



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DEL RÍO COLINA Y
ANÁLISIS DE SU ESTABILIDAD FRENTE A CRECIDAS
PLUVIALES

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

JORGE RICARDO BALTAZAR CAYOJA

PROFESOR GUÍA:
ALEJANDRO LÓPEZ ALVARADO

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
YARKO NIÑO CAMPOS
ALDO TAMBURRINO TAVANTZIS

SANTIAGO DE CHILE
JUNIO 2009

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DEL RÍO COLINA Y
ANÁLISIS DE SU ESTABILIDAD FRENTE A CRECIDAS
PLUVIALES

JORGE RICARDO BALTAZAR CAYOJA

COMISIÓN EXAMINADORA	NOTA	CALIFICACIONES	FIRMA
PROFESOR GUÍA SR. ALEJANDRO LÓPEZ ALVARADO
PROFESOR CO-GUÍA SR. YARKO NIÑO CAMPOS
PROFESOR INTEGRANTE SR. ALDO TAMBURRINO TAVANTZIS
NOTAL FINAL EXAMEN DE TÍTULO

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

SANTIAGO DE CHILE

JUNIO 2009

AGRADECIMIENTOS

*“A l’aurore, armés d’une ardente patience,
nous entrerons aux splendides villes”*

Arthur Rimbaud

Gracias Clanolma y Prudencio, padres míos, que aunque no estén físicamente, están siempre presentes en mi discurso, en mis sueños y en el rol social superior que me encomienda el privilegio de esta oportunidad. Son piedra angular de este paso tan importante. Estarían muy felices. Mi única queja es no poder estrecharlos en mis brazos.

Gracias a Yolanda, Villatoro, Paloma, Dante; a Flavia y al maestro Hernán Barría Miranda, por su afecto, apoyo incondicional, paciencia y tantos años amenos que no olvidaré.

A todos mis amigos de Santiago, que pasaron a ser parte de mi vida, y que hicieron transitable la trasplantación desde mi Arica, sus alrededores y más arriba.

A mis amigos ingenieros que me compartieron sus experiencias desde temprano y me confiaron audazmente altas responsabilidades. Creo, y que lo digan ellos, que jamás los defraudé. Gracias Mario y Gonzalo, especialmente.

A mi profesor guía, don Alejandro López Alvarado, especialmente por la generosidad de sus opiniones, su atención y calidad humana, y por su contribución a esta instancia tan trascendental para mí. A los profesores Sres. Aldo Tamburino y Yarko Niño, por sus valiosos y precisos aportes para la culminación de esta memoria, y porque me llevo, en definitiva, gran botín de sus cátedras.

A la I. Municipalidad de Colina, que asumió el patrocinio de este trabajo y proporcionó los medios materiales básicos para su desarrollo.

A todos los profesores que tuve en la Escuela de Ingeniería, a mis compañeros, a los funcionarios, a doña Julia, a los buenos muchachos de la cuadra Beaucheff. Navegamos tantas estrellas y hoy, en puerto, les doy un saludo emocionado.

¡Jallalla Pachamama y Viracocha! ¡Jallalla Tupaj Katari!

Un gran abrazo y toda mi gratitud,

JORGE RICARDO BALTAZAR CAYOJA

TABLA DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	MOTIVACIÓN	1
1.2.	OBJETIVOS	4
1.3.	ANTECEDENTES	5
2.	METODOLOGÍA	10
3.	PROCEDIMIENTOS	13
3.1.	MARCO LEGAL Y TÉCNICO-ADMINISTRATIVO	13
3.2.	CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO DEL RÍO COLINA	36
3.3.	ESTUDIO HIDROLÓGICO	55
3.4.	MÉTODOS DE CÁLCULO DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS	80
3.5.	MUESTREO SEDIMENTOLÓGICO	91
3.6.	MODELACIÓN FLUVIAL	94
4.	PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	103
4.1.	ENSAMBLE TOPOGRÁFICO	103
4.2.	CURVAS GRANULOMÉTRICAS INTEGRALES	104
4.3.	ANÁLISIS HIDRÁULICO	109
4.4.	VALIDACIÓN DEL TIEMPO DE SIMULACIÓN TS_n	110
4.5.	ARRASTRE DE SEDIMENTOS SEGÚN MODELO	111
4.6.	ESTIMACIÓN TRANSPORTE REAL DE SEDIMENTOS	122
5.	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	123
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	125
	BIBLIOGRAFÍA	127
	ANEXO A: FOTOGRAMAS SAF	
	ANEXO B: REGISTRO FOTOGRÁFICO	
	ANEXO C: EJES HIDRÁULICOS	
	ANEXO D: INFORME TECNOLAB	
	ANEXO E: ANTECEDENTES LEGALES	

RESUMEN

El mecanismo elemental de la actividad extracción de áridos, el movimiento de tierra desde el lecho de un cauce, es potencialmente aliado de la función regularizadora de cauces y control de inundaciones que compete a la Dirección de Obras Hidráulicas del MOP. Por ello, atendiendo debidamente la estabilidad del tramo de cauce seleccionado y la seguridad de obras de riego y otras obras civiles presentes en él, es posible hacer compatible la actividad con el interés de particulares y del Estado.

Esta memoria surge por el interés de la I. Municipalidad de Colina de plantear un proyecto de extracción de áridos y regularización del Río Colina en el tramo aguas arriba del Puente Esmeralda. El trabajo aborda la etapa previa a la ingeniería de diseño, abocándose al diagnóstico del estado del Río Colina y al análisis de su comportamiento mecánico-fluvial durante crecidas pluviales, que son predominantes en el acarreo sólido, dada la intervención de la Bocatoma del Canal Colina. El Río Colina ha sido fuertemente explotado y lo que se requiere es preparar antecedentes técnicos para una posterior etapa de diseño (encauzamiento y obras fluviales). La ubicación de la zona de estudio aparece indicada en las Figuras N°1 y 2.

Esta memoria comprende la recopilación de antecedentes tanto técnicos como legales para el análisis de un caso real de la ingeniería: reconocimientos exhaustivos de terreno, levantamientos topográficos locales y su acoplamiento con la información topográfica y aerofotogramétrica disponibles para apoyar la modelación geométrica del cauce; y la elaboración de un modelo de balance sedimentológico.

Se concluye que el cauce del Río Colina está expuesto a altas erosiones y es definitivamente inestable en la condición actual, especialmente en el tramo de la “escisión”, tramo que va desde el Puente Esmeralda al Puente Colina. Esta escisión, mediante un proyecto de ingeniería, podría ser reparada trasladando el corte aguas arriba y fijando éste mediante una obra civil. Por otra parte, los resultados de acarreo sólido calculados y las hipótesis invocadas se validan en dos estimaciones de acarreo sólidos elaboradas a partir de la depositación aguas abajo del Sifón El Molino.



Figura N°1: Ubicación Zona de Estudio



Figura N°2: Tramo Río Colina en Estudio. Foto Satelital Google-Earth

1. INTRODUCCIÓN

1.1. MOTIVACIÓN

La expansión inmobiliaria en las últimas dos décadas, sumada a la sucesiva construcción de autopistas interurbanas en la Región Metropolitana han redundado en un crecimiento explosivo de la demanda de áridos para la fabricación de hormigones y otros usos. De esta manera, producto de la demanda en auge, sumada a prácticas faltas de rigor técnico y sin mediar consideraciones ambientales, la totalidad de los cauces abastecedores de la materia prima en la región han sufrido severos deterioros, así como se ha comprometido la infraestructura fluvial. Entre los casos más sonados se encuentran el colapso de la Bocatoma del Canal Esperanza en Rinconada de Maipú; la falla de una de las cepas del Puente Ferroviario, a un costado de la Ruta 5 Sur; la vulnerabilidad progresiva del Puente Maipo de la Ruta 5 Sur; el colapso del Sifón El Molino, en el Río Colina; y el descalce reciente de las pilas del Puente de la Autopista Acceso Sur, entre otros.

Las malas prácticas han consistido en extracciones indiscriminadas, sin enfoque integral del cauce que se interviene, muchas veces violando flagrantemente los derechos de canalistas, propietarios riberaños y del Fisco. Es alarmante, por ejemplo, las masivas cantidades de material integral que se extraen desde el cauce del Río Maipo, en las inmediaciones de los Puentes Los Morros y Maipo, con profundidades en zanjas dispersas que superan los 8 m.

La problemática se agrava por la escasa capacidad de fiscalización de los órganos del Estado que deben ejercer la supervigilancia de los cauces, como son la Dirección de Obras Hidráulicas y la Dirección General de Aguas. Estos servicios han sufrido procesos de reducción en serie que han limitado dramáticamente sus funciones. Por otra parte, los municipios, a quienes les compete la administración de los permisos o concesiones para extraer áridos, tampoco cuentan con personal idóneo para complementar las labores de fiscalización, restringiéndose a observar lo que dispongan la DOH y la DGA.

Al presente, CONAMA, DOH y DGA intentan regular la actividad y conducirla al cumplimiento de la normativa ambiental vigente. No obstante, se aprecia un desacato generalizado en la región, salvo algunas excepciones.

Considerando el escenario descrito, la I. Municipalidad de Colina, interesada en disponer de los áridos del Río Colina, aguas arriba del Puente Esmeralda de la Autopista Los Libertadores, pretende ensayar un proyecto pionero de extracción de áridos que regularice el cauce y las obras existentes en él, cumpliendo estrictamente la legislación ambiental.

El interés municipal, señalado en el párrafo anterior, se confronta con la necesidad de superar problemas específicos en el Río Colina. En las Figuras N°3 y 4 se observan 2 obras civiles que ameritan atención prioritaria. Por un lado, el Puente Esmeralda de la Autopista Los Libertadores, ubicado en un sector encajonado, altamente erosivo, como se aprecia en las erosiones ribereñas; por el otro, el Sifón El Molino, que con la crecida

de Junio de 2002 fue declarado colapsado por la Dirección de Obras Hidráulicas y la Dirección General de Aguas. La zanja centralizada y profunda que se distingue aguas abajo del sifón fue provocada por erosión retrógrada, atribuible a extracciones extensivas en el tramo inferior. La profundidad de esta zanja alcanzó a 11 m, según relato de la Asociación de Canalistas del Río Colina y según da cuenta el registro fotográfico a nivel de terreno, en diferentes fechas.

Conforme lo anteriormente expuesto, resulta necesario elaborar un estudio diagnóstico del estado actual del Río Colina, orientado a la descripción de los problemas presentes en el tramo de estudio, de Bocatoma Canal Colina a Puente Colina, a su caracterización hidráulico-fluvial; en definitiva, a la generación de elementos de estudio previos al proyecto de ingeniería que conllevaría una solución integral de regularización y manejo del tramo de cauce seleccionado.



Figura N°3: Puente Esmeralda. Fotografía Diciembre 2005 (Fuente Propia)



Figura N°4: Sifón El Molino. Fotografía Diciembre 2005 (Fuente Propia)

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVOS GENERALES

En la línea central de esta memoria, para hacer posible un diagnóstico a partir del cual se aborde una posterior etapa de diseño en ingeniería, se precisa atender los siguientes aspectos:

- a) Comprender la alteración que ha introducido la extracción de áridos en el cauce natural del Río Colina, en los tramos rural y urbano de la Comuna de Colina.
- b) Conocer el marco regulatorio nacional que rige la actividad, establecer las condiciones reales de cumplimiento y analizar sus debilidades.
- c) Desarrollar antecedentes técnicos indispensables para establecer la vulnerabilidad del cauce en el tramo seleccionado.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

En los objetivos específicos se apunta a generación de cálculos y relaciones con la realidad de terreno, acorde a explicar situaciones locales y estimar la respuesta hidráulico-fluvial del cauce frente al tránsito de crecidas pluviales. Así, estos objetivos son:

- a) Visualizar y analizar cambios físicos en cauces naturales, aplicado al caso práctico del Río Colina.
- b) Desarrollar trabajos de ingeniería específicos: estudio hidrológico, campaña topográfica, campaña granulométrica y modelación hidráulica.
- c) Aplicar relaciones transporte de sedimentos y contrastar los resultados con la observación de terreno.

