0,04	55
15	40	485,41	487,31	490,59	5,18	16,00	0,92	60,06	3,35	2,85	21,07	0,15	55
14	80	485,89	487,65	490,61	4,72	18,45	0,89	62,01	3,19	2,81	22,04	0,15	55
13	120	486,68	488,23	490,62	3,94	20,56	0,96	57,19	4,39	2,48	23,05	0,18	55
12	160	487,23	488,64	490,66	3,43	34,53	0,72	76,85	3,06	2,11	36,38	0,15	55
11	200	487,81	489,92	490,53	2,72	15,31	2,22	24,80	48,08	1,45	17,11	0,56	55
10	240	488,87	490,61	490,63	1,76	13,66	3,35	16,40	164,28	1,07	15,34	0,98	55
9	280	488,73	490,14	491,31	2,58	24,93	1,32	41,70	15,61	1,54	26,99	0,33	55
8	320	489,42	490,96	491,26	1,84	15,98	2,55	21,53	79,23	1,23	17,55	0,70	55
7	360	490,00	491,36	491,57	1,57	15,58	2,76	19,93	96,55	1,19	16,73	0,78	55
6	400	490,50	491,79	491,94	1,44	14,10	3,04	18,07	120,23	1,17	15,47	0,86	55
5	440	490,43	491,73	492,52	2,09	33,12	1,25	43,92	17,57	1,30	33,71	0,35	55
3	520	491,82	493,49	493,49	1,67	21,68	2,94	18,69	183,72	0,81	23,13	1,01	55
2	560	492,56	493,98	494,13	1,57	18,11	2,76	19,94	119,00	1,02	19,59	0,84	55
1	600	492,59	494,64	494,64	2,05	8,62	3,99	13,78	184,28	1,27	10,81	1,01	55



