

**MODIFICACIÓN AL PROYECTO DE ABANDONO  
PROYECTO DE EXTRACCIÓN DE ARIDOS EN RÍO RAHUE**

**INFORMACIÓN ADICIONAL  
ANÁLISIS ESCENARIO ADICIONAL (ESCENARIO 4) Y  
MODIFICACIÓN AL PROYECTO DE ABANDONO**

Para

**DOWLING & SCHILLING S.A.**

Preparado por:

**DSS S.A.**

Jefe de Proyecto	<u>Paulo Fariña</u>
Jefe de Área	<u>Juan Arellano</u>
Gerente de Ingeniería	<u>Jorge Hernández</u>
Cliente	<u>Dowling &amp; Schilling S.A.</u>
Coordinador	<u>Rafael Dowling</u>

Rev.	por	Emitido para	Fecha	Revisado por	Aprobado por
A	P.F	Coordinación interna	16-03-2020	J.A	J.H
B	P.F	Para DOH	19-08-2020	J.A	J.H
C	P.F	Para DOH	07-09-2020	J.A	J.H
D	P.F	Para DOH/SMA	05-11-2020	J.A	J.H

Comentarios:

## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>HISTORIAL TRAMITACIÓN MODIFICACIÓN PROYECTO DE ABANDONO .....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>OBRA DE MITIGACIÓN RECUPERACIÓN COTA DE FONDO RÍO RAHUE 8</b>	
3.1	BATIMETRÍA DEL RÍO RAHUE Y LEVANTAMIENTO OBRA PISCICULTURA MARZO 2020.....	12
3.2	ANTECEDENTES HIDROLÓGICOS.....	13
3.3	MODELACIÓN TRANSPORTE DE SEDIMENTOS.....	13
3.3.1	Función de transporte .....	14
3.3.2	Método de clasificación.....	15
3.3.3	Método de velocidad de caída .....	15
3.3.4	Granulometría del lecho y propiedades de los sedimentos .....	15
3.3.5	Profundidad máxima del lecho erosionable .....	16
3.3.6	Condición de contorno .....	16
3.3.7	Flujo Quasi-No Permanente.....	16
3.3.8	Resultados modelación transporte de sedimentos .....	18
<b>4</b>	<b>MODIFICACIÓN PROYECTO DE ABANDONO RÍO RAHUE .....</b>	<b>20</b>
4.1	ANÁLISIS HIDRÁULICO MODIFICACIÓN PROYECTO DE ABANDONO .....	24
4.2	EQUIPOS A UTILIZAR EN EL PROYECTO MODIFICADO .....	28
<b>5</b>	<b>ANEXO I PLANOS MODIFICACIÓN PROYECTO DE ABANDONO .....</b>	<b>30</b>
<b>6</b>	<b>ANEXO II FOTOGRAFÍAS AUDITORÍA AMBIENTAL 2020 .....</b>	<b>31</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ortografía marzo 2020 .....	4
Figura 2 Terraplén construido por piscicultura (abril 2020) .....	5
Figura 3 Zona con degradación cota de fondo río Rahue y zonas de proyectos ejecutados por la empresa Dowling % Schilling .....	8
Figura 4 Barreras de retención de sedimentos y estabilización de la pendiente de un cauce. 9	
Figura 5 Esquema en planta pretil aprobado .....	10
Figura 6 Esquema longitudinal pretil aprobado (La escala vertical del dibujo se encuentra exagerada en 10) .....	11
Figura 7 Puntos batimetría agosto 2019 y ubicación terraplén piscicultura .....	12
Figura 8 Perfil longitudinal alineamiento Figura 7 .....	13
Figura 9 Esquema ecuación de continuidad de Exner .....	14
Figura 10 Curva granulométrica río Rahue .....	15
Figura 11 Caudales medios mensuales para 60% probabilidad ocurrencia .....	17
Figura 12 Hidrograma anual Qmm Pex 60% .....	17
Figura 13 Perfil longitudinal río Rahue y obra incluida pretil piscicultura a marzo 2020. ....	19
Figura 14 Cota de fondo a 2 años, Escenario 2 y Escenario 4 .....	19
Figura 15 Planta general modificación proyecto de abandono .....	21
Figura 16 Esquemático 3D río Rahue en proyecto, Caudal Medio Anual (QMA) .....	24
Figura 17 Eje hidráulico Sin Proyecto y Con Proyecto, QMA .....	25
Figura 18 Velocidad Sin Proyecto y Con Proyecto, QMA .....	25
Figura 19 Zona de proyecto a ejecutar sin el uso de dragalinas .....	29
Figura 20 Fotografías relleno construido por la piscicultura tomadas durante la Auditoría Ambiental Mayo 2020 .....	31

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas pretil proyectado .....	9
Tabla 2. Caudales medios mensuales, Río Rahue en Zona de Proyecto [m3/s] .....	13
Tabla 3. Cuadro de banderines polígono proyecto de abandono modificado .....	22
Tabla 4. Cubicación zona a incorporar en proyecto de abandono .....	23
Tabla 5. Cubicación proyecto de abandono modificado .....	23
Tabla 6. Resultados Sin Proyecto y Con Proyecto Modelación hidráulica .....	26

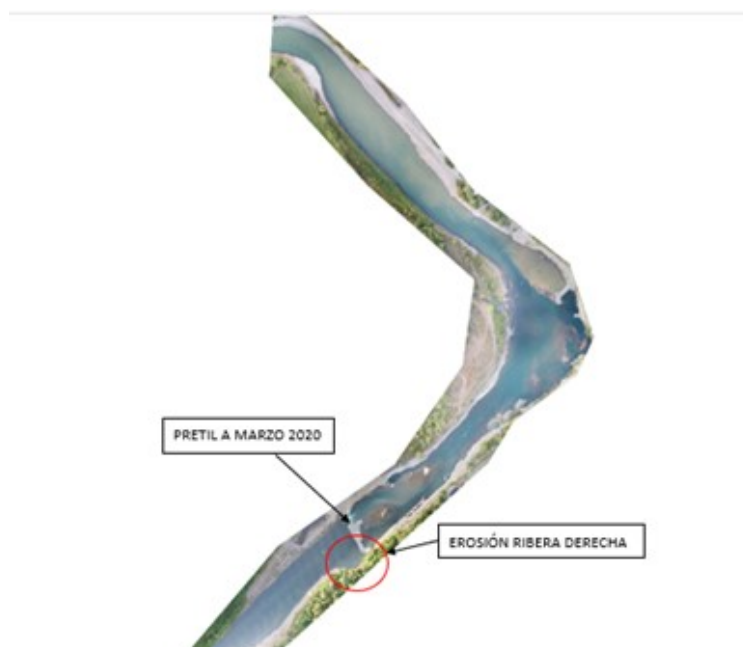
## 1 INTRODUCCIÓN

En el presente informe se presentan los antecedentes técnicos en el marco del proyecto de abandono anticipado del cauce del proyecto de extracción de áridos desde río Rahue sector Cancura, de la empresa Dowling & Schilling (RCA 89/2012).

Adicionalmente se presenta la información consolidada respectiva a los proyectos históricos ejecutados por la empresa Dowling & Schilling S.A. en el sector del proyecto y además el resumen de la tramitación de la modificación del proyecto de abandono actual.

En particular, en este informe se presenta la modificación al proyecto de abandono y el análisis de la obra de mitigación, actualizando el proyecto de extracción y abandono a las condiciones actuales existentes en el río Rahue, en especial a la obra de modificación de cauce irregular construida por la piscicultura El Copihue.

La piscicultura El Copihue mantiene construido a la fecha un pretil transversal en el río conformado por material fluvial y bloques de hormigón, sin las autorizaciones correspondientes de los servicios pertinentes. Este pretil está produciendo serias irregularidades en el libre escurrimiento del río Rahue, principalmente erosiones importantes en la ribera derecha del río y además influencia en el régimen sedimentológico propio del río. A continuación se adjunta ortofotografía tomada en marzo 2020 y fotografías del pretil tomadas en abril 2020:



**Figura 1** Ortografía marzo 2020  
**Fuente:** DSS S.A.



**Figura 2** Terraplén construido por piscicultura (abril 2020)  
**Fuente:** DSS S.A.

En el Anexo II se presentan fotografías tomadas durante la Auditoría Ambiental de mayo 2020 realizada por DSS.

Esta situación (el pretel construido por la piscicultura sin los permisos y análisis correspondientes) representa un perjuicio directo a la correcta ejecución del proyecto de abandono y obra de mitigación

de la empresa Dowling & Schilling actualmente vigente y visado por DOH en ORD. DOH N°187 del 31 de enero del 2020. En concreto, impide el retiro del terraplén aguas arriba del pretil de la piscicultura en una longitud aproximada de 500 metros, principalmente debido a que el acceso al terraplén hacia aguas arriba es imposible producto de la erosión en la ribera derecha. Adicionalmente, el efecto sinérgico que podría producir el retiro del terraplén aguas arriba sumado al desvío del río causado por el propio pretil de la piscicultura, causarían probablemente daños importantes tanto en la ribera como en el lecho.

Dado lo anterior y con el objetivo de poder cumplir lo solicitado a nuestra empresa en RCA 89/2012, esto es, hacer entrega a DOH del cauce de manera ordenada y devolviéndolo a sus condiciones iniciales, en este informe se incluye la modificación del proyecto de abandono originalmente aprobado y el retiro del terraplén y acumulación de material dispuesto por la empresa Dowling & Schilling existente en la ribera derecha aguas abajo del proyecto de abandono actualmente aprobado.