1.3. ANTECEDENTES

La importancia de la extracción de áridos, desde la perspectiva de la hidráulica fluvial, radica en los efectos negativos que esta actividad induce sobre la morfología del cauce. Sus impactos son a corto plazo evidentes y están asociados fundamentalmente a cambios en la composición y estabilidad de los lechos y riberas, alteración del trazado del río y en las velocidades de escurrimiento.

Otras alteraciones antrópicas que frecuentemente están presentes en los cauces, incrementan los efectos nocivos de la extracción de áridos en relación al déficit de sedimentos.

- **Canalizaciones:** Son alteraciones radicales de los cauces, realizadas con métodos contundentes y destinadas a fijar deslindes y a conducir el curso. Son características de zonas urbanas o periurbanas y suelen modificar, además, el trazado y ancho del cauce. El caso extremo consiste en la eliminación de meandros mediante reconducciones más rectas. Reduciendo el recorrido se aumenta la pendiente y, por tanto, la capacidad hidráulica, pero el aumento de velocidad pone en riesgo erosivo todo el tramo afectado.
- **Aprovechamientos Hidráulicos:** Presas, embalses y vertederos alteran la calidad del agua y afectan a los biosistemas del río impidiendo su natural oxigenación. Además, decantan los sedimentos que transporta el agua, y el flujo de aguas claras adquiere una capacidad erosiva muy alta en la fracción granulométrica depositada, debilitando los márgenes, que serán más sensibles en las crecidas.
- **Bocatomas y Obras de Paso:** Alteran el régimen fluvial natural, específicamente el régimen de caudales.

1.3.1. EFECTOS AMBIENTALES ADVERSOS¹

La extracción de material aluvial desde dentro o cerca del lecho del cauce tiene un impacto directo en los parámetros físicos de hábitats de especies biológicas, tales como la geometría del canal, nivel, composición y estabilidad del lecho, rugosidad (debido a la alteración de la granulometría y remoción de troncos o rocas del cauce), profundidad, velocidad, turbidez, transporte de sedimentos, caudales y temperatura (Rundquist, 1980, Pauley et al. 1989, Kondolf 1994a, b; OWRRI 1995). Los efectos potenciales de la extracción de áridos sobre la morfología del cauce, hábitats ribereños y peces se resumen como sigue, de acuerdo a lo indicado en el documento *NMFS National Gravel Extraction Policy* de la National Marine Fisheries Service de EE.UU.:

- a) La extracción de material del lecho causa la degradación de éste, debido a la remoción de la coraza del lecho. La degradación puede entenderse hacia aguas arriba y aguas abajo de una operación individual de extracción, causada por la

¹ QUIROZ. Metodología para el Análisis de Extracción de Áridos en Cauces Naturales Chilenos. Aplicación al Río Aconcagua. Memoria U. de Chile. 2001.

extracción del material en o sobre el nivel del agua del canal durante caudales bajos.

- b) La extracción de áridos aumenta el sedimento en suspensión, el transporte de sedimentos, la turbidez del agua y la saturación de los intersticios del lecho.
- c) La degradación del lecho cambia la morfología del canal. Aún si la extracción se hace fuera del cauce activo durante períodos de caudales bajos, la estabilidad fuera del cauce podría ser afectada durante eventos de grandes crecidas. Además, la evolución de meandros o de los canales trenzados puede conducir al canal hacia el área de excavación.
- d) La explotación de barras mediante raspamiento (remoción del material superficial de las barras) impacta significativamente el hábitat acuático, ya que se crea una sección de fondo llano amplio, provocando bajas alturas de escurrimiento. Además, se remueve el pavimento de fondo, dejando al descubierto partículas más finas, que son más fácilmente transportadas.
- e) La operación de equipo pesado en el lecho del cauce durante faenas de extracción puede destruir hábitats y aumentar la turbidez y sedimento en suspensión hacia aguas abajo.
- f) Las pilas de material extraído dejadas cerca del cauce pueden modificar el patrón morfológico de escurrimiento e introducir material más fino al cauce o materia orgánica.
- g) La remoción o introducción de elementos al cauce durante actividades de extracción puede afectar la calidad y cantidad del hábitat de peces. Por ejemplo, la remoción de troncos, afecta el almacenamiento de sedimentos y la creación y mantención de hábitats.
- h) La destrucción de la zona ribereña (vegetación, cubierta vegetal, riberas) durante las operaciones de extracción de áridos puede incrementar la erosión, los aportes de nutrientes al cauce, etc.

Las actividades de extracción de áridos pueden dañar la zona ribereña de varias formas:

- a) La degradación del canal puede disminuir el nivel de aguas subterráneas de descargan en él, lo que trae otros efectos como daño en la vegetación ribereña (Collins y Dunne, 1990).
- b) La remoción de áridos a profundidades inadecuadas pueden producir inundaciones permanentes o frecuentes (Jooyce, 1980).
- c) El equipo pesado, plantas de procesamiento y pilas de áridos causan compactación del suelo, incrementando la erosión por reducción de la infiltración (Joyce, 1980; Kondolf, 1994a; OWRRI, 1995).
- d) La remoción de grandes despojos de árboles desde la zona ribereña durante las actividades de extracción de áridos puede dañar a la comunidad vegetal, ya que

ellos sirven de protección y mejoramiento de la cubierta vegetal (Weigand, 1991; OWRRI, 1995).

- e) La remoción de zonas ribereñas explotadas durante la extracción reduciría la cubierta vegetativa de riberas, reduciendo la sombra y aumentando la temperatura del agua.
- f) La explotación de material de las riberas bajo el nivel del suelo puede provocar la desestabilización de éstas e incremento de los ingresos de sedimentos a los cauces.
- g) La reducción del tamaño de las barras podría causar una erosión más rápida en las riberas adyacentes.

1.3.2. SEDIMENTOS²

Se da el nombre genérico de sedimentos a las partículas procedentes de las rocas o suelos, y que son acarreadas por las aguas que escurren y por los vientos. Todos estos materiales, después de cierto acarreo, finalmente son depositados a lo largo de los propios cauces, en lagos o lagunas, en el mar y en las partes bajas de la cuenca, principalmente en la planicie, lo que da origen a la formación de ésta y a su levantamiento. El sedimento que se deposita en un gran cuerpo de agua recibe de ésta su estructura y carácter finales.

1.3.2.1. FUENTES DE LOS SEDIMENTOS

No es posible indicar con precisión todas las fuentes que producen sedimentos que llegan a un río y que son acarreados por su corriente. Sin embargo, de acuerdo con la definición anterior, la fuente principal la constituyen los suelos y rocas que se encuentran en su cuenca; y el aire y el viento son, en nuestro medio, los principales agentes de erosión y de transporte. Por otro lado, dada la actividad del hombre en el medio que lo rodea, las fuentes de sedimento pueden clasificarse en naturales y artificiales:

- a) Naturales.
 - Erosión de la Superficie del Terreno.
 - Erosión del Cauce Principal y sus Tributarios.
 - Movimientos Naturales del Terreno.
- b) Artificiales.
 - Destrucción de la Vegetación.
 - Obras de Ingeniería.
 - Explotación de Minas y Canteras.

² MAZA y GARCÍA. Origen y Propiedades de los Sedimentos. UNAM. 1998.

- Desechos Urbanos e Industriales.

1.3.2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS SEDIMENTOS

Los sedimentos naturales están constituidos por una gran variedad de partículas que difieren entre sí en tamaño, forma y densidad. Desde el punto de vista de la resistencia que oponen a ser arrastrados y de su comportamiento al ser transportados por una corriente de agua, se distinguen primordialmente dos clases de sedimentos: cohesivos y no cohesivos. Sin embargo, hay sedimentos que muestran características mixtas, o sea presentan, a la vez, cohesión y fricción interna.

Sedimento No Cohesivo o Friccionante, también denominado material granular, es el formado por granos gruesos o partículas sueltas, como las arenas y gravas. En los granos gruesos de los sedimentos o suelos, la fuerza de gravedad predomina fuertemente sobre cualquier otra fuerza, por ello todas las partículas gruesas tienen un comportamiento similar. Además, esto significa que el peso de las partículas es la fuerza principal que resiste las fuerzas de arrastre y sustentación, o sea el empuje de la corriente, y dado que la fuerza de gravedad siempre está presente, al disminuir o cesar la acción del agua, las partículas se detienen, caen y se depositan. Por lo tanto, el empuje que debe ejercer el flujo de agua para mover o transportar tales partículas es función del peso de cada una de ellas, y cuando se depositan lo hacen apoyándose directamente unas en otras, teniendo cada partícula varios puntos de apoyo y dejando vacíos entre ellas. Así, el comportamiento mecánico e hidráulico de los sedimentos no cohesivos queda definido por la compacidad del depósito, o sea el grado de acomodo alcanzado por las partículas, y por la orientación de las mismas.

Sedimento Cohesivo es el formado por partículas de grano muy fino, constituidas por minerales de arcilla, que se mantienen unidas entre sí por la fuerza de cohesión, la cual se opone a que las partículas individuales sean separadas o arrancadas del conjunto del que forman parte. Esa fuerza de unión es considerablemente mayor que el peso de cada grano, y es la que resiste a las fuerzas de arrastre y sustentación causadas por el flujo de agua. Por lo tanto, una vez que la cohesión ha sido vencida, las partículas desprendidas o levantadas pueden llegar a comportarse como las no cohesivas, aunque siempre serán transportadas o mantenidas en suspensión con mayor facilidad, ya que por ser muy pequeñas su peso prácticamente no influye en sus movimientos; en cuanto cesa la acción del agua, muchas de ellas (coloides) no se depositan, a menos que por la presencia de sales se facilite el proceso de floculación.

Las interacciones entre un flujo de agua y un suelo no cohesivo han sido estudiadas con mayor detenimiento, y más ampliamente que las existentes con un suelo cohesivo, entre otros motivos porque a lo largo de los cursos de las corrientes naturales abundan mucho más los materiales no cohesivos, aún en el lecho de aquellos tramos con márgenes arcillosas, ya que la mayor parte de los ríos escurren sobre suelos no cohesivos; por ello, en la hidráulica fluvial se trata más con las propiedades de los sedimentos o suelos no cohesivos.

2. METODOLOGÍA

En el desarrollo de la presente memoria se siguió una serie de pasos sucesivos, que se detallan:

- a) Se definió el tramo de estudio, de acuerdo a los sectores objeto de explotaciones. Dado que el tramo alterado directamente se extiende desde 500 m aguas abajo de la Bocatoma del Canal Colina y 1800 m aguas abajo del Puente San Luis, resultó un tramo de 13 Km, desde la Bocatoma del Canal Colina hasta el Puente Colina, en que está comprendido el tramo explotado y todas las obras civiles (bocatomas, sifones y puentes) con daños elocuentes o factibles de ser amagadas.
- b) En segunda instancia se realizaron visitas terrestres exhaustivas al tramo de Río Colina seleccionado, a fin de describir y relacionar las diversas situaciones observadas. Se complementó la información con vuelo local de reconocimiento. Con esto se generó un abundante registro fotográfico, el que se sumó al disponible con anterioridad a la ejecución de esta memoria.