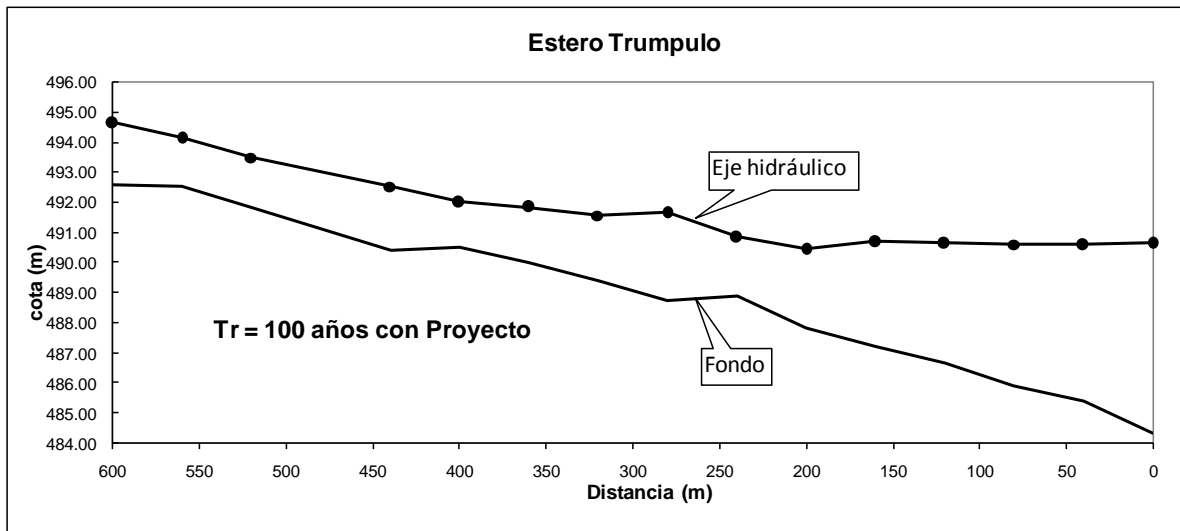
HEC-2 WATER SURFACE PROFILES

Version 4.6.2; May 1991

Estero Trumpulo con Proyecto

Coefficiente de rugosidad de Manning  $n = 0,040$

Perfil Transversal	Distancia Acumulada (m)	Cota de Fondo (m)	Cota de Agua Crítica (m)	Cota de Agua Normal (m)	Altura de Agua (m)	Ancho Superficial (m)	Velocidad Media (m/s)	Sección (m <sup>2</sup> )	Pendiente de Energía (x10.000)	Radio Hidráulico (m)	Perímetro Mojado (m)	Número de Froude	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
16	0	484,33	486,25	490,62	6,29	40,16	0,36	197,05	0,33	3,97	49,65	0,05	71
15	40	485,41	487,57	490,58	5,17	15,97	1,19	59,79	5,66	2,83	21,13	0,20	71
14	80	485,89	487,88	490,60	4,71	18,43	1,15	61,91	5,34	2,81	22,04	0,20	71
13	120	486,68	488,46	490,62	3,94	20,57	1,24	57,25	7,29	2,49	22,99	0,24	71
12	160	487,23	488,81	490,68	3,45	34,70	0,91	77,77	4,93	2,10	37,05	0,19	71
11	200	487,81	490,16	490,44	2,63	15,03	3,04	23,34	95,41	1,39	16,80	0,78	71
10	240	488,87	490,84	490,84	1,97	14,14	3,68	19,29	169,05	1,20	16,01	1,01	71
9	280	488,73	490,36	491,63	2,90	26,50	1,42	50,15	15,39	1,74	28,79	0,33	71
8	320	489,42	491,16	491,56	2,14	16,39	2,68	26,46	70,10	1,45	18,26	0,67	71
7	360	490,00	491,57	491,83	1,83	16,14	2,95	24,03	91,58	1,37	17,55	0,77	71
6	400	490,50	491,79	492,01	1,51	14,23	2,85	19,28	98,70	1,23	15,69	0,78	55
5	440	490,43	491,73	492,52	2,09	33,14	1,25	44,04	17,43	1,31	33,60	0,35	55
3	520	491,82	493,49	493,49	1,67	21,68	2,94	18,68	183,74	0,81	23,12	1,01	55
2	560	492,56	493,98	494,13	1,57	18,11	2,76	19,94	118,99	1,02	19,58	0,84	55
1	600	492,59	494,64	494,64	2,05	8,62	3,99	13,79	184,14	1,28	10,81	1,01	55



### 3 Obras de defensa fluvial

#### 3.1 Zona de la Casa de Máquinas

La situación más desfavorable para el estero, desde el punto de vista de las eventuales obras de defensa fluvial requeridas en la zona de la Casa de Máquinas, se producirá con la descarga del caudal máximo de la Central, de  $16 \text{ m}^3/\text{s}$ , y que no exista influencia del Río Allipén (por tener éste un caudal bajo).

En la situación anterior, las velocidades en la zona de la Casa de Máquinas estarán entre 2,0 y 2,5 m/s, aproximadamente, según el eje hidráulico que se muestra a continuación.