De acuerdo al ORD. DOH N° 187, la Dirección de Obras Hidráulicas emitió la visación técnica al proyecto de abandono y obra de mitigación recuperación cota de fondo río Rahue. El proyecto obra de mitigación aprobado es un resultado de un análisis de 3 escenarios, el cual dio como conclusión que el Escenario 2 (Obra de mitigación proyectada + Obra existente piscicultura a agosto 2019) correspondía a la opción más efectiva y factible para la recuperación de la cota de fondo del río Rahue, en especial en las zonas afectadas por las intervenciones de la piscicultura. En este informe actualizado se presenta el Escenario adicional 4 (Obra de mitigación proyectada + Obra piscicultura actual), con el objetivo de evaluar la evolución de la cota de fondo incluyendo la obra “semi-permanente” construida por la piscicultura.

Evaluated los escenarios indicados, se logra demostrar y concluir que la nueva obra irregular ejecutada por la piscicultura, altera significativamente las condiciones aprobadas en el Escenario 2, no permitiendo la recuperación proyectada en dicho sector. Con el objetivo de cumplir con una entrega de cauce satisfactoria a DOH y proteger adicionalmente las riberas, se propone y recomienda igualmente ejecutar este nuevo Escenario 4 (que refleja la actual realidad), esto es, mantener el diseño y construcción de la obra de mitigación (para el periodo de estiaje río Rahue (posterior a noviembre 2020), para lo cual se realizará batimetría previa con el objetivo de evaluar el estado de la cota de fondo y estimar la efectividad según las condiciones existentes.



## **2 HISTORIAL TRAMITACIÓN MODIFICACIÓN PROYECTO DE ABANDONO**

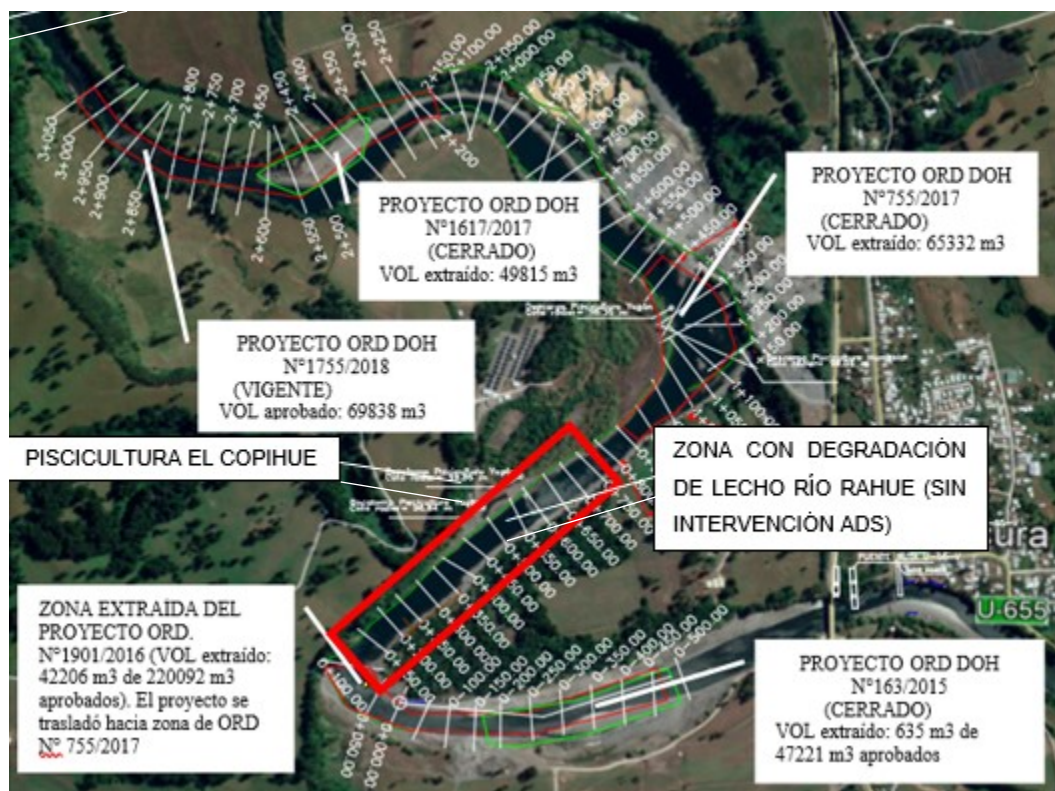
A continuación se presenta un consolidado con los hitos principales de la tramitación en DOH de la modificación del proyecto de abandono:

- **01 junio 2020:** Ingreso a DOH, vía DOM Osorno y DOM Puerto Octay
- **26 junio 2020:** Reunión con DOH
  - DOH informa efectuará consulta a SMA/SEA para emisión informe técnico y VB a modificación proyecto de abandono
  - DOH solicita el análisis cota de fondo a 2 años
- **17 julio 2020:** Se envía información adicional análisis cota de fondo a 2 años a DOH
- **28 julio 2020:** Reunión DOH
  - Se aclaran detalles de modificación de proyecto de abandono, como la exclusión del área a extraer aguas arriba de piscicultura, inclusión área aguas abajo de planta y eventual exclusión de construcción de obra de mitigación.
  - Se aclararon detalles para reunión de DOH con SEA/SMA/DGA.
- **29 julio 2020:** Reunión DOH con SEA/SMA/DGA
- **12 agosto 2020:** DOH solicita análisis hidráulico con modificación proyecto de abandono sin la obra de mitigación
- **20 agosto 2020:** Se envía vía correo electrónico información adicional a DOH, análisis hidráulico modificación proyecto de abandono sin obra de mitigación.
- **31 agosto 2020:** Mediante correo electrónico, DOH indica que obra de mitigación debe ser ejecutada, independiente de la intervención en el río efectuada por la piscicultura El Copihue.
- **10 septiembre 2020:** Ingreso de respuestas a observaciones de DOH, incluyendo nuevamente la obra de mitigación y proyecto de abandono proyectado.
- **30 octubre 2020:** Reunión ADS/DOH, indicando consideraciones técnicas a tener presentes e incluir en el Proyecto o Plan de Abandono Actualizado (versión final del Proyecto de Abandono).

### 3 OBRA DE MITIGACIÓN RECUPERACIÓN COTA DE FONDO RÍO RAHUE

Acorde a los antecedentes topobatemétricos existentes en el Río Rahue Sector Cancura, en el tramo recto del río Rahue donde se emplaza la piscicultura, se observó el desarrollo de un proceso generalizado de degradación del lecho a la fecha de agosto 2019, por lo que se determinó proyectar una obra de mitigación que permita la recuperación de la cota de fondo del río Rahue, principalmente en dicho sector.

Es relevante destacar que la empresa Dowling & Schilling, en toda la historia de los proyectos de extracción actualizados y aprobados en el río Rahue en el sector en cuestión, no ha ejecutado proyectos en el tramo del río Rahue donde se ha generado la degradación del lecho, zona donde solamente la piscicultura ha generado intervenciones (en su mayoría o totalidad, irregulares), tal como se muestra y evidencia en la siguiente figura:



**Figura 3** Zona con degradación cota de fondo río Rahue y zonas de proyectos ejecutados por la empresa Dowling % Schilling

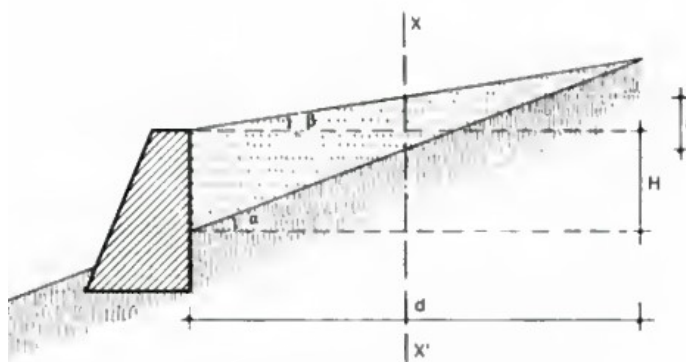
**Fuente:** DSS S.A.

La ubicación exacta de la obra de mitigación y sus características definitivas se definirán de acuerdo a una batimetría a actualizarse en diciembre 2020, acogiendo las observaciones técnicas de la DOH.



El “Escenario 2 aprobado”, producto de la intervención semi-permanente de la piscicultura, no podrá desarrollarse (cambio en las condiciones asumidas), por lo que no se pueden lograr los objetivos originalmente planteados para dicho Escenario. Por ello, y con el propósito de lograr recuperación en la zona afectada por la piscicultura, aprovechando el proyecto de abandono por parte de Dowling & Schilling, se plantea construir igualmente la obra de mitigación aprobada, aún cuando la piscicultura mantenga su intervención irregular.

La obra de mitigación aprobada, que se mantiene en este proyecto actualizado de abandono, se encuentra acorde a lo sugerido en el Manual de Carreteras Vol. 3 del año 2018 como barreras de estabilización de cauces.