Estos antecedentes permitieron conocer el estado del cauce y de las obras presentes en el tramo.

Durante el tiempo que duraron los trabajos ocurrieron 2 eventos de precipitación significativos, fechas en que se acudió a terreno a registrar la recesión de las crecidas. Estas fechas correspondieron al 23/05/2008 y 15/08/2008.

- c) Recopilación de antecedentes existentes.

A fin de cotejar los trabajos que se desarrollan en esta memoria, se indagó en la I. Municipalidad de Colina y Dirección Regional de Obras Hidráulicas R.M. información sobre estudios y proyectos anteriores, conducentes a obtener antecedentes anteriores del tipo:

- Topográficos (actuales e históricos).
- Hidrológicos. Pluviometría y fluviometría.
- Gasto sólido (estudios y mediciones, si existían).
- Faenas existentes: Volumen de áridos concedidos a explotar, volumen de áridos realmente explotados, obras introducidas en el cauce.

- d) Análisis de los antecedentes recopilados.

La información recopilada fue utilizada en su mérito, respecto de los trabajos que se describen en las letras siguientes.

- e) Elaboración de antecedentes propios: Caracterización fisiográfica de la cuenca, topografía del río en el tramo de estudio, e hidrología de crecidas.

Se realizó una descripción física de las características de las cuencas tributarias al tramo en estudio mediante la cartografía IGM, y los siguientes trabajos:

- Caracterización de la cuenca: área, parámetros fisiográficos, curva hipsométrica, etc.
 - Levantamientos topográficos locales en los puentes con riesgo latente.
 - Estudio hidrológico de crecidas pluviales.
- f) Modelación hidráulica con asistencia del programa Hec-Ras del tramo en estudio. Considera modelación del tramo total de 13 Km con geometría en base a restitución digital y levantamientos topográficos locales.
- g) Estudio Sedimentológico.
- Campaña de calicatas para definir estado actual del lecho.
 - Muestreo superficial para determinar acorazamiento.
 - Generación de curvas granulométricas integrales.
- h) Análisis de equilibrio del tramo en estudio.
- Aplicación de métodos de mecánica fluvial.
 - Estimar el aporte de sólidos al tramo en estudio.
 - Desarrollo de un programa de balance sedimentológico en Excel.
- i) Análisis de Resultados.

3. ANTECEDENTES Y PROCEDIMIENTOS

3.1. MARCO LEGAL Y TÉCNICO – ADMINISTRATIVO

Este capítulo comprende una revisión de la legislación vigente, de las funciones, atribuciones y procedimientos vigentes en materia de extracción de áridos desde cauces naturales. Se incluye un comentario general sobre la eficacia de las normas examinadas.

3.1.1. DEFINICIÓN DE CAUCE NATURAL

La definición de “cauce natural” se haya expresada en diversos cuerpos legales, y son las siguientes:

3.1.1.1. SEGÚN CÓDIGO DE AGUAS

Título IV De los Álveos o Cauces Naturales

Artículo 30. Álveo o cauce natural de una corriente de uso público es el suelo que el agua ocupa y desocupa alternativamente en sus creces y bajas periódicas

Este suelo es de dominio público y no accede mientras tanto a las heredades contiguas, pero los propietarios riberaños podrán aprovechar y cultivar ese suelo en las épocas en que no estuviere ocupado por las aguas.

Sin perjuicio de lo dispuesto en los incisos precedentes, las porciones de terrenos de un predio que, por avenida, inundación o cualquier causa quedaren separadas del mismo, pertenecerán siempre al dueño de éste y no formarán parte del cauce del río.

Artículo 31. La regla del artículo anterior se aplicará también a los álveos de corrientes discontinuas de uso público. Se exceptúan los cauces naturales de corrientes discontinuas formadas por aguas pluviales, los cuales pertenecen al dueño del predio.

Artículo 32. Sin permiso de la autoridad competente, no se podrá hacer obras o labores en los álveos, salvo lo dispuesto en los artículos 8, 9, 25, 26 y en el inciso 2º del artículo 30.

Artículo 33. Son riberas o márgenes las zonas laterales que lindan con el álveo o cauce.

Artículo 34. En los casos de aluvión, avenida, inundación, variación de curso de un río o división de éste en dos brazos, se estará a lo dispuesto sobre accesiones del suelo en el párrafo 2º del Título V, Libro II, del Código Civil.

3.1.1.2. SEGÚN DS N°609 MINISTERIO DE TIERRAS Y COLONIZACIÓN¹, 31.08.78

Fija normas para establecer los deslindes de los bienes nacionales de uso público que constituyen los cauces de los ríos, lagos y esteros; deroga el decreto 1.204, de 10 de abril de 1947, de Tierras y Colonización.

B.-

[...]

4. Para los efectos de determinar cuáles son los terrenos que constituyen cauces de ríos, lagos y esteros, los organismos que deberán actuar en estos casos, considerarán las normas siguientes, sin perjuicio de las demás de orden técnico que deban aplicarse:
 - a) Se considerará lecho o álveo de río, lago o estero, la porción de tierra por la que permanentemente corren las aguas.
 - b) Se considerará cauce de río, lago o estero la superficie que el agua ocupa y desocupa alternativamente en sus creces periódicas ordinarias.
 - c) Se considerarán creces extraordinarias, aquellas de rara ocurrencia y que se deban a causas no comunes, producidas sin regularidad, durante períodos, en general, mayores de cinco años. Los terrenos ocupados y desocupados alternativamente en estas creces extraordinarias, no se considerarán cauce de ríos, lagos y esteros y, por tanto, pertenecen a los propietarios riberaños.

3.1.1.3. SEGÚN PLAN REGULADOR METROPOLITANO DE SANTIAGO

Título 8: Área Restringida o Excluida al Desarrollo Urbano
Capítulo 8.2. Áreas de Alto Riesgo Para los Asentamientos Humanos

Artículo 8.2.1.1. De Inundación

Las Áreas de Alto Riesgo Natural por Inundación están constituidas por:

a.1. Las de Cauces Naturales, que comprenden el cauce y fajas adyacentes y que pueden ser:

a.1.1. Recurrentemente Inundables:

Conformadas por los terrenos comprendidos entre los deslindes de los cauces permanentes y el límite graficado en el Plano. Incluye cuando corresponde, las franjas de protección por socavamiento por acción de las aguas.

¹ Actual Ministerio de Bienes Nacionales.

3.1.2. NORMAS GENERALES APLICABLES A LA EXTRACCIÓN DE ÁRIDOS

3.1.2.1. PLAN REGULADOR METROPOLITANO DE SANTIAGO

Organismo: Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo R.M.

Este instrumento de planificación territorial considera la actividad como productiva de carácter industrial. Asimismo, la tipología que le asigna es de *Explotación de Minerales no Metálicos para la Construcción*.

Artículo 6.2.3.1. Las Actividades de Extracción de Áridos serán permitidas exclusivamente en los cauces de los ríos siguientes:

- Río Mapocho	- Río Clarillo	- Estero Peldehue	- Estero Polpaico
- Río Maipo	- Estero Seco	- Estero Til-Til	
- Estero Lampa	- Estero Colina	- Estero Chacabuco	

Las zonas de explotación, normas y procedimientos técnicos que deberán observar estas faenas, serán las que determine dentro de su competencia el Ministerio de Obras Públicas. El procesamiento de materiales pétreos fuera de los cauces, sólo se permitirá en la zona de Interés Silvoagropecuario Mixto señalada en San Bernardo sector Carretera Panamericana Sur...

3.1.2.2. LEY 18.695 ORGÁNICA CONSTITUCIONAL DE MUNICIPALIDADES

Organismo: Min. del Interior - Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo

Aunque las definiciones de cauce natural contenidas en los cuerpos legales anteriormente referidos en la práctica dan lugar a controversias sobre la propiedad del suelo, lo concreto es que las extracciones de áridos en cauces naturales se restringen a los cauces naturales de uso público, los cuales, a su vez, constituyen parte integrante de los bienes nacionales de uso público. En este contexto, las autorizaciones para extraer áridos son otorgadas por los municipios a través de concesiones o permisos, como se deduce de los siguientes artículos:

Artículo 5. Para el cumplimiento de sus funciones las Municipalidades tendrán las siguientes atribuciones esenciales:

[...]

- c) Administrar los bienes municipales y naciones de uso público, incluido su subsuelo, existentes en la comuna, salvo que, en atención a su naturaleza o fines y de conformidad a la ley, la administración de estos últimos corresponda a otros órganos de la Administración del Estado...

Artículo 36. Los bienes municipales o nacionales de uso público, incluido su subsuelo, que administre la municipalidad, podrán ser objeto de concesiones y permisos.

Los permisos serán esencialmente precarios y podrán ser modificados o dejados sin efecto, sin derecho a indemnización.

Las concesiones darán derecho al uso preferente del bien concedido en las condiciones que fije la municipalidad. Sin embargo, ésta podrá darles término en cualquier momento, cuando sobrevenga un menoscabo o detrimento grave al uso común o cuando concurren otras razones de interés público.

El concesionario tendrá derecho a indemnización en caso de término anticipado de la concesión, salvo que éste se haya producido por incumplimiento de las obligaciones de aquel.

3.1.2.3. LEY 3.063 SOBRE RENTAS MUNICIPALES

Organismo: Min. del Interior - Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo

Artículo 41. Entre los servicios, concesiones o permisos por los cuales están facultadas las municipalidades para cobrar derechos, se contemplan especialmente las siguientes:

[...]

4. Extracción de arena, ripio u otros materiales, de bienes nacionales de uso público...

3.1.3. NORMAS DEL MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

Existen muchas normas de competencia del MOP, algunas actualmente derogadas, que se refieren a la extracción de arena y ripio desde cauces naturales. Entre ellas, puede mencionarse la Ley 11.402, de 1953, que estableció Normas para las obras de defensa de las riberas y cauces de los ríos, lagunas y esteros, las que se ejecutarían por la Dirección de Obras Sanitarias del MOP; Normas para la extracción de ripio y arena en los cauces de los ríos y esteros; Prohibición de formar poblaciones y construir casas para viviendas en suelos periódicamente inundados; Derogó la Ley N° 4.145 de 1927, que autorizó al Fisco para ayudar a los propietarios rurales y a los Municipios para la construcción de obras contra las creces de ríos y esteros.

Todo lo establecido en la Ley 11.402 y otras, como competencias del Director General de Obras Públicas en materias fluviales, son refundidas en el DFL N° 850 de 12 de Septiembre de 1997, Artículo N° 14 letra l) y en los artículos N°s 91 al 101 del mismo cuerpo legal.

3.1.3.1. LEY ORGÁNICA DEL MOP (DFL N° 850, de 12.09.97)

Artículo 14. Al Director General de Obras Públicas corresponderá:

[...]

- l) El estudio, proyección, construcción y conservación de las obras de defensa de terrenos y poblaciones contra crecidas de corrientes de agua y regularización de las riberas y cauces de los ríos, lagunas y esteros, de acuerdo al procedimiento señalado en los artículos 91 al 101 inclusive de la presente ley y la supervigilancia, reglamentación y determinación de zonas prohibidas para la extracción de materiales áridos, cuyo permiso corresponde a las municipalidades, previo informe de la Dirección General de Obras Públicas.