THIS RUN EXECUTED    oct-10

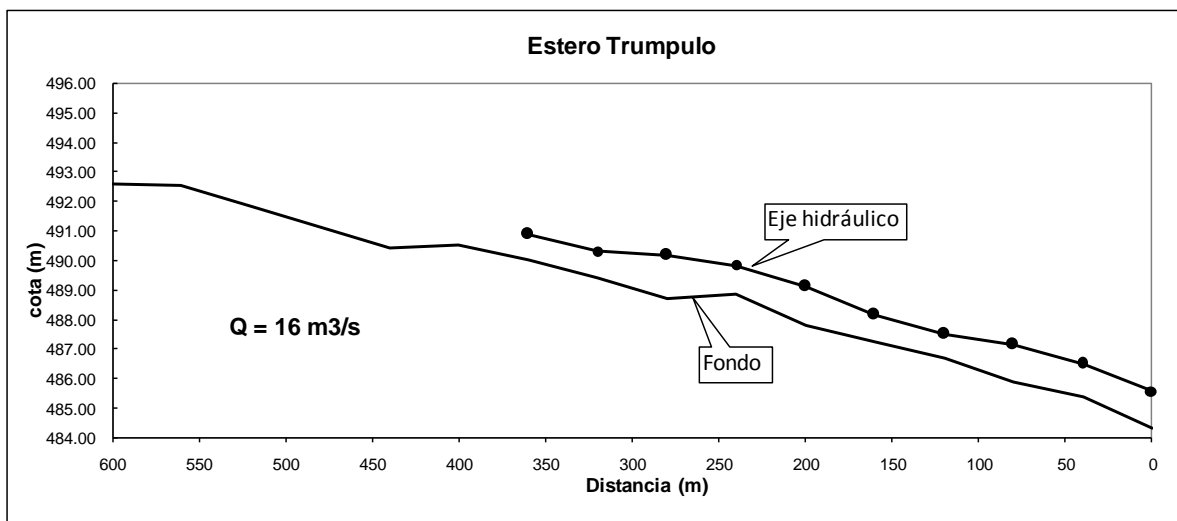
HEC-2 WATER SURFACE PROFILES

Version 4.6.2; May 1991

Estero Trumpulo

Coeficiente de rugosidad de Manning  $n = 0,040$       Caudal  $Q = 16 \text{ m}^3/\text{s}$

Perfil Transversal	Distancia Acumulada (m)	Cota de Fondo (m)	Cota de Agua Crítica (m)	Cota de Agua Normal (m)	Altura de Agua (m)	Ancho Superficial (m)	Velocidad Media (m/s)	Sección ( $\text{m}^2$ )	Pendiente de Energía ( $\times 10.000$ )	Radio Hidráulico (m)	Perímetro Mojado (m)	Número de Froude
16	0	484,33	485,57	485,57	1,24	16,01	2,16	7,42	222,84	0,44	16,85	1,01
15	40	485,41	486,50	486,50	1,09	10,25	2,51	6,37	211,46	0,57	11,10	1,02
14	80	485,89	486,96	487,17	1,28	13,05	1,67	9,58	75,16	0,68	14,16	0,62
13	120	486,68	487,48	487,52	0,84	11,71	2,25	7,12	165,14	0,59	12,15	0,92
12	160	487,23	488,05	488,18	0,95	17,26	1,72	9,31	111,50	0,53	17,70	0,75
11	200	487,81	489,14	489,14	1,33	10,26	2,51	6,37	211,71	0,57	11,11	1,02
10	240	488,87	489,72	489,86	0,99	9,38	2,19	7,29	122,80	0,70	10,37	0,79
9	280	488,73	489,42	490,20	1,47	17,34	0,88	18,18	12,62	0,99	18,43	0,27
8	320	489,42	490,33	490,33	0,91	14,73	2,23	7,17	217,53	0,47	15,24	1,02
7	360	490,00	490,69	490,91	0,91	14,15	1,59	10,07	67,36	0,68	14,76	0,60





Aunque aún no se ha realizado un análisis granulométrico del fondo del estero, pero por lo observado en las paredes casi verticales del estero, de material cementado, con las velocidades resultantes lo más probable es que no se requiera defensas fluviales o se requiera un enrocado mínimo en el fondo, ya que para 2,5 m/s el gráfico 712-1 del Hydraulic Design Criteria del Corp of Engineers indica un enrocado de 23 kg y  $D_{50}=0,26$  m.

### 3.2 Zona del Rápido de Descarga

Se ha proyectado un rápido con escalones, con pendiente 1,4/1,0 (H/V). En la sección final del rápido escalonado habrá una altura de 0,44 m, velocidad de 12,12 m/s y Número de Froude de 5,84, aproximadamente.

Para una altura de 0,44 m, resulta una altura conjugada de resalto igual a 3,42 m. Sin embargo, como se mostró en la página anterior, el nivel del estero en esta sección (Sección 7 del eje hidráulico) será aproximadamente  $h_2=0,91$  m para  $16 \text{ m}^3/\text{s}$  (cota mínima eje hidráulico igual a 490,91), por lo que se necesita una grada bajo el fondo del estero de altura mínima 1,76 m, la que debe tener una longitud mínima de 18,2 m. Los valores adoptados para la profundidad y largo de la grada son de 2,0 m y 20,0 m, respectivamente.

Al igual que en la zona de la Casa de Máquinas, con las velocidades resultantes cercanas a 3,0 m/s para el caudal de período de retorno de 100 años, lo más probable es que no se requiera defensas fluviales o se requiera un enrocado mínimo en el fondo.