**Figura 4** Barreras de retención de sedimentos y estabilización de la pendiente de un cauce

**Fuente:** Corrección de torrentes y estabilización de cauces, FAO, 1988.

Acorde a la altura que se desea recuperar del cauce ( $a$ ), determinada por la pendiente del cauce natural, y la pendiente del cauce actual con el efecto de degradación, se dimensionará la altura de la traviesa ( $H$ ), así como el espesor de su base y coronamiento de manera que estas sean estables ante el flujo. En este caso la barrera a materializar se considera como móvil y constituida solo por el propio material del lecho del río. A continuación, se presentan los vértices, esquemas y ubicación del pretil aprobado como barrera estabilizadora de fondo, el cual se emplaza entre los Km 1+750 y Km 1+850.

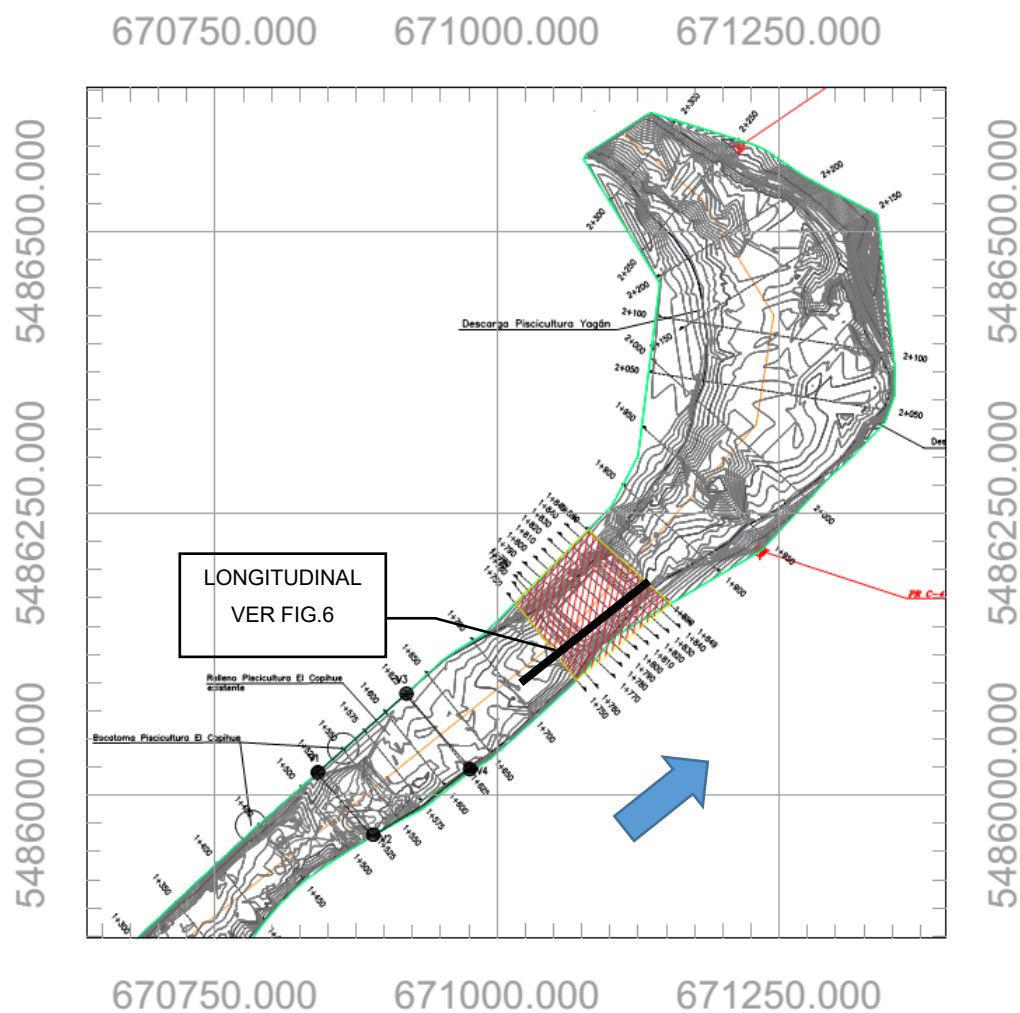
**Tabla 1.** Coordenadas pretil proyectado

Coordenadas UTM WGS 84 18 G

VÉRTICE	NORTE (m)	ESTE (m)
V1	5486170	671016
V2	5486102	671070
V3	5486234	671079

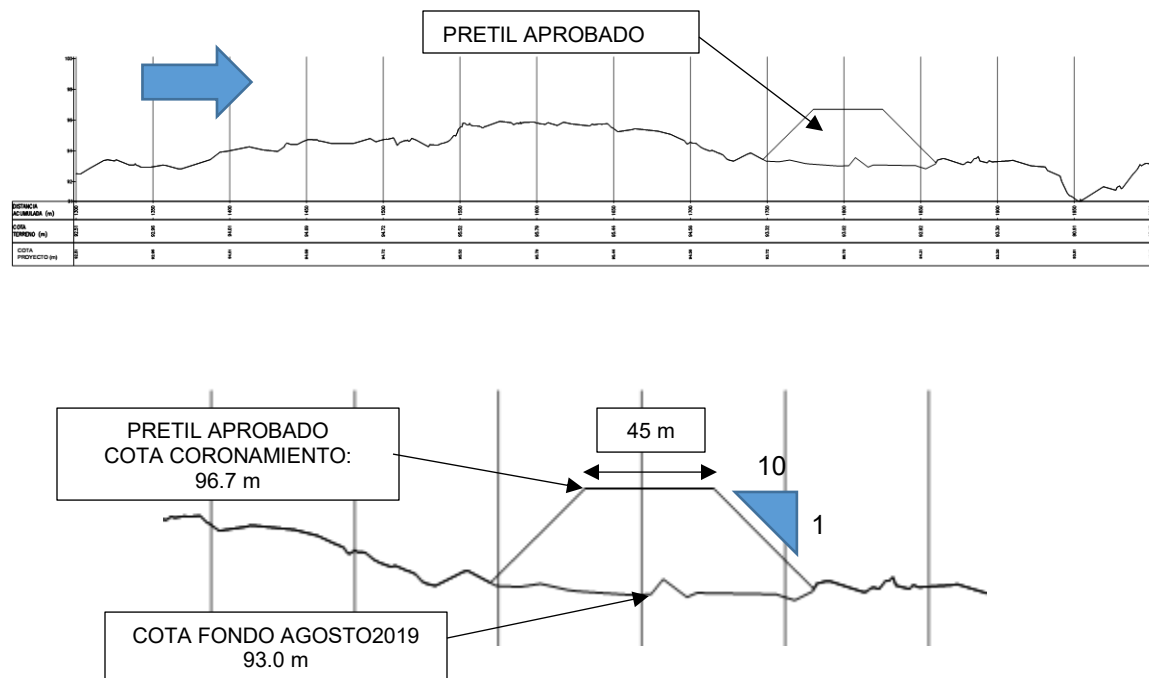
V4	5486169	671153
----	---------	--------

Fuente: Elaboración propia



**Figura 5** Esquema en planta pretil aprobado

Fuente: Elaboración propia



**Figura 6** Esquema longitudinal pretil aprobado (La escala vertical del dibujo se encuentra exagerada en 10)

**Fuente:** Elaboración propia

La materialidad propuesta corresponde a material fluvial del propio río para el núcleo del relleno y la fracción gruesa del material fluvial (>75 mm) para la superficie o coraza que tiene contacto con el agua, en por lo menos dos capas de espesor.

La obra propuesta será de carácter temporal y que permita la recuperación de material por lo menos durante el periodo de un año, considerando que la recuperación pudiese demorar más de un año, una vez construida la traviesa o barrera y de acuerdo a las condiciones en las que se encontrará el río Rahue en la época estival, que es en la cual se podrá en definitiva materializar la obra de mitigación.

Para el análisis de la efectividad de esta barrera para la recuperación de la cota de fondo del río Rahue en el plazo de dos años, se elaboró un modelo hidráulico y de transporte de sedimentos mediante el software Hec Ras 5.0.3, incorporando la información topográfica obtenida de la batimetría realizada en marzo 2020, la granulometría del sedimento existente en el lecho del río Rahue y la hidrología del río Rahue en zona de proyecto para caudales medios mensuales con distintas probabilidades de excedencia.

Los criterios y condiciones utilizadas para el análisis se presentan a continuación.