Le corresponderá además, autorizar y vigilar las obras a que se refiere el inciso anterior cuando se efectúen por cuenta exclusiva de otras entidades o de particulares, con el objeto de impedir perjuicios a terceros.

Asimismo, le compete indicar los deslindes de los cauces naturales con los particulares ribereños para los efectos de la dictación por el Ministerio de Bienes Nacionales del decreto supremo correspondiente;...

3.1.3.2. CÓDIGO DE AGUAS (DFL N° 1.122, de 13.08.81)

Este cuerpo legal no incluye normas específicas para la extracción de áridos. Sin embargo, cuando esta actividad represente una amenaza para la seguridad de terceros; contamine las aguas; o amague la estabilidad de obras de ambientes fluviales, como bocatomas, puentes o acueductos, el Código de Aguas confiere competencia amplia al Director General de Aguas:

Artículo 299. La Dirección General de Aguas tendrá las atribuciones y funciones que este Código le confiere, y, en especial, las siguientes:

[...]

- c) Ejercer la policía y vigilancia de las aguas en los cauces naturales de uso público e impedir que en éstos se construyan, modifiquen o destruyan obras sin la autorización del Servicio o autoridad a quien corresponda aprobar su construcción o autorizar su demolición o modificación, y...

3.1.4. NORMAS DEL MINISTERIO DE BIENES NACIONALES

3.1.4.1. DS N° 609 31.08.78

B.-

[...]

9. Cualquiera concesión para extraer arena o ripio del cauce de un río, lago o estero, deberá previamente ser informada por el Departamento de Defensas Fluviales de la Dirección General de Obras Públicas.
10. Al otorgarse las concesiones y permisos mencionados, deberán adoptarse todas aquellas medidas tendientes a evitar perjuicios a los propietarios riberaños, o a las obras de defensa que construyan los particulares o el Fisco para impedir que se produzcan erosiones o aluviones en los terrenos riberaños, motivadas por el cambio de curso de las aguas.

3.1.5. NORMAS DEL MINISTERIO SEC. GENERAL DE LA PRESIDENCIA

3.1.5.1. LEY 19.300 SOBRE BASES GENERALES DEL MEDIO AMBIENTE

Artículo 10. Los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualesquiera de sus fases, que deberán someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, son los siguientes:

[...]

- Proyectos de desarrollo minero, incluidos los de carbón, petróleo y gas, comprendiendo las prospecciones, explotaciones, plantas procesadoras y disposición de residuos y estériles, así como la extracción industrial de áridos, turba o greda;...

3.1.5.2. REGLAMENTO DEL SISTEMA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Artículo 3. Los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualesquiera de sus fases, que deberán someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, son los siguientes:

[...]

- i) Proyectos de desarrollo minero, incluidos los de carbón, petróleo y gas, comprendiendo las prospecciones, explotaciones, plantas procesadoras y disposición de residuos y estériles.

Se entenderá por proyectos de desarrollo minero aquellas acciones u obras cuyo fin es la extracción o beneficio de uno o más yacimientos mineros, y cuya capacidad de extracción de mineral es superior a cinco mil toneladas (5.000 t) mensuales.

Se entenderá por prospecciones al conjunto de obras y acciones a desarrollarse con posterioridad a las exploraciones mineras, conducentes a minimizar las incertidumbres geológicas asociadas a las concentraciones de sustancias minerales de un proyecto de desarrollo minero, necesarias para la caracterización requerida y con el fin de establecer los planes mineros, en los cuales se basa la explotación programada de un yacimiento.

Se entenderá por exploraciones al conjunto de obras y acciones conducentes al descubrimiento, caracterización, delimitación y estimación del potencial de una concentración de sustancias minerales, que eventualmente pudieran dar origen a un proyecto de desarrollo minero.

Se entenderá por proyectos de desarrollo minero correspondientes a petróleo y gas, aquellas acciones u obras cuyo fin es la explotación de yacimientos, comprendiendo las actividades posteriores a la perforación del primer pozo exploratorio, la instalación de plantas procesadoras, ductos de interconexión y disposición de residuos estériles.

Extracción industrial de áridos, turba o greda. Se entenderá que estos proyectos o actividades son industriales:

- i2. Si, tratándose de extracciones en un cuerpo o curso de agua, la extracción de áridos y/o greda es igual o superior a cincuenta mil metros cúbicos (50.000 m³) totales de material removido, tratándose de las regiones I a IV, o cien mil metros cúbicos (100.000 m³) tratándose de las regiones V a XII, incluida la Región Metropolitana, durante la vida útil del proyecto o actividad;...

Artículo 89. En el permiso para la extracción de ripio y arena en los cauces de los ríos y esteros, a que se refiere el artículo 11 de la Ley N° 11.402, los requisitos para su otorgamiento y los contenidos técnicos y formales necesarios para acreditar su cumplimiento, serán los que se señalan en el presente artículo.

En el Estudio o Declaración de Impacto Ambiental, según sea el caso, se deberán señalar las medidas ambientales adecuadas para la protección de cauces de ríos y esteros, y para evitar la erosión, en consideración a:

- a) La presentación de un plano general de la zona de extracción y de las actividades anexas.

- b) La identificación de las zonas a explotar y el volumen de extracción asociado.
- c) Los resultados del análisis hidrológico en el área de influencia.
- d) Los resultados del análisis hidráulico del cauce en el área de influencia.
- e) Los resultados del estudio de arrastre de sedimentos.

3.1.6. ATRIBUCIONES SERVICIOS COMPETENTES

3.1.6.1. DIRECCIÓN DE OBRAS HIDRÁULICAS

Las atribuciones en materia fluvial, señaladas en el DFL N° 850, fueron delegadas por el Director General de Obras Públicas en los Directores Regionales de Obras Hidráulicas.

DELEGACIÓN DISPUESTA MEDIANTE RESOLUCIÓN DGOP N° 333, DE 31 DE OCTUBRE DE 2000.

MATERIAS DE DEFENSAS DE RIBERAS - EXTRACCIÓN DE ÁRIDOS - DESLINDES DE CAUCES NATURALES Y MODIFICACIÓN O DESTRUCCIÓN DE OBRAS EN RIBERAS O CAUCES

- Estudio, proyección, construcción y conservación de obras de defensa de terrenos y poblaciones contra crecidas de corrientes de agua y regularización de las riberas y cauces de los ríos, lagunas y esteros.
- Supervigilancia, reglamentación y determinación de zonas prohibidas para la extracción de materiales áridos.
- Indicar los deslindes de los cauces naturales con los particulares ribereños para la dictación por el Ministerio de Bienes Nacionales del Decreto Supremo correspondiente.
- Ordenar la modificación o destrucción de las obras de defensa o cualquiera otra existente en las riberas o cauces de las corrientes naturales, si pusiera en peligro inminente poblaciones, predios u obras importantes que dificulten la regularización del curso de las aguas, sin perjuicio de facultades propias de la DGA.

Por Resolución DOH N° 1686, de fecha 09 de Abril de 2001, se crea en la Dirección de Obras Hidráulicas el Departamento de Obras Fluviales, de carácter funcional, con el objeto de asesorar al Director Nacional y a los Directores Regionales en todo lo concerniente a los temas fluviales.

Por último, por Resolución DOH N° 5631 de fecha 26 de Noviembre de 2001 se establece que el Departamento de Obras Fluviales tendrá una dependencia funcional del Subdirector de Cauces y Drenaje Urbano. A su vez, en las Direcciones Regionales de Obras Hidráulicas, el DOF tiene su símil en las Unidades de Obras Fluviales (UOF-DOH).

En la figura siguiente se muestra la posición de la DOH en el Organigrama del MOP:

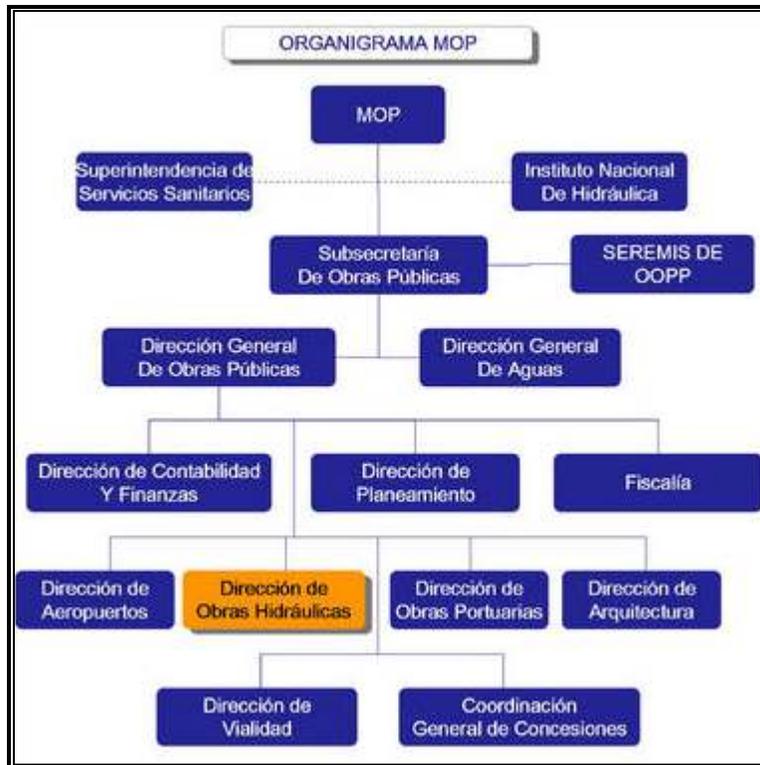


Figura N°5: DOH en Organigrama MOP

De acuerdo a la revisión de la normativa aplicable, a la Dirección Regional de Obras Hidráulicas R.M. le compete pronunciarse respecto de proyectos de extracción de áridos, cualesquiera sean los volúmenes durante su vida útil. Si el volumen de un proyecto es igual o mayor que cien mil metros cúbicos, la aprobación técnica de la DOH queda condicionada a su posterior aprobación en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, correspondiendo al Permiso Ambiental Sectorial del Artículo 89 del RSEIA.

3.1.6.2. DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

Tiene la competencia genérica que le confiere el Código de Aguas, en la policía y vigilancia de las aguas en los cauces naturales de uso público.

Por otra parte, el Artículo 171 del Código de Aguas señala: "... Cuando se trate de obras de regularización o defensa de cauces naturales, los proyectos respectivos deberán contar, además, con la aprobación del Departamento de Obras Fluviales del Ministerio de Obras Públicas²..." Lo que podría aplicar si el proyecto de extracción se orienta a la tarea regularizadora de cauces, que interesa idealmente al MOP.

² En la R.M. este servicio corresponde a la Unidad de Obras Fluviales.