### 3.1 Batimetría del río Rahue y levantamiento obra piscicultura marzo 2020

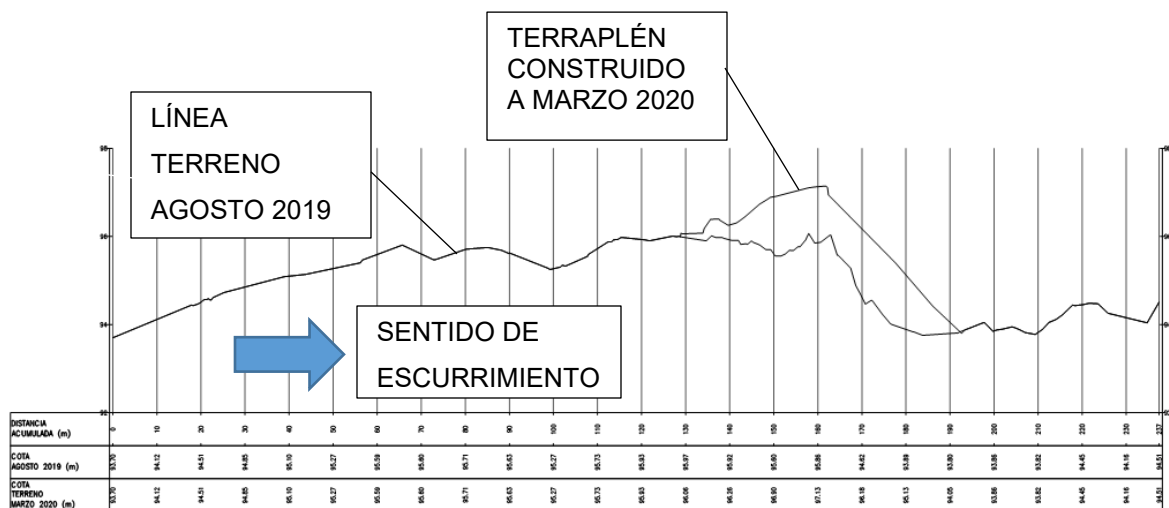
Se realizó una batimetría mediante ecosonda modelo Garmin Echomap y levantamiento por medio de GPS RTK Spectra Precision SP-80, obteniendo las elevaciones del fondo del río de acuerdo a los puntos levantados y mostrados en la siguiente imagen y además la geometría del terraplén construido por la piscicultura a marzo 2020.



**Figura 7** Puntos batimetría agosto 2019 y ubicación terraplén piscicultura

**Fuente:** Elaboración propia

A continuación se presenta un perfil longitudinal de acuerdo al alineamiento presentado en la Figura 7, en el cual se puede visualizar la variación de la cota del terraplén de la piscicultura desde agosto 2019 a marzo 2020.



**Figura 8** Perfil longitudinal alineamiento Figura 7

**Fuente:** Elaboración propia

Se puede observar que el terraplén construido a marzo 2020 se eleva en promedio 1.5 m sobre el terraplén existente en agosto 2019.

### 3.2 Antecedentes hidrológicos

Para el análisis hidrológico se utilizó como referencia el proyecto “Actualización proyecto de Extracción de Áridos Río Rahue Sector Cancura 2018”, visado por la Dirección de Obras Hidráulicas.

A continuación, se presentan los caudales medios mensuales del río Rahue para distintas probabilidades de ocurrencia:

**Tabla 2.** Caudales medios mensuales, Río Rahue en Zona de Proyecto [m3/s]

Probabilidad de ocurrencia (%)	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
60	148,53	246,10	345,32	330,05	322,51	262,45	210,57	175,73	155,64	118,17	103,87	106,94
80	129,09	215,72	310,17	300,86	292,94	243,66	188,52	161,02	137,90	107,91	94,87	96,03
95	73,90	120,56	185,18	203,02	200,90	183,78	125,95	115,56	83,13	76,34	67,68	63,10

**Fuente:** “Actualización proyecto de Extracción de Áridos Río Rahue Sector Cancura, 2017-2018”

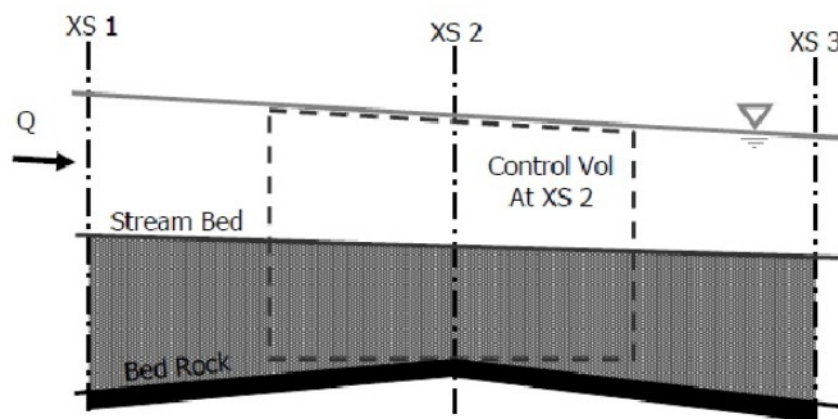
### 3.3 Modelación transporte de sedimentos

El software HEC RAS 5.0.3 contiene un módulo específico de herramientas para el cálculo del transporte de sedimentos haciendo una simplificación hidrodinámica en un estado de flujo cuasi permanente, resolviendo finalmente la ecuación de continuidad de sedimento propuesta por Exner:



$$(1-\lambda_p)B\frac{\partial \eta}{\partial t} = -\frac{\partial Q_s}{\partial x}$$

Dónde: B: ancho del río;  $\eta$ : elevación del río;  $\lambda_p$ : porosidad de la capa activa; t: tiempo; x: distancia y  $Q_s$ : carga total de transporte de sedimentos.



**Figura 9** Esquema ecuación de continuidad de Exner

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.3.1 Función de transporte

HEC RAS cuenta con diferentes funciones de transporte de sedimentos propuesta por los siguientes autores.

- Ackers & White (1973)
- Engelund & Hansen (1967)
- Copeland's from Laursen (1968,1989)
- Meyer, Peter & Müller (1948)
- Toffaleti (1968)

Para el caso del río Rahue se utilizó la función de Meyer, Peter & Müller (1948), recomendada por el Manual de Carreteras V3 2019 para el caso de sedimentos granulares gruesos y uniformes con pesos específicos variables entre 1.25 y 4.25 ton/m<sup>3</sup>.

### 3.3.2 Método de clasificación

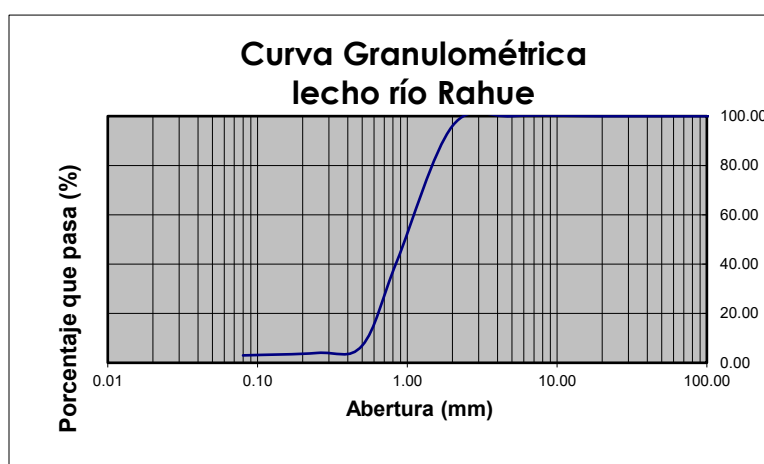
Para este caso se utilizó el método Active Layer, el cual representa la simplificación de un lecho con dos capas. Con esta opción el espesor de la capa activa es igual al diámetro D90 del material de la capa, siendo entonces un método válido solo para lechos de grava, el cuál corresponde al caso.

### 3.3.3 Método de velocidad de caída

Para este caso se utilizó el método Toffaleti, para el cual se desarrollaron empíricamente curvas de velocidad de caída basadas en datos experimentales.

### 3.3.4 Granulometría del lecho y propiedades de los sedimentos

Se utilizó la granulometría del lecho del río Rahue disponible en el estudio DIA con RCA 89/2012. La curva granulométrica introducida al modelo se presenta a continuación:



**Figura 10** Curva granulométrica río Rahue  
**Fuente:** DIA RCA 89/2012 Dowling & Schilling S.A.

Las densidades de los sedimentos se adoptaron de acuerdo a los valores por defecto del software, 1489 kg/m<sup>3</sup> para la grava, 1041 kg/m<sup>3</sup> para el limo y 480 kg/m<sup>3</sup> para la arcilla; la gravedad específica para los sedimentos por defecto corresponde a 2.65. Para los sedimentos gruesos existentes en el río el factor de forma (eje corto/eje largo) es de 0.6.

### **3.3.5 Profundidad máxima del lecho erosionable**

Para efectos de mantener una condición desfavorable en términos de degradación o socavación del lecho, se asumió un espesor de la capa erosionable de 30 m.

### **3.3.6 Condición de contorno**

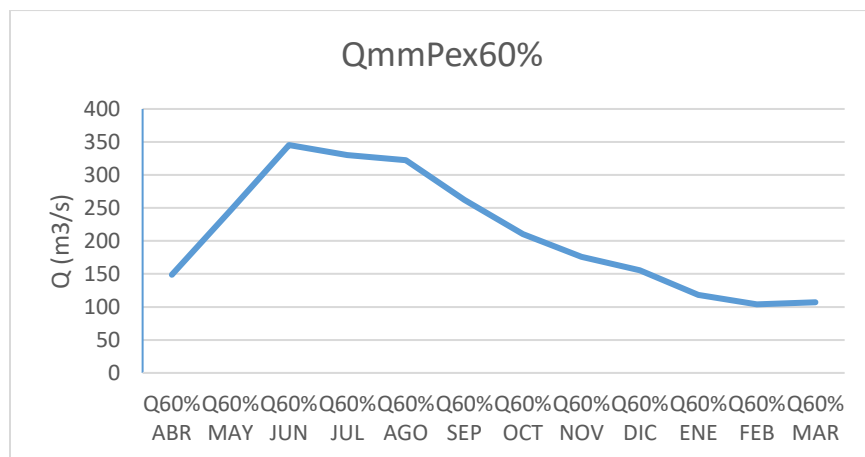
Debido a que no existen mediciones disponibles de la carga de sedimentos o transporte de fondo de sedimentos en el tramo de estudio, como condición de contorno se utilizó la opción Carga de Equilibrio, en donde el software calcula la capacidad de transporte para cada intervalo de tiempo y en la sección especificada y este valor será utilizado como la magnitud de flujo de sedimentos. Una vez que la carga iguale la capacidad de transporte no habrá sedimentación ni erosión en esta sección. Cabe destacar que esta condición responde a un escenario conservador en términos de recuperación de sedimentos ya que no considera la recarga de sedimentos desde aguas arriba del tramo modelado.

### **3.3.7 Flujo Quasi-No Permanente**

Para el cálculo de transporte de sedimentos en Hec-Ras interviene el flujo basado en el flujo Quasi – No Permanente, el cual se aproxima a un hidrograma para series de caudales constante asociado con su correspondiente duración.

Para el caso en estudio, interesa conocer el transporte anual de sedimentos, para efectos de determinar el efecto de sedimentación o socavación al cabo de un año para caudales normales del río Rahue.

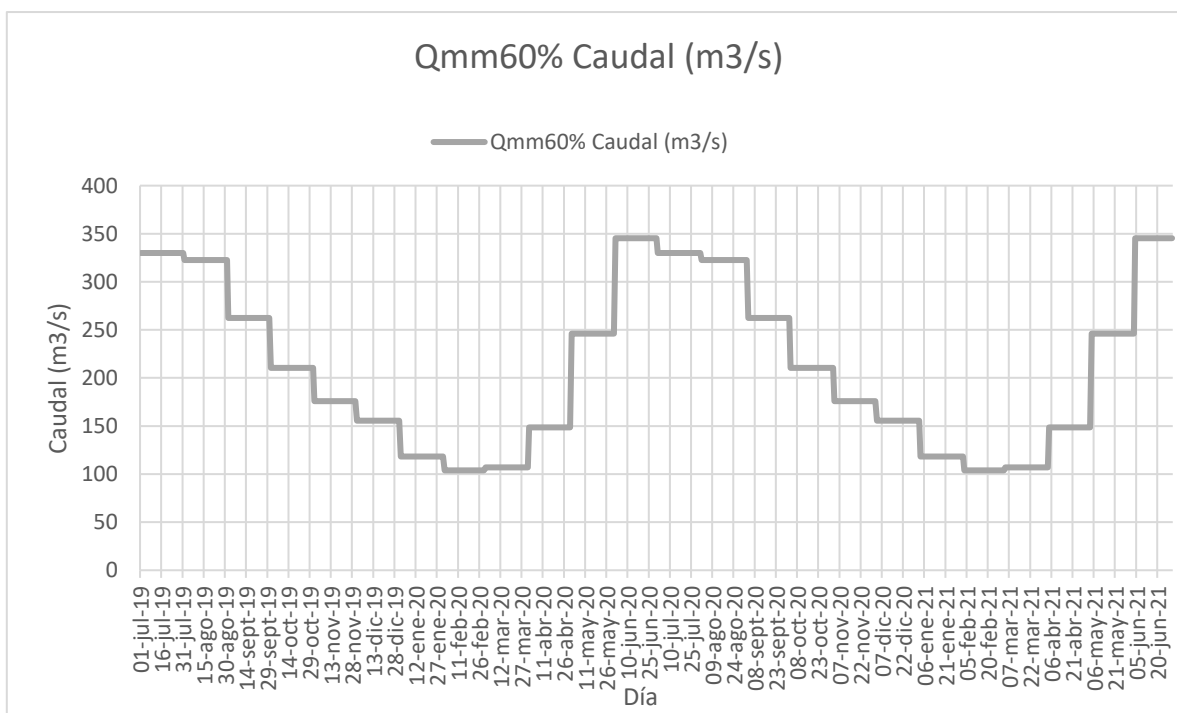
Para el caso de los caudales, se decidió utilizar los caudales medios mensuales para una probabilidad de excedencia de un 60 %, los caudales se pueden considerar como una aproximación al promedio de caudales probables a lo largo de un año.



**Figura 11** Caudales medios mensuales para 60% probabilidad ocurrencia

**Fuente:** Elaboración propia

En base a los caudales disponibles se elaboró un hidrograma con intervalos diarios para caudales con duración de 24 hrs. y un tiempo total de 730 días (2 años) del año desde el 1 de julio del 2019 al 30 de junio del 2021 (periodo teórico para un periodo invierno-invierno). El hidrograma se presenta a continuación a lo largo del año hidrológico:



**Figura 12** Hidrograma anual Qmm Pex 60%

**Fuente:** Elaboración propia

La condición de borde para el régimen de flujo se adoptó como la pendiente de la línea de energía para la altura normal, la cual se aproximó como la pendiente media de fondo, es decir 0.003 m/m.

### **3.3.8 Resultados modelación transporte de sedimentos**

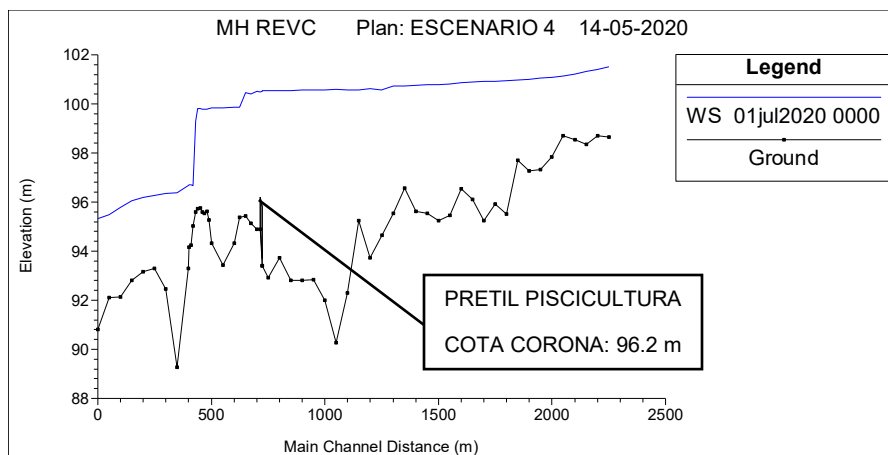
Los resultados de la modelación de transporte de sedimentos permitieron obtener la variación de la cota de fondo a lo largo del perfil longitudinal del tramo analizado, de acuerdo a las zonas de sedimentación o socavación respectivas. El análisis se realizó para dos años (1 julio 2019 al 30 de junio 2021) y para los caudales medios mensuales presentados anteriormente.

Se analizó el efecto del pretil proyectado para dos escenarios:

- **Escenario 2 (actualmente aprobado), con pretil anterior de Piscicultura (construido a agosto 2019) y con pretil de mitigación proyectado y aprobado:** Considera una condición del río Rahue asumiendo el relleno existente a agosto 2019 realizado por la piscicultura El Copihue y además, el pretil proyectado y aprobado para construcción por parte de la empresa Dowling & Schilling. Escenario originalmente aprobado, que debe ser modificado producto de la intervención posterior de la piscicultura.
- **Escenario 4 con pretil semi-permanente de Piscicultura (existente actualmente) y con pretil de mitigación proyectado:** Considera una condición del río Rahue asumiendo el relleno existente realizado por la piscicultura el primer trimestre de 2020 con escombros de hormigón (existente actualmente), y además el pretil proyectado y aprobado para construcción por parte de la empresa Dowling & Schilling.

Para el caso del Escenario 4 se realizó la modelación incluyendo el pretil de la piscicultura como una obra permanente o una obra en línea en el software HecRas y según la geometría levantada en terreno, tal como lo presenta el esquemático longitudinal a continuación:



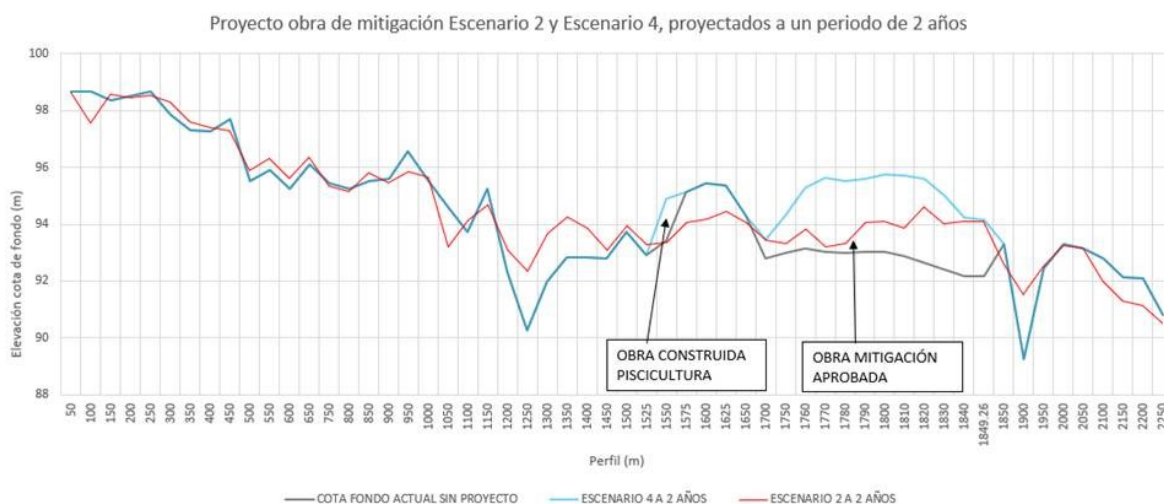


**Figura 13** Perfil longitudinal río Rahue y obra incluida pretil piscicultura a marzo 2020.

**Fuente:** Elaboración propia

Se analizaron los dos escenarios y la variación de la cota de fondo para cada condición al cabo de dos años. Los resultados se presentan a continuación.