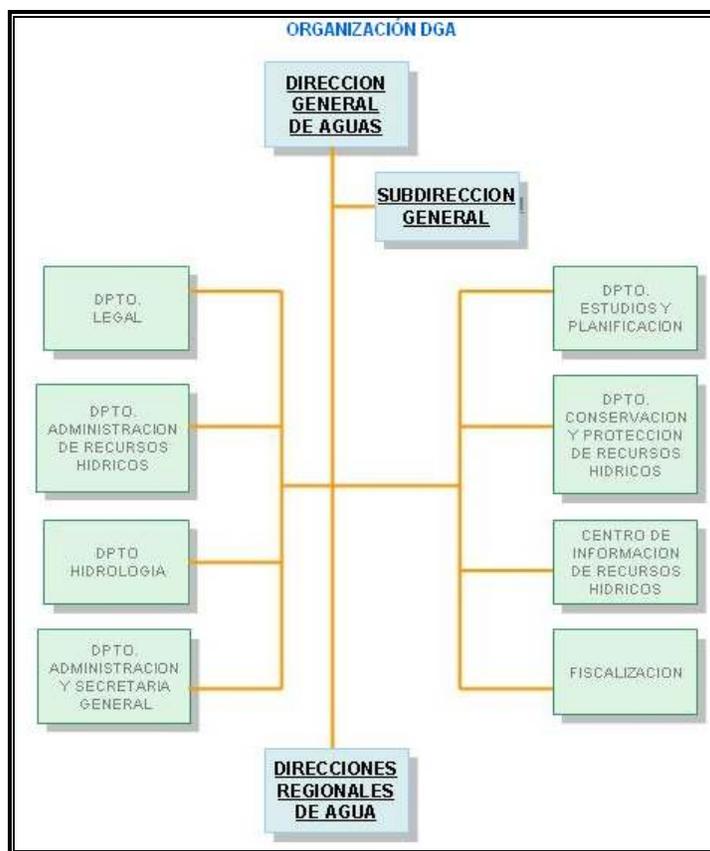


Figura N°6: Organigrama DGA

3.1.6.3. DIRECCIÓN DE VIALIDAD

En lo que respecta a esta Dirección, las otrora atribuciones del Departamento de Obras Fluviales fueron traspasadas a la DOF-DOH. Sin embargo, cabe destacar que por constituir los puentes obras viales e hidráulicas al mismo tiempo, de modo que la DV tiene competencia en puentes sobre cauces. Se extrajeron dos puntos de la Circular N°0822 del DDU-MINVU de fecha 03 de Septiembre de 1997.

- a) En relación con la materia cabe tener presente que el artículo 25 de la Ley de Caminos, en su texto actual aprobado por D.S. N°294, de 1984, de Obras Públicas, dispone que son puentes de uso público, las obras de arte construidas sobre ríos, esteros, quebradas y en pasos superiores, en los caminos públicos, o en calles o avenidas que se encuentren dentro de los límites urbanos de una población. Lo anterior define la naturaleza jurídica de los puentes, y permite concluir que, en los sectores urbanos de las comunas, todos los puentes que atraviesan ríos, esteros, quebradas o pasos superiores, tienen el carácter de puentes de uso público, sea que unan calles o avenidas declaradas caminos públicos u otras vías que no tengan este carácter.

b) En el inciso primero del artículo 17, se asigna a la Dirección de Vialidad la tarea de abordar la proyección, construcción, reparación y conservación de los caminos, puentes rurales y sus obras complementarias. Sin embargo, en lo relativo a puentes urbanos, su inciso tercero, agregado por D.S. N°169, de 1984, actual inciso quinto acorde con la modificación introducida al artículo 17 por la Ley N°19.474, dispone que a dicha Dirección le corresponde la aprobación y fiscalización del estudio, proyección y construcción de puentes y badenes urbanos en cauces naturales de corrientes de uso público.

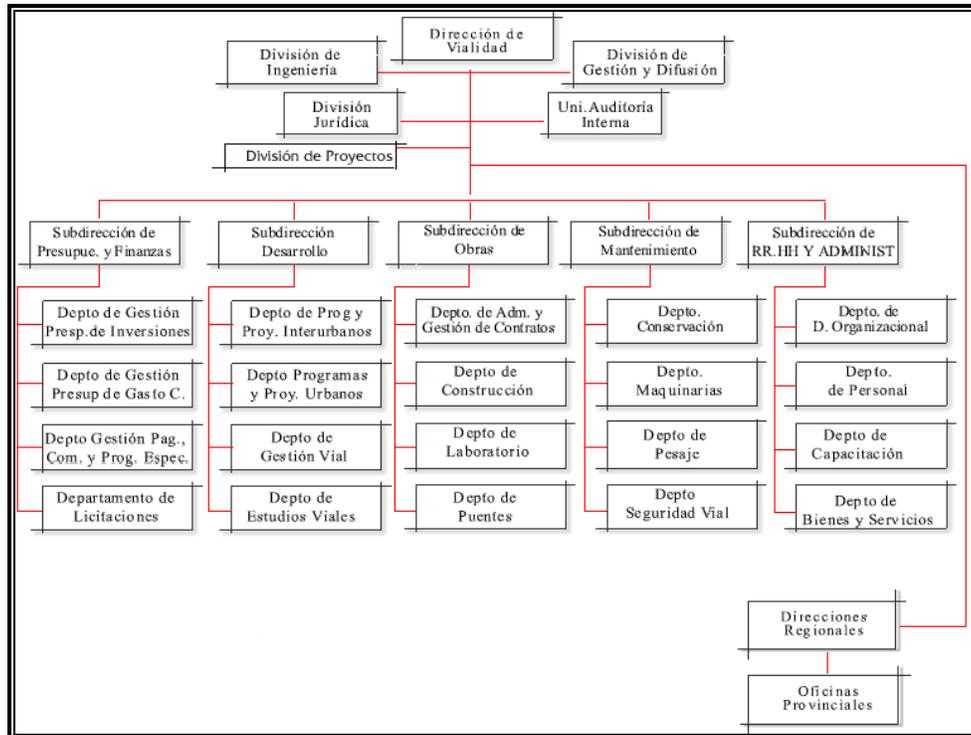


Figura N°7: Organigrama DV

3.1.7. COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

De acuerdo a la Ley 19.300, le compete administrar el sistema de evaluación de impacto ambiental a nivel nacional, coordinar el proceso de generación de las normas de calidad ambiental y determinar los programas para su cumplimiento.

Las Comisiones Regionales de Medio Ambiente, COREMAS, son comisiones que se reúnen periódicamente para coordinar la gestión ambiental de la región, como sucede con la calificación ambiental de los proyectos o actividades sometidos al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental u otras decisiones de connotación regional.

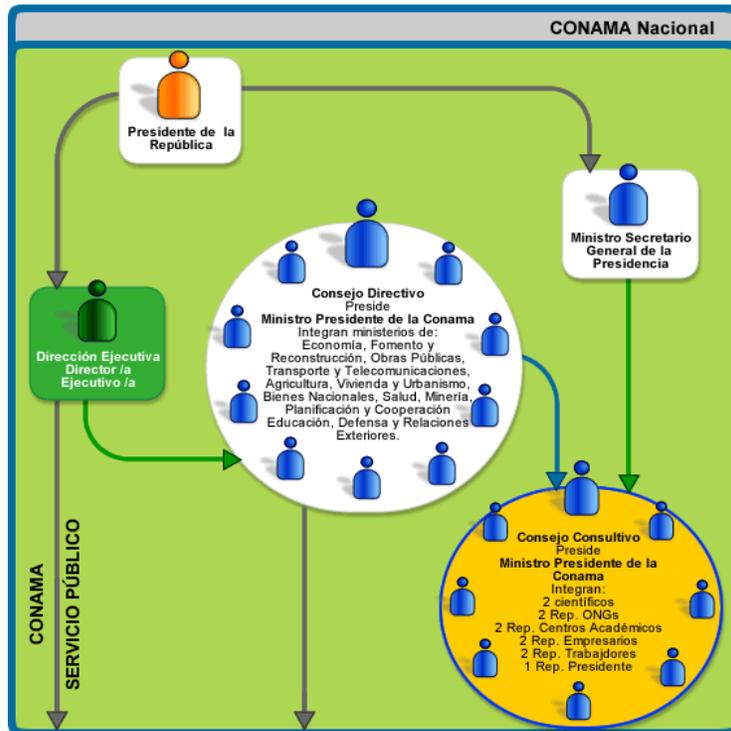


Figura N°8: Organigrama CONAMA Nacional

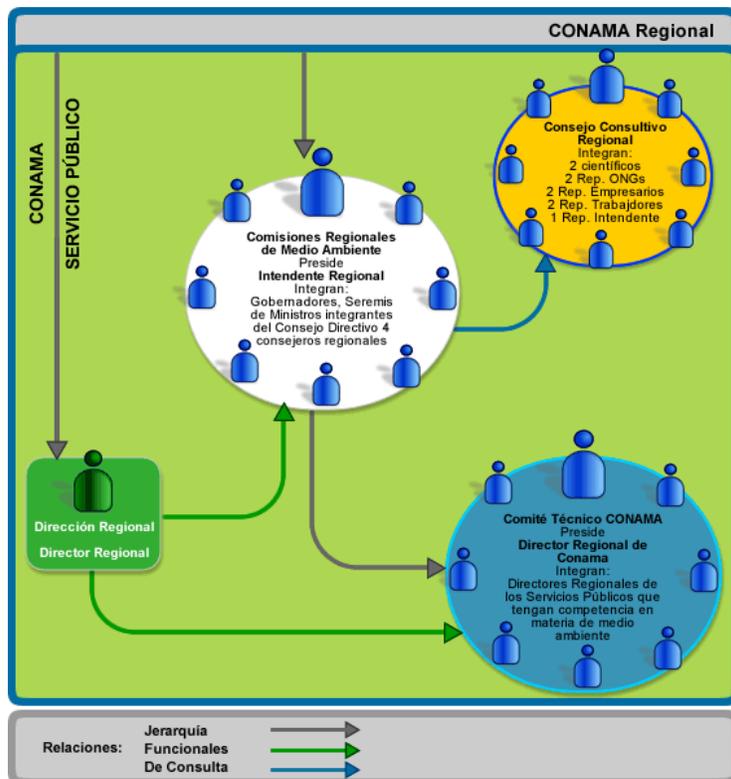


Figura N°9: Organigrama CONAMA Regional

3.1.8. ANÁLISIS DE DEBILIDADES DE LAS NORMAS

Es necesario hacer notar que en el desarrollo de la actividad subyace la condición de bien nacional de uso público para el cauce, pues a partir de ella el respectivo municipio goza de la administración sobre el suelo bien nacional y, por ende, aplica el permiso DOH indicado en el DFL N°850. Lo anterior sugiere la pertinencia de que dentro de la jurisdicción de los municipios ribereños se definan ex-ante los límites del suelo bien nacional de uso público, a fin de no inducir los problemas que en los siguientes párrafos se describen. Sin embargo, dada la naturaleza dinámica de un cauce esa definición previa favorecería un estrechamiento generalizado del cauce objeto de explotación.

Una de los problemas que salta a la vista y lo confirma la práctica en la Región Metropolitana, tiene que ver con el avance de predios ribereños sobre el cauce. La actividad no solo encauza, sino que además provoca un descenso general del lecho en extensos tramos, con lo que los caudales de períodos de retorno 5 y hasta 10 años, inclusive, quedan confinados en canales. En la mayor parte de los casos observados se producen desviaciones laterales e irregularidades en estos encauzamientos.

Por otro lado, se detectó un vacío en las materias relacionadas con la defensa y regularización de riberas, cuando son ejecutadas por el fisco o por particulares ribereños, en cuanto su diseño está asociado a períodos de retorno de 50 y 100, es decir, no hay relación con la definición entre lo que es, de acuerdo a lo que define la Ley (DS N°609, de MBN), bien nacional de uso público y propiedad privada. En este caso, habría una renuncia de facto a suelo de propiedad privada. Pero lo más llamativo y frecuente es la apropiación de suelo bien nacional de uso público por parte de propietarios ribereños, situaciones que llegan a ser groseras en la Región Metropolitana.