Los resultados comparativos de la cota de fondo para el Escenario 2 versus el Escenario 4, en relación a la cota de fondo actual, se observan en el siguiente perfil longitudinal:



**Figura 14** Cota de fondo a 2 años, Escenario 2 y Escenario 4

**Fuente:** Elaboración propia

Si bien el Escenario 2 (obra aprobada) proyectaba una recuperación de cota de fondo uniforme, la nueva intervención de la piscicultura elimina dicha alternativa. Esta intervención impide una efectiva recuperación de la cota de fondo en el tramo afectado por El Copihue aguas arriba de su pretil con bloques de hormigón (perfil 1100-1750), significando esta obstrucción inclusive riesgos de socavación y desequilibrio del arrastre de sedimentos en el tramo estudiado, provocando efectos totalmente adversos a los efectos proyectados por Dowling & Schilling y aprobados por DOH para el Escenario 2. Se recomienda que posterior al abandono por parte de Dowling & Schilling del cauce (en las zonas factibles de entregar), DOH en conjunto con DGA exijan a El Copihue obras que aseguren la recuperación en el tramo que han afectado.

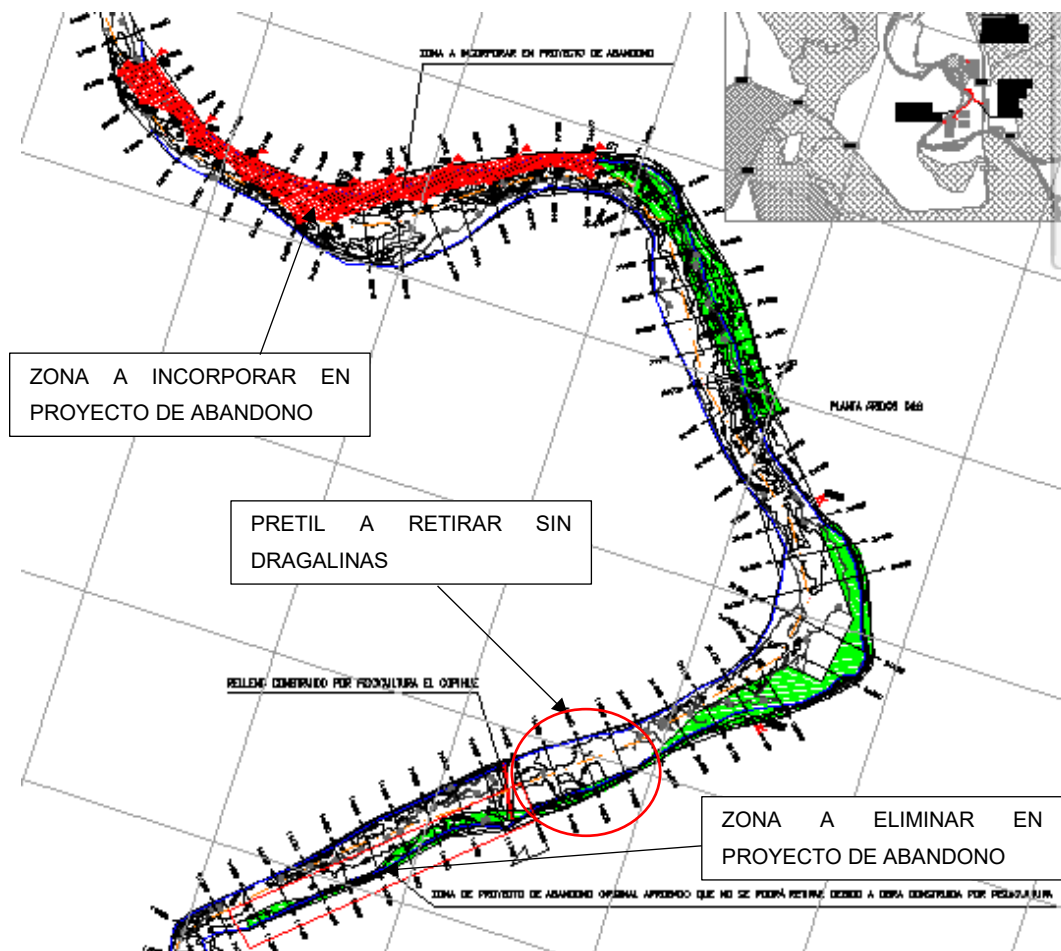
Entre el perfil donde se ubica la obra de la piscicultura construida y la obra de mitigación proyectada, se puede observar que la obra proyectada permite recuperación de material. Se propone la ejecución de la obra en época de estiaje (posterior a noviembre 2020) y realizar una batimetría previa a su ejecución para verificar las condiciones del río y así mismo evaluar los resultados esperados.

Es importante destacar que la ejecución del proyecto de abandono actualizado y/o modificado, es vital para el cumplimiento de los compromisos ambientales y técnicos adoptados por Dowling & Schilling y los cuales se ven en la obligación de realizar para la correcta recepción del cauce.

## **4 MODIFICACIÓN PROYECTO DE ABANDONO RÍO RAHUE**

La obra construida por la piscicultura significa un perjuicio directo a la correcta ejecución del proyecto de abandono y obra de mitigación de la empresa Dowling & Schilling actualmente vigente y visado por DOH en ORD. DOH N° 187 del 31 de enero del 2020. En concreto, impide el retiro del terraplén aguas arriba del pretil de la piscicultura en una longitud aproximada de 500 metros, principalmente debido a que el acceso al terraplén hacia aguas arriba es imposible producto de la erosión en la ribera derecha. Adicionalmente, el efecto sinérgico que podría producir el retiro del terraplén aguas arriba sumado al desvío del río causado por el propio pretil de la piscicultura, causarían probablemente daños importantes tanto en la ribera como en el lecho. Es por ello que en el presente informe se incluye la modificación del proyecto de abandono.

Se propone eliminar del abandono la zona comprendida entre los Km 1+350 y 1+800 (físicamente imposible de ser ejecutada producto de explicado anteriormente) e incorporar la zona comprendida entre los Km 3+100 y 3+900 (tramo incluido al proyecto de la empresa y resuelto por SEA mediante Resolución Exenta N° 69/2018), tal como se presenta en la figura a continuación:



**Figura 15** Planta general modificación proyecto de abandono

**Fuente:** Elaboración propia

Las coordenadas de los vértices que conforman los polígonos modificados del proyecto de abandono se presentan a continuación:

**Tabla 3.** Cuadro de banderines polígono proyecto de abandono modificado

CUADRO BANDERINES ZONA AGUAS ARRIBA DE LA PLANTA			CUADRO BANDERINES ZONA AGUAS ABAJO DE LA PLANTA		
COORDENADAS UTM WGS84 18G			COORDENADAS UTM WGS84 18G		
	Este (m)	Norte (m)		Este (m)	Norte (m)
B1	670932	5485988	B1	671077	5486654
B2	671075	5486103	B2	670894	5486867
B3	671136	5486212	B3	670792	5486932
B4	671240	5486318	B4	670730	5486945
B5	671299	5486313	B5	670738	5486969
B6	671317	5486415	B6	670841	5486972
B7	671227	5486533	B7	670889	5486918
B8	671249	5486545	B8	670980	5486857
B9	671293	5486517	B9	671121	5486682
B10	671320	5486474			
B11	671356	5486329			
B12	671154	5486182			
B13	670986	5486005			
B14	670938	5485978			

CUADRO BANDERINES ZONA AGUAS ABAJO A INROPORAR EN PROYECTO DE ABANDONO					
CUADRO DE COOR. OBRA					
OBRA DATUM WGS 84 HUSO 18S					
P.BANDERINES	NORTE (m)	ESTE (m)			
B1	5486931.18	670732.65	B11	5486786.15	670191.28
B2	5486930.87	670678.28	B12	5486791.11	670143.63
B3	5486874.39	670589.97	B13	5486825.11	670114.94
B4	5486853.70	670543.61	B14	5486827.82	670053.28
B5	5486818.21	670505.52	B15	5486858.89	670009.79
B6	5486807.82	670462.11	B16	5486891.93	670052.32
B7	5486748.62	670385.99	B17	5486819.42	670153.90
B8	5486730.37	670334.68	B18	5486795.86	670243.97
B9	5486758.26	670287.77	B19	5486796.50	670389.18
B10	5486766.27	670238.36	B20	5486835.73	670449.05
			B21	5486877.48	670527.39
			B22	5486923.30	670620.46
			B23	5486960.69	670725.99

Fuente: DSS S.A.

El volumen cubicado a extraer de la zona a incorporar corresponde a 57703 m<sup>3</sup> cuyo detalle se presenta a continuación y los planos en Anexo I Planos modificación proyecto de abandono:

**Tabla 4.** Cubicación zona a incorporar en proyecto de abandono

PK	Área(m <sup>2</sup> )	Distancia (m)	Volumen(m <sup>3</sup> )	Vol. Acum.(m <sup>3</sup> )
0	0			
3+100	21.2	50	528.9	528.9
3+150	37.0	50	1453.8	1982.7
3+200	61.4	50	2461.0	4443.7
3+250	135.2	50	4916.3	9359.9
3+300	76.5	50	5292.8	14652.7
3+350	73.3	50	3745.7	18398.4
3+400	100.4	50	4342.8	22741.3
3+450	46.9	50	3682.5	26423.8
3+500	24.2	50	1777.0	28200.8
3+550	111.9	50	3401.3	31602.0
3+600	74.1	50	4648.5	36250.5
3+650	61.2	50	3380.7	39631.2
3+700	23.6	50	2118.3	41749.5
3+750	31.3	50	1370.9	43120.4
3+800	43.0	50	1856.9	44977.3
3+850	103.3	50	3658.6	48635.9
3+900	129.8	50	5827.5	54463.4
3+950	0	50	3243.9	57707.3

<b>Total (m<sup>3</sup>)</b>	<b>57707.3</b>
------------------------------	----------------

**Fuente:** Elaboración Propia

Considerando que el volumen que no se podrá retirar corresponde a 5625 m<sup>3</sup> y el volumen aprobado originalmente corresponde a 79723 m<sup>3</sup>, se presenta a continuación el detalle del volumen a retirar para el abandono modificado:

**Tabla 5.** Cubicación proyecto de abandono modificado

<b>Volumen original abandono aprobado (m<sup>3</sup>)</b>	79723
<b>Volumen original que no se podrá retirar (m<sup>3</sup>)</b>	5625
<b>Volumen a incorporar en abandono (m<sup>3</sup>)</b>	57707.3

<b>Volumen retirar proyecto de abandono modificado (m<sup>3</sup>)</b>	131805.3
------------------------------------------------------------------------	----------

**Fuente:** Elaboración Propia

Por lo tanto el volumen a retirar para el proyecto de abandono modificado corresponde a 131805.3 m<sup>3</sup>. Este volumen a retirar se justifica principalmente en que se debe retirar el terraplén conformado como camino para extraer la zona original de la RCA 89/2012, restringiendo la zona en que no se



podrá retirar material, y además se contempla el retiro del terraplén conformado como camino para acceder a la zona de aguas abajo aprobada por las Municipalidades de Osorno y Puerto Octay de acuerdo a Visación Técnica de la DOH mediante ORD. N°1755 y definida como una modificación al proyecto original de la RCA 89/2012 y resuelto por el SEA mediante Resolución Exenta N° 69/2018, por lo anterior, la extracción del terraplén existente aguas abajo corresponde a un compromiso ambiental y sectorial que la empresa Dowling & Schilling S.A. debe cumplir.

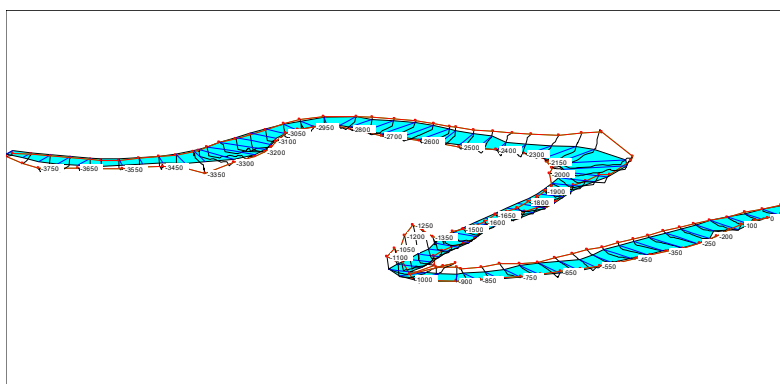
Con lo anterior, Dowling & Schilling S.A. puede hacer entrega del cauce de manera ordenada, procurando la protección de las riberas en las zonas trabajadas, facilitar una recuperación efectiva y finalmente, cumpliendo las exigencias de la RCA 89/2012, solicitar a DOH la recepción del cauce.

#### 4.1 ANÁLISIS HIDRÁULICO MODIFICACIÓN PROYECTO DE ABANDONO

Es necesario realizar la comparación de los efectos en los parámetros hidráulicos del río Rahue en la zona de proyecto con la modificación del proyecto modificado, de esta forma se realizó una modelación hidráulica en el software HEC-RAS 5.0.7 para los siguientes escenarios:

- Escenario Sin Proyecto: Corresponde a la condición del río Rahue en zona de proyecto a marzo 2020, sin el proyecto de abandono modificado.
- Escenario Con Proyecto: Corresponde a la condición del río Rahue en zona de proyecto a marzo 2020. Incluyendo el proyecto de abandono modificado.

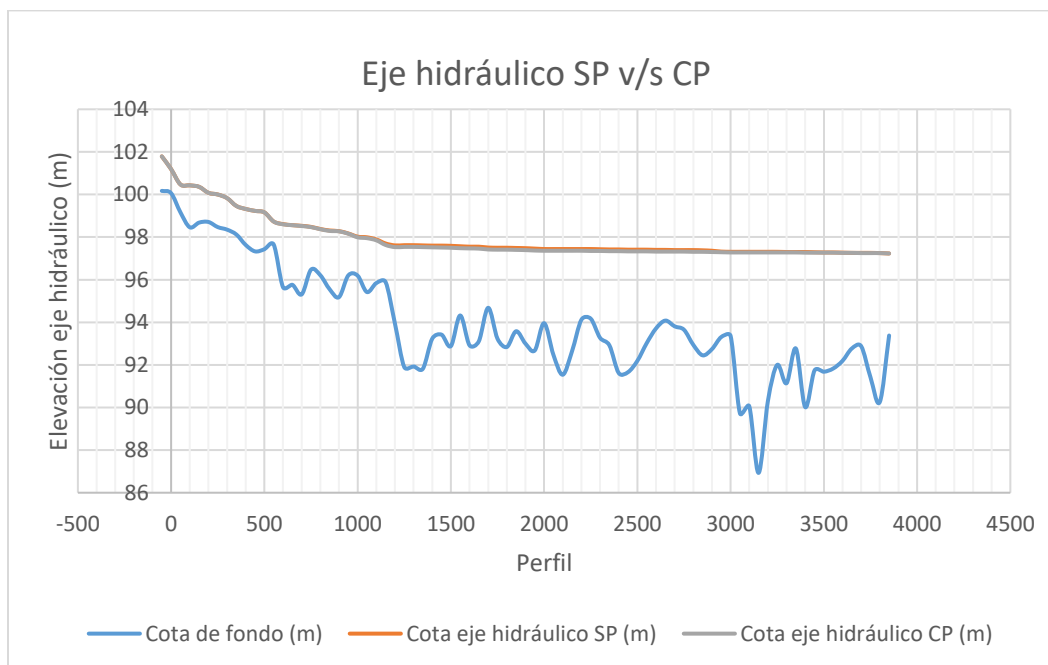
El modelo se realizó para el caudal medio anual (QMA) del río Rahue en la zona de proyecto igual a  $95 \text{ m}^3/\text{s}$ , ya que este caudal representa un escenario de caudal característico y recurrente del río. A continuación se presenta un esquemático 3D de los resultados Sin Proyecto para el QMA.



**Figura 16** Esquemático 3D río Rahue en proyecto, Caudal Medio Anual (QMA)

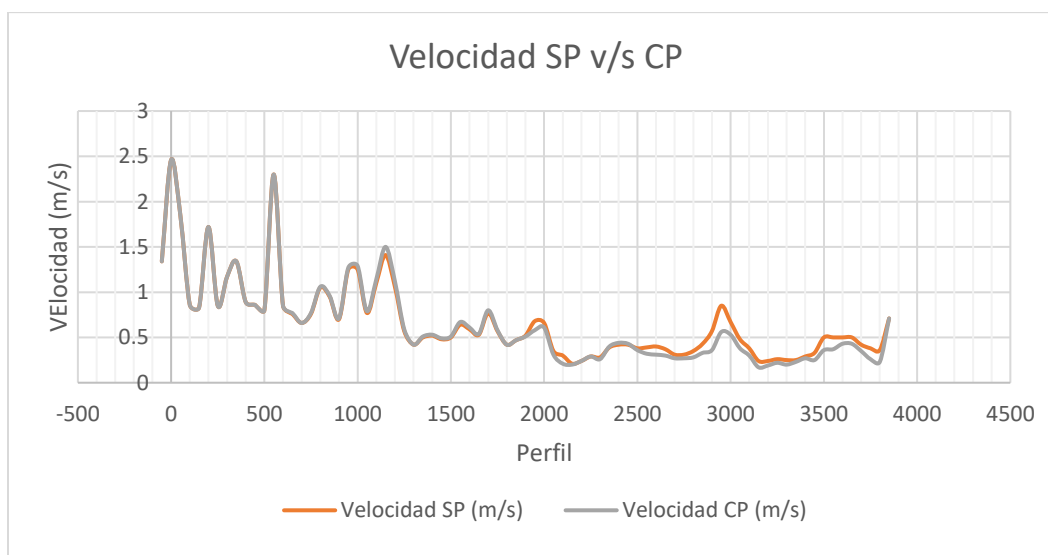
**Fuente:** Elaboración propia

Los resultados del eje hidráulico y de la velocidad para las condiciones Sin Proyecto (SP) y Con Proyecto (CP) se presentan a continuación:



**Figura 17** Eje hidráulico Sin Proyecto y Con Proyecto, QMA

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 18** Velocidad Sin Proyecto y Con Proyecto, QMA

**Fuente:** Elaboración propia

Para el caso del eje hidráulico se puede concluir que el proyecto provoca una disminución máxima de 9 cm y para el caso de la velocidad se concluye que el proyecto provoca una disminución máxima de 0.29 m/s y un aumento máximo de 0.09 m/s.