Un segundo elemento tiene que ver con los usos y destinos de suelos colindantes con el bien nacional de uso público. En este sentido, los instrumentos de planificación territorial, PRMS, por ejemplo, dan cuenta de ciertos avances. La naturaleza dinámica y evolutiva de los cauces, sumado al foco de controversias sobre la propiedad del suelo y la pasividad legitimadora de las autoridades repercuten en situaciones francamente inconcebibles. En este sentido, a la simple lectura de las leyes concernientes, es claro advertir la legitimación pasiva en que se sustentan casos de evidentes apropiaciones de suelo bien nacional. Entre los casos de conocimiento de este memorista, atinentes al momento, se tiene la apropiación de 135 há por parte de la Viña Concha y Toro en el sector Río Maipo aguas abajo de Cerrillo Maipo, Comuna de Buin. Las Figuras N°10 a la 13 constituyen la prueba sobre el caso aludido, de los que en la R.M. existen diversos y otros se están gestando. Para el caso del Río Colina, según lo informado por la I. Municipalidad de Colina, durante la construcción de la Autopista Los Libertadores un particular recurrió contra el MOP exigiendo la expropiación de predios que alegaba como privados. Tribunales falló a favor de la pretensión de ese particular. Revisados los fotogramas SAF históricos del sector de la controversia (inmediaciones del actual Puente San Luis), resulta evidente que la autopista ocupa en largos tramos parte del bien nacional de uso público Río Colina, por cuanto el cauce activo de éste en esa zona ocupa un promedio de 400 m de ancho; situación diametralmente distinta a la del presente, donde artificialmente tiene un ancho no superior a

50 m. Sin duda que el bien nacional de uso público concedido por los Tribunales tenía un ancho mayor que 50 m, y parcial o totalmente no procedía acoger lo pretendido e impuesto. Estas situaciones irregulares no muy frecuentes. Se explican por la falta de experticia de los asesores de la parte que defiende el bien nacional. Por ser un tema complejo en los ámbitos del Derecho y la Ingeniería, surge naturalmente la necesidad que concurren informes periciales del hidrólogo e ingeniero hidráulico. Para cerrar esta relación de hechos, debe mencionarse el caso del Río Mapocho, en las Condes y Vitacura, donde producto del erróneo planteamiento de los abogados e ingenieros del MOP, los propietarios ribereños usurparon extensas fajas de dominio público, o a lo menos fiscal. En este sentido, en relación al documento “Notas Sobre el Aluvión en el Dominio Fluvial”, del abogado José Vergara Bezanilla, publicada en Revista del Consejo de Defensa del Estado N° 6, Abril de 2002, se coincide plenamente con el trabajo de este jurista, quien, luego de un acucioso estudio de la legislación aplicable concluye: “... sea que se considere que los terrenos ganados al río conservan su condición de bienes nacionales de uso público o que se estime que se transforman en bienes fiscales o del Estado, lo cierto es que, como se ha dicho, en ningún caso acceden a los predios ribereños”.

La revisión del memorista fue más allá de lo informado en esta sección, coincidiendo, como ya se indicó, plenamente con las “Notas Sobre el Aluvión en el Dominio Fluvial. Esta declaración de adhesión es totalmente fundada, puesto que en el espíritu de las normas que definen la categoría jurídica de los cauces naturales subyace firme la “naturaleza de las cosas”, cuestión que no es ajena al ingeniero civil del área hidrología e hidráulica. En este mismo sentido, y para refrendar el juicio de este memorista, basta invocar el Código Civil, que en su Artículo 19° señala: “Cuando el sentido de la ley es claro, no se desatenderá su tenor literal, a pretexto de consultar su espíritu.”, y el sentido lo otorga el conocimiento de la naturaleza de las cosas, elemento que debe asistir a los juristas para esclarecer correctamente si un cauce es bien nacional de uso público (Art. 30° y 31 del C.A.), o bien si se trata del caso de la excepción (segundo párrafo del Art. 31, C.A.). Se revisaron, además, publicaciones del connotado abogado Alejandro Vergara Blanco, encontrándose en sus trabajos categóricamente errores garrafales, atribuibles a sus equivocados supuestos en el ámbito de la ingeniería, sobre los cuales funda sus análisis. Se adjunta un trabajo de este reconocido profesor de Derecho de Aguas de la Pontificia Universidad Católica, por el hecho que resulta preocupante para este memorista que profesionales a quienes se les considera autoridades en la materia opinen sin conocimiento, más aún cuando se trata de cuestiones tan fundamentales como el derecho de propiedad. Los errores de este profesor quedan de manifiesto al revisar su estudio “Los cauces naturales de corrientes discontinuas formadas por aguas pluviales cuyo cauce atraviesa varias propiedades ribereñas”, del Proyecto Fondecyt N°1990554, años 1999-2000. En este trabajo el profesor Vergara Blanco se contradice flagrantemente respecto de las atribuciones de los órganos de la administración del estado, que pormenoriza. Pero lo que más sorprende son sus ligeras opiniones sobre la naturaleza hidrológica de cauce aludido en su trabajo, en que además de los errores anteriormente mencionados, no acompaña informe técnico de profesional técnico que respalde sus afirmaciones. Se destaca el caso del profesor Vergara Blanco, por cuanto este tipo de errores e interpretaciones abusivas, y estimadas con autoridad, tienen consecuencias gravísimas en el mismo ámbito de discusión, por cuanto cuando operan a la inversa producen desmedros al patrimonio de la nación, como el indicado en las Figuras N°10 a la 13 y como en el caso del Río Mapocho.



Figura N°10: Fotograma, 1955 (Fuente SAF)

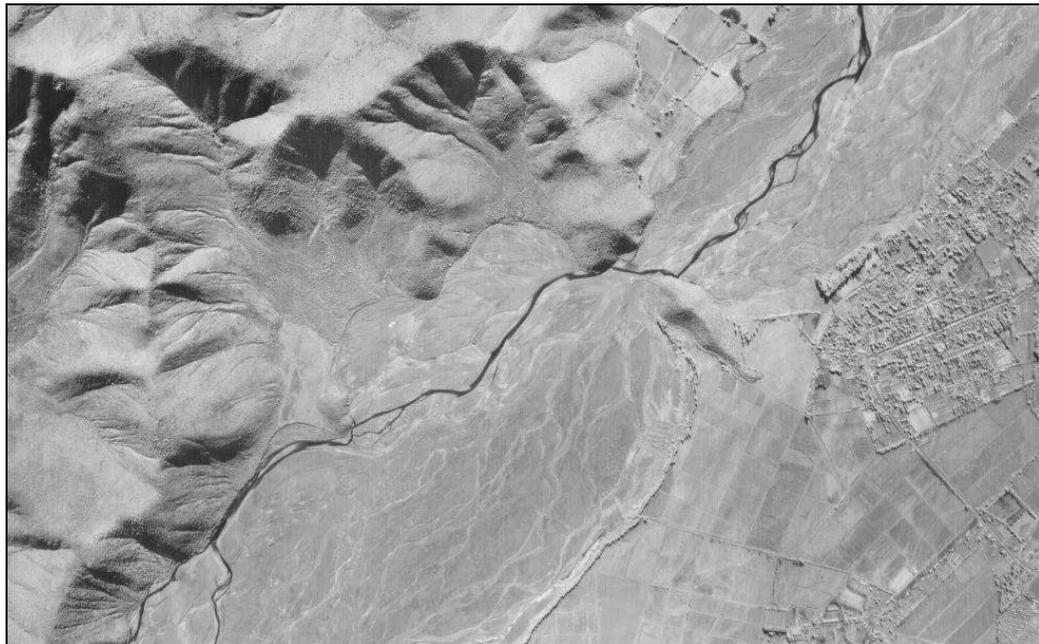


Figura N°11: Fotograma, 1978 (Fuente SAF)

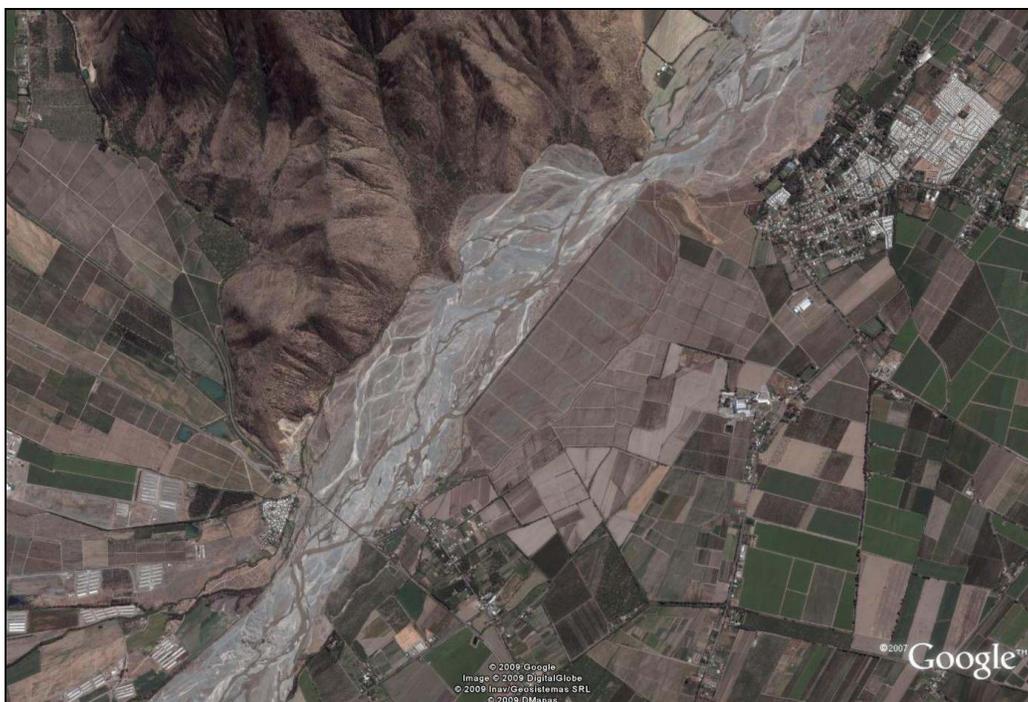


Figura N°12: Imagen Satelital (Fuente Google-Earth)



Figura N°13: Vuelo de Reconocimiento (Fuente Propia)

3.2. CARACTERIZACIÓN ESTADO DEL RÍO COLINA

Para comprender el estado actual del cauce del Río Colina, se precisa de una serie de antecedentes que aporten datos a la interpretación de los fenómenos de socavación y degradación. Esta información, a su vez, permitirá pronosticar su evolución.

3.2.1. DEFINICIÓN ÁREA DE ESTUDIO

En esta memoria se propone realizar estudios en un tramo de cauce acotado, con suficiente independencia para validar los análisis y resultados. El tramo seleccionado se extiende desde la Bocatoma del Canal Colina y el Puente Colina, 13 Km aproximadamente. Los hechos que sustentan esta decisión son los siguientes:

- a) Las explotaciones de áridos en el cauce del Río Colina quedan circunscritas a este tramo, mismo en que se ubican obras de riego e infraestructura vial que han padecido o son potencialmente vulnerables por la actividad.
- b) Aguas arriba de la Bocatoma del Canal Colina, el cauce se empina sostenidamente, siendo esta sección un punto de quiebre al abandonar el cauce el cajón cordillerano. Por lo mismo, dicha zona no presenta lecho fluvial, sino depósitos efímeros de clastos, bolones y rocas de enorme tamaño. Por debajo de esos materiales, el fondo del cauce es roca viva.
- c) Aguas abajo del Puente Colina, el cauce no presenta efectos directos asociados a las extracciones masivas aguas arriba. Entre los puentes Colina y San Luis aparecen estratos de materiales cohesivos firmemente consolidados, los cuales no permitieron que la extracción de áridos continuara hasta el Puente Colina. Con respecto al Puente San Luis de Colina, la extracción se detuvo a 1.800 m aguas abajo de éste.

3.2.1.1. CATASTRO INFRAESTRUCTURA EXISTENTE EN EL TRAMO SELECCIONADO

Desde aguas abajo hacia aguas arriba, se tienen diversas obras necesarias de considerar en el análisis. Al mismo tiempo, estas obras definen subtramos que servirán de apoyo al diagnóstico del estado del cauce. Las obras principales son:

- **Puente Colina:** Obra que define el límite de aguas abajo del tramo en estudio. Corresponde a un puente de vialidad, perteneciente a la antigua Carretera General San Martín.
- **Puente San Luis de Colina:** Puente que conecta el área urbana de Colina con la localidad de Santa Filomena y con la Autopista Los Libertadores.
- **Defensas Fluviales:** Se refiere con esta denominación a los acorazamientos ribereños construidos por el MOP y a los espigones de Anglo-American que protegen el sistema de mineroductos paralelos al Río Colina.

- **Puente Esmeralda:** Puente de la Autopista Los Libertadores, inserto en la localidad del mismo nombre.
- **Cruce Aéreo Canal Colina:** Obra de riego consistente en una canoa aérea de H.A. de 100 m de luz, dividida en 4 vanos de 20 m c/u y 2 vanos de 10 m c/u. El cruce se soporta en 2 estribos y 5 pilotes. Su objetivo es transportar un caudal de 2 m³/s. Esta obra se diseñó para reemplazar el Sifón El Molino, que sufrió daños severos producto de la extracción de áridos. Se construyó durante el período de realización de esta memoria y se puso en operación a fines de Octubre 2008. El memorista participó en el diseño y tramitación DGA de esta obra.
- **Badén Peldehue:** Acopio precario de material fluvial, dispuesto transversalmente el cauce para acceder a un pequeño asentamiento humano presente en el margen izquierdo del Río Colina.
- **Sifón Peldehue:** Atraveso de una tubería de 80 cm de diámetro frente al Camping Carbajalino. Transporta aguas derivadas desde el Canal Colina, el cual bordea los cerros del lado izquierdo.
- **Bocatoma Canal Colina:** Obra en H.A., emplazada a la salida del cajón cordillerano, donde es posible obstruir la sección de escurrimiento para lograr una captación eficiente, según la época del año. Esta bocatoma sirve derechos por un total de 3 m³/s de la Asociación de Canalistas del Río Colina.

3.2.1.2. SECTORIZACIÓN

La existencia de las obras anteriormente descritas sugiere naturalmente la subdivisión del tramo estudiado. Para efectos meramente prácticos, se fija la referencia en la sección del Puente Colina, de lo que se obtiene la sectorización que sigue:

Tabla N°1: Sectorización Tramo Río Colina en Estudio

TRAMO	Desde (Km)	Hasta (Km)	Longitud (m)	Observaciones
1	0+000	3+350	3350	Inicio en Puente Colina
2	3+350	6+700	3350	
3	6+700	7+550	850	
4	7+550	9+000	1450	
5	9+000	11+100	2100	
6	11+100	12+700	1600	Término en Bocatoma

3.2.2. ANTECEDENTES TOPOGRÁFICOS

Esta información es imprescindible para caracterizar la cuenca y la geometría del tramo de cauce seleccionado. Entre los antecedentes recopilados se cuenta con:

- Cartas IGM: Topografía y cartografía de la cuenca del Río Colina, desde su nacimiento hasta su confluencia con el Estero Lampa.
- Aerofotogrametría Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del Estero Lampa: Topografía y cartografía de la cuenca del Río Colina, desde su nacimiento hasta su confluencia con el Estero Lampa. Equidistancia de las curvas de nivel es de 2 m. Año 2004.
- Levantamiento Topográfico Local: Topografía del cauce de Río Colina, desde Bocatoma Canal Colina hasta Puente Esmeralda. Equidistancia de las curvas de nivel es de 1 m. Año 2006.
- Levantamientos Topográficos Antiguos: Se dispone de levantamientos locales entre los cuales se cuentan un levantamiento en torno al Cruce Aéreo Canal Colina, del año 2003; y levantamientos que abarcan los Tramo 4 y 5, también del año 2003.

3.2.3. ANTECEDENTES FÍSIOGRÁFICOS

Es relevante conocer la influencia del relieve sobre la respuesta hidrológica de la cuenca, lo que incidirá en las velocidades de escurrimiento, tiempo de concentración, rendimiento, etc. En lo que sigue se presentan los principales resultados obtenidos para este objeto:

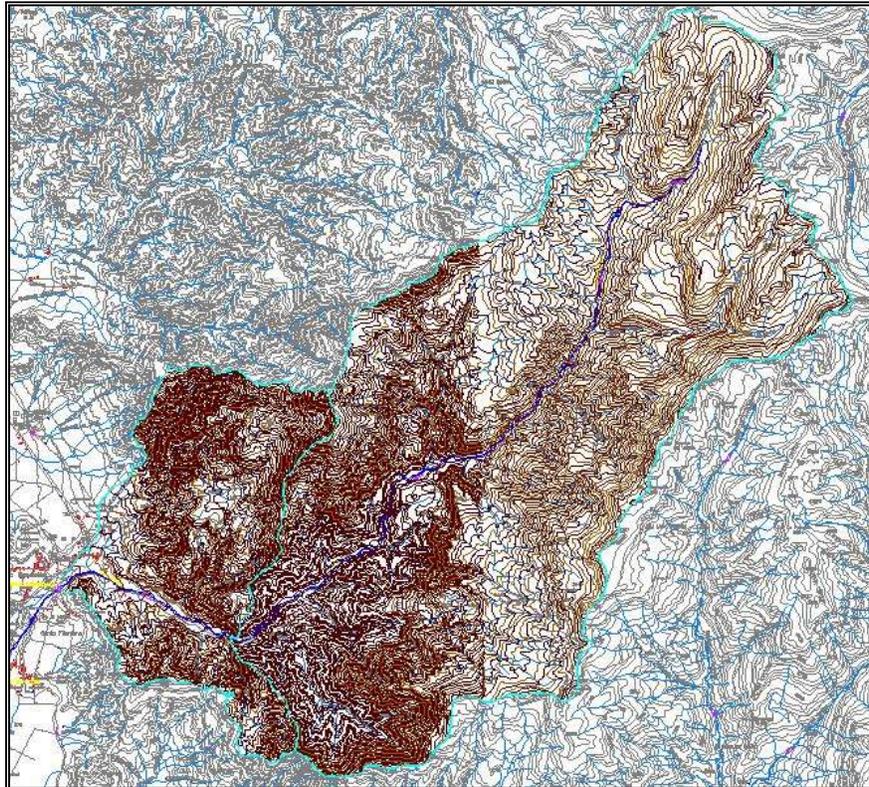


Figura N°14: Cuenca del Río Colina (Baja y Alta)

En este estudio, se ha dividido la cuenca tributaria del Río Colina al tramo de estudio en 2 subcuencas, en que se ha hecho la separación en base a su régimen hidrológico, topografía y tipos de suelo, y para manejar por separado la información de la Estación Fluviométrica Río Colina en Peldehue. Por lo tanto, las cuencas están definidas por las siguientes secciones de salida:

3.2.3.1. CUENCA RÍO COLINA ALTO

Definido por la sección de la Estación Fluviométrica Río Colina en Peldehue. La superficie máxima bordea los 228 Km². Su curva hipsométrica se presenta en la siguiente figura:

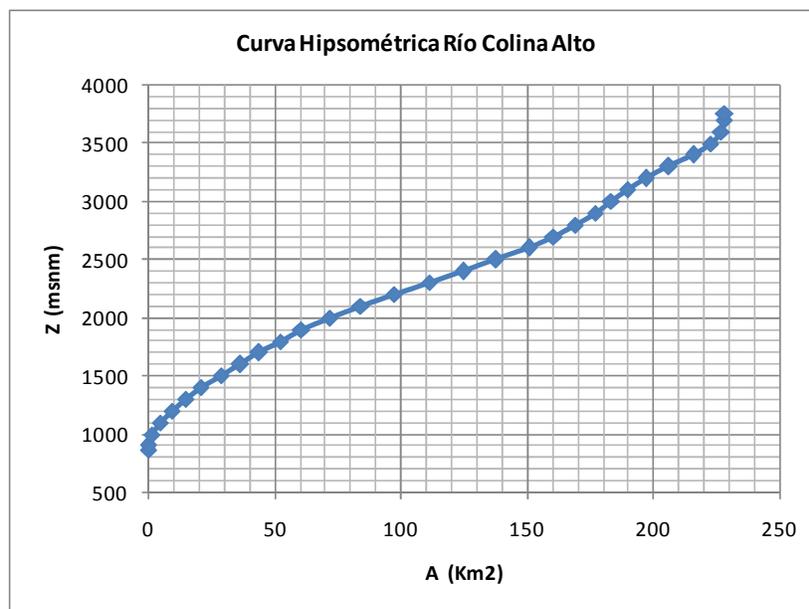


Figura N°15: Curva Hipsométrica Cuenca Río Colina Alto

3.2.3.2. CUENCA RÍO COLINA BAJO

Su sección de salida coincide con el Puente Esmeralda de la Autopista Los Libertadores. El límite superior de esta cuenca corresponde a la divisoria de aguas inferior de la Cuenca Río Colina Alto. Su superficie alcanza 58 Km². Asimismo, su curva hipsométrica representa una cuenca con pendiente moderadas a bajas:

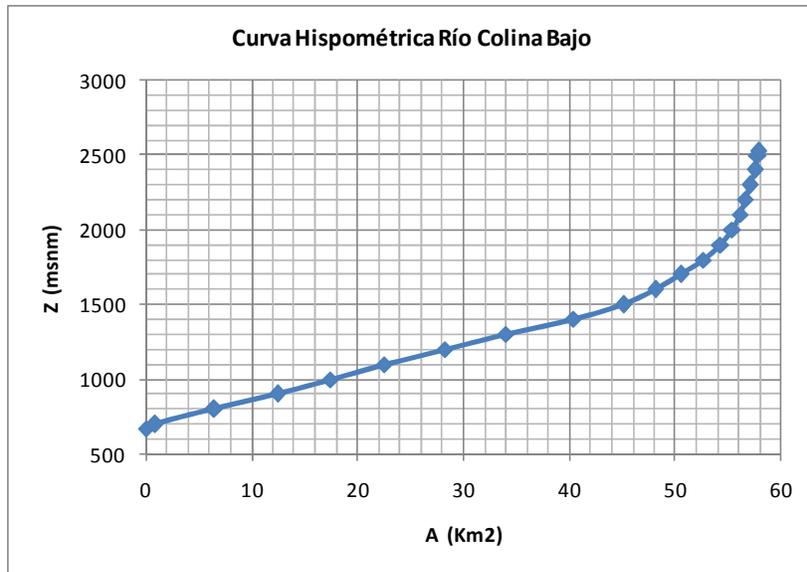


Figura N°16: Curva Hipsométrica Cuenca Río Colina Alto

Se agrega, para una mejor comprensión, el Perfil Longitudinal del Río Colina, desde su intersección con la Ruta 5 hasta las inmediaciones de la Bocatoma Canal Colina. Como referencia, el Puente Colina se ubica aproximadamente a 7 Km de la Ruta 5.