De los resultados obtenidos se puede concluir que el proyecto de abandono modificado tiene una influencia mínima en los parámetros hidráulicos eje hidráulico y velocidad en la zona de proyecto.

Se presenta a continuación un resultado con las tablas de los resultados de la modelación hidráulica Sin Proyecto y Con Proyecto para cada perfil:

**Tabla 6.** Resultados Sin Proyecto y Con Proyecto Modelación hidráulica

Perfil	Cota eje hidráulico SP (m)	Velocidad SP (m/s)	Cota eje hidráulico CP (m)	Velocidad CP (m/s)
-100	101.79	1.34	101.79	1.34
-50	101.19	2.46	101.19	2.46
0	100.47	1.84	100.47	1.84
50	100.43	0.86	100.43	0.86
100	100.36	0.83	100.36	0.83
150	100.08	1.72	100.08	1.72
200	100	0.85	100	0.85
250	99.83	1.17	99.83	1.17
300	99.46	1.34	99.46	1.34
350	99.32	0.89	99.32	0.89
400	99.23	0.86	99.23	0.86
450	99.16	0.8	99.16	0.8
500	98.73	2.3	98.73	2.3
550	98.61	0.85	98.6	0.85
600	98.56	0.76	98.56	0.77
650	98.53	0.66	98.52	0.66
700	98.48	0.76	98.47	0.77
750	98.38	1.05	98.37	1.06
800	98.31	0.95	98.29	0.96
850	98.28	0.7	98.27	0.71
900	98.17	1.25	98.16	1.27
950	98.02	1.25	97.99	1.29
1000	97.99	0.77	97.95	0.79
1050	97.89	1.1	97.85	1.14
1100	97.7	1.41	97.63	1.5
1150	97.61	1.06	97.53	1.12
1200	97.62	0.57	97.54	0.59

Perfil	Cota eje hidráulico SP (m)	Velocidad SP (m/s)	Cota eje hidráulico CP (m)	Velocidad CP (m/s)
1250	97.62	0.42	97.54	0.42
1300	97.61	0.5	97.53	0.51
1350	97.6	0.52	97.52	0.53
1400	97.6	0.48	97.51	0.49
1450	97.59	0.5	97.5	0.51
1500	97.57	0.64	97.48	0.67
1550	97.55	0.59	97.47	0.61
1600	97.55	0.53	97.46	0.54
1650	97.51	0.77	97.42	0.8
1700	97.5	0.57	97.41	0.58
1750	97.5	0.42	97.41	0.42
1800	97.49	0.47	97.4	0.47
1850	97.48	0.52	97.39	0.51
1900	97.46	0.68	97.37	0.58
1950	97.44	0.66	97.36	0.61
2000	97.44	0.35	97.36	0.31
2050	97.44	0.3	97.36	0.21
2100	97.44	0.21	97.36	0.2
2150	97.44	0.24	97.36	0.24
2200	97.44	0.29	97.35	0.29
2250	97.43	0.28	97.35	0.26
2300	97.42	0.39	97.34	0.4
2350	97.42	0.42	97.34	0.44
2400	97.41	0.42	97.33	0.43
2450	97.41	0.38	97.33	0.36
2500	97.41	0.39	97.33	0.32
2550	97.4	0.4	97.32	0.31
2600	97.4	0.37	97.32	0.3
2650	97.39	0.31	97.32	0.27
2700	97.39	0.31	97.32	0.27
2750	97.39	0.35	97.31	0.28
2800	97.38	0.43	97.31	0.33
2850	97.36	0.57	97.3	0.36
2900	97.32	0.85	97.29	0.56
2950	97.31	0.67	97.28	0.53
3000	97.31	0.48	97.28	0.38
3050	97.31	0.38	97.28	0.3

Perfil	Cota eje hidráulico SP (m)	Velocidad SP (m/s)	Cota eje hidráulico CP (m)	Velocidad CP (m/s)
3100	97.31	0.24	97.28	0.17
3150	97.31	0.24	97.28	0.19
3200	97.31	0.26	97.28	0.22
3250	97.3	0.25	97.28	0.2
3300	97.3	0.25	97.28	0.23
3350	97.3	0.29	97.27	0.27
3400	97.29	0.33	97.27	0.25
3450	97.28	0.5	97.27	0.36
3500	97.28	0.5	97.27	0.37
3550	97.27	0.5	97.26	0.43
3600	97.26	0.5	97.26	0.43
3650	97.26	0.42	97.25	0.35
3700	97.26	0.38	97.25	0.26
3750	97.25	0.36	97.25	0.23
3800	97.23	0.71	97.23	0.71
3850	97.13	1.3	97.13	1.3

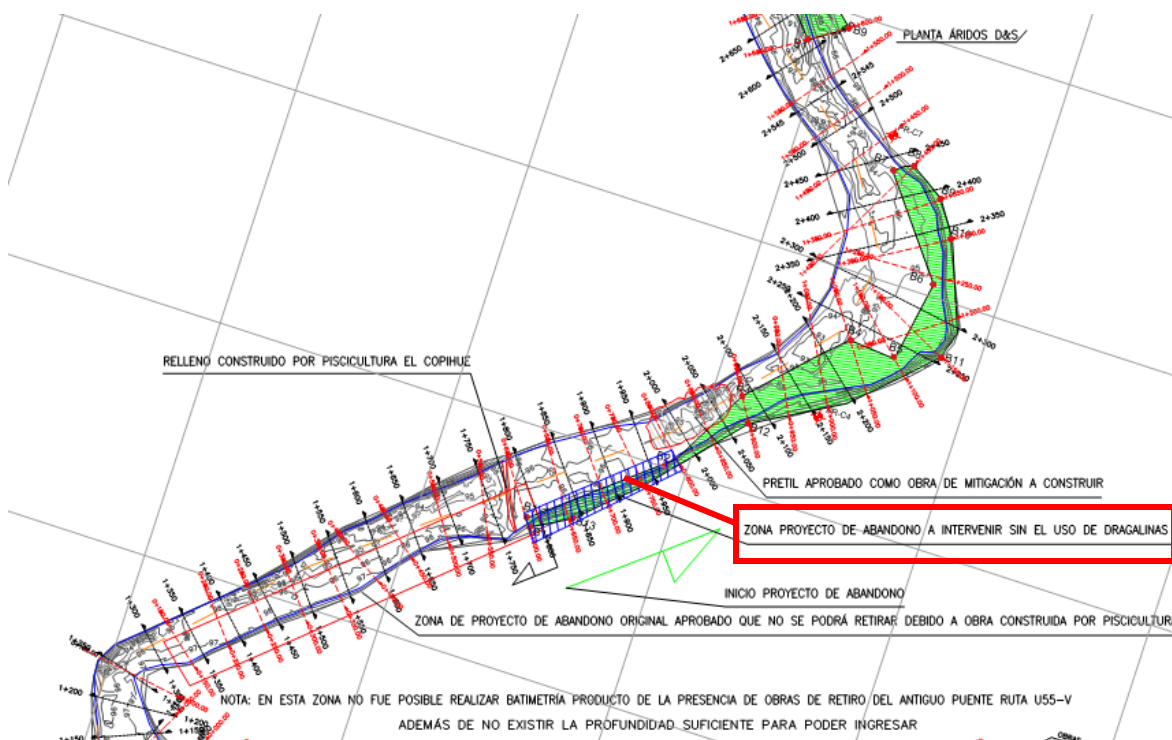
Fuente: Elaboración Propia

## 4.2 EQUIPOS A UTILIZAR EN EL PROYECTO MODIFICADO

El proyecto de abandono aprobado, considera la utilización tanto de excavadoras como de dragalinas, siendo estas últimas las que permiten el retiro ordenado y sin efectuar daños, del material acumulado transversalmente al río y fuera del alcance de las excavadoras. La utilización de estos equipos es justamente lo que ha permitido a la empresa efectuar sus proyectos de extracción sin afectar la cota de fondo en los tramos inervenidos, tal y como se evidencia en la Figura 3.

Una entrega de cauce volviendo a las condiciones originales, necesariamente debe considerar la utilización de dichos equipos, de lo contrario la futura recuperación o acumulación de material no tendrá la homogeneidad o uniformidad buscada.

No obstante lo anterior, considerando la situación existente en el tramo recto del río en el sector de la piscicultura, en el presente proyecto se proponen y define claramente tramos donde dichos equipos no serán utilizados, lo cual se puede revisar en planos y en la siguiente figura:



**Figura 19** Zona de proyecto a ejecutar sin el uso de dragalinas

**Fuente:** Elaboración propia

## **5 ANEXO I PLANOS MODIFICACIÓN PROYECTO DE ABANDONO**



## 6 ANEXO II FOTOGRAFÍAS AUDITORÍA AMBIENTAL 2020



**Figura 20** Fotografías relleno construido por la piscicultura tomadas durante la Auditoría Ambiental  
Mayo 2020

**Fuente:** Gestión Ambiental DSS