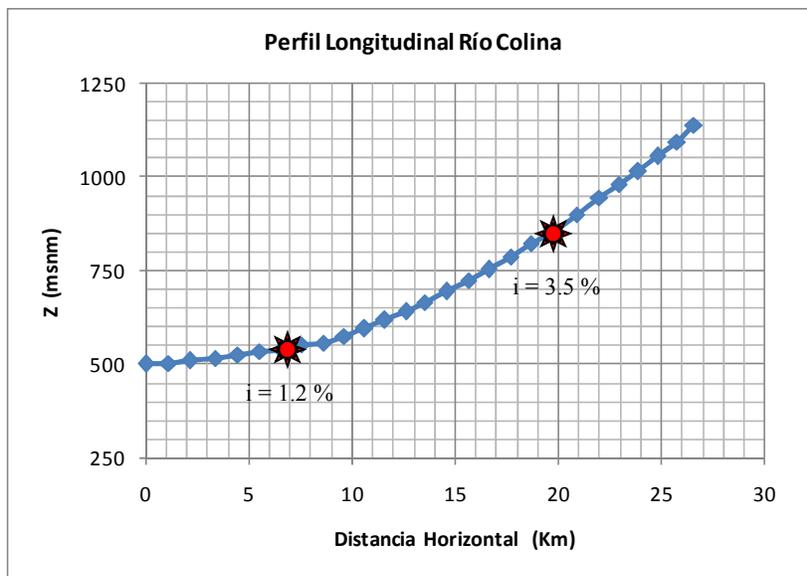


Figura N°17: Perfil Longitudinal Río Colina en Tramo de Estudio

3.2.4. ANTECEDENTES GRANULOMÉTRICOS

Estos antecedentes son necesarios para conocer la mecánica fluvial. Se dispone de curvas granulométricas integrales confeccionadas por el DICTUC en el año 2007. La sección de

muestreo se ubica a 880 m aguas arriba del Puente Esmeralda. En esta memoria se ejecuta una campaña calicatas y ensayos de granulometría.

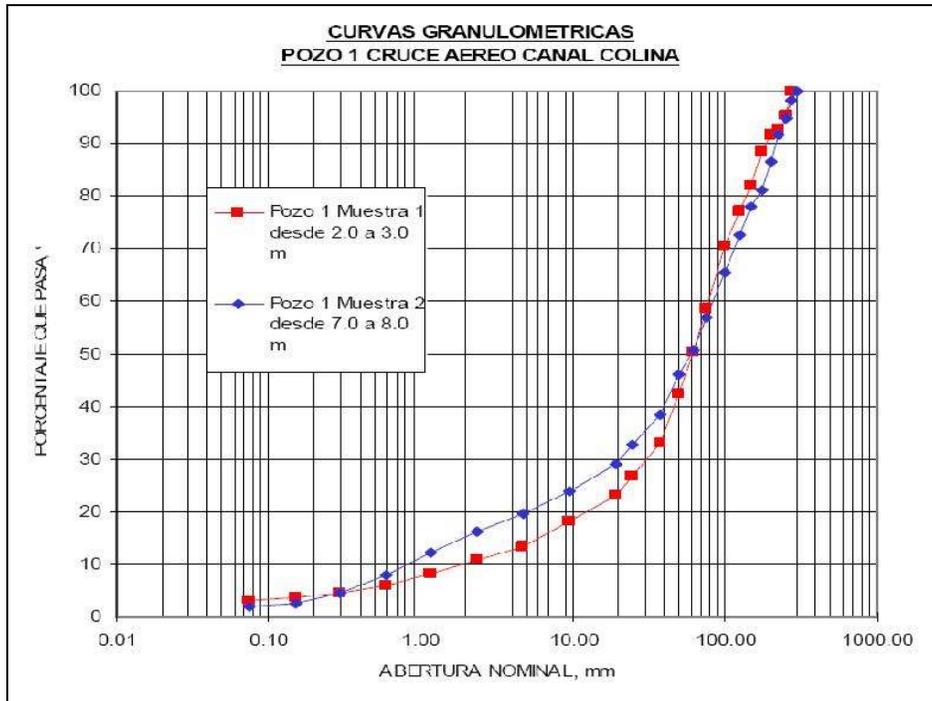


Figura N°18: Perfil Longitudinal

3.2.5. ANTECEDENTES HIDROLÓGICOS

Se presentan las estadísticas de la Estación Fluviométrica Río Colina en Peldehue, representativa de la Cuenca Río Colina Alto, la cual aporta la mayor escorrentía a la zona de estudio. Esta información se obtuvo de la Dirección General de Aguas. A priori, se destacan los eventos más significativos del período con estadísticas disponibles.

Tabla N°2: Estadísticas Estación Fluviométrica Río Colina en Peldehue

SERIE ANUAL DE CAUDALES MEDIOS DIARIOS MÁXIMOS					
SERIE ANUAL DE CAUDALES INSTANTÁNEOS MÁXIMOS					
Registro N°	AÑO	Q _{MDM} (m ³ /s)	MES	Q _{IM} (m ³ /s)	MES
1	1980	3.85	11	4.12	11
2	1981	2.91	5	5.80	5
3	1982	64.60	6	113.00	6
4	1983	11.70	1	17.10	10
5	1984	12.70	10	24.42	10
6	1985	3.72	1	3.99	1
7	1986	110.00	6	211.72	6
8	1987	69.30	7	121.52	7
9	1988	7.94	1	8.43	1
10	1989	6.17	11	7.08	11
11	1990	1.96	1	3.37	8
12	1991	23.00	7	85.43	7
13	1992	9.70	5	30.53	5
14	1993	45.10	5	188.32	5
15	1994	4.37	11	8.17	7
16	1995	2.59	11	2.87	11
17	1996	3.49	1	4.02	1
18	1997	25.00	6	88.28	6
19	1998	5.80	1	6.44	1
20	1999	3.29	10	3.71	10
21	2000	79.80	6	130.52	6
22	2001	8.24	7	33.38	7
23	2002	38.80	6	97.36	6
24	2003	6.02	1	6.27	1
25	2004	11.20	11	16.80	11
26	2005	29.40	8	71.81	6
27	2006	9.16	7	18.53	7
28	2007	3.32	11	4.02	11

3.2.6. VOLÚMENES EXPLOTADOS

Con la información topográfica disponible, se cubicó el volumen geométrico de áridos removidos por las extracciones de áridos históricas, basándose en información aportada por baquianos respecto de las cotas originales del cauce, la revisión de fotogramas SAF y por la observación de los cortes ribereños. Los resultados se muestran en el cuadro siguiente:

Tabla N°3: Volúmenes de Áridos Extraídos

TRAMO	L (m)	B _m (m)	H _m (m)	Volumen (m ³)	Observaciones
1	1800	45	5	405000	Parcialmente Explotado
2	3350	35	5	586250	
3	850	50	4	170000	
4	1450	120	3	522000	
5	2100	100	3	630000	
6	1600	80	3	384000	

$$\Sigma \text{ Volúmenes} = 2.697.250 \text{ m}^3$$

3.2.7. DESCRIPCIÓN DEL TRAMO DE CAUCE EN ESTUDIO

3.2.7.1. TRAMO 1: Km 0+000 a Km 3+350

Este corresponde al primer tramo de la sectorización, desde aguas abajo hacia aguas arriba. Se inicia en la sección del Puente Colina y termina en el Puente San Luis. Caracteriza a este tramo el afloramiento de un estrato de sedimento fino con presencia de gravas y arenas, que lo hacen resistente a la erosión. Este estrato, que conviene precisar posteriormente, aparece al medio del tramo. Con seguridad, ello motivó que las extracciones de áridos no se ejecutaran hacia aguas abajo.

La zona de extracción se desarrolla 1,8 Km aguas abajo de Puente San Luis, marcando exactamente el límite inferior de las extracciones de áridos en este cauce. Producto de la presencia de sedimentos finos, como ya se mencionó, hacia Puente Colina el cauce se presenta estrecho. Se advierte una forma de “U” marcada incluso al cruzar la Ruta 5, donde comienza a transitar a la llanura. Esta forma de U en el valle puede deberse a que la erosión prefirió el fondo y por los encauzamientos que particulares ribereños o el fisco han ejecutado para evitar inundaciones. En este tramo la explotación profundizó el cauce 4 a 5 m y generó un cauce de ancho promedio 45 m.

Al encontrarse con el Puente San Luis el cauce tiene su mayor ancho, con 60 m.

El cauce se presente bastante degradado, sus bordes son verticales. En el sector existen sindicatos areneros artesanales que continúan explotando arenas. Si bien, los volúmenes que remueven son bajos, sin duda aumentan la erosión del sector, sobretodo en los pies de cauce y contribuyen al fenómeno de erosión retrógrada.

A la altura del Km 2+250 se tiene la mayor constricción provocada por la escisión del cauce, alcanzando 15 m de ancho. En este tramo, por la consolidación de los estratos emergentes, se estima factible la proyección de una barrera o sistema de barreras para recuperar las cotas del lecho.

3.2.7.2. TRAMO 2: Km 3+350 a Km 6+700

Este es el segundo tramo más sobreexplotado. Se inicia en la sección del Puente San Luis y termina en el Puente Esmeralda. En sus 3.350 m de longitud este tramo fue encauzado de por las extracciones de áridos que abastecieron la Autopista Los Libertadores. Sus anchos varían desde los 30 a 50 m, con un promedio de 35 m. El desnivel provocado fue de 4 a 5 m. Este es un tramo de alta pendiente, 2%, en que se manifiesta claramente la capacidad erosiva de las aguas del Río Colina. Los bordes fueron enrocados por el MOP por ambos lados, lo que significó una enorme inversión, del orden de UF 70.000.- Esta inversión, ejecutada a fines de la década pasada y principios de la presente padecen hoy deterioro en aumento producto del déficit de sedimentos y de la erosión retrógrada.

En este sector llama notablemente la atención una extracción ejecutada inmediatamente aguas arriba del Puente San Luis, que significó que las fundaciones de los enrocados quedaran colgadas, como se puede apreciar en el Anexo Fotográfico. Según la DOM de Colina, esa explotación fue autorizada por el MOP en el año 2001 para un trabajo fiscal. El Puente San Luis que, al igual que los enrocados, se proyectó considerando la situación profundizada del cauce, resistió eficientemente ese menoscabo, aunque se debió reparar en una oportunidad el estribo derecho.

En el tramo medio se observa que las fundaciones de los enrocados nuevamente aparecen al desnudo, por lo que se precisa su reparación urgentemente, ya que están al borde del derrumbe. El déficit de sedimentos es irreversible de no mediar la construcción de barreras aguas abajo.

Hacia el Puente Esmeralda, sólo la ribera derecha tiene enrocados y el cauce se estrecha. La erosión ataca persistentemente las riberas, las que muestran cortes verticales en el fluvial. En este tramo existe un camino de tierra trazado en forma paralela al cauce del Río Colina por la ribera derecha, el cual conecta los puentes San Luis y Esmeralda.

3.2.7.3. TRAMO 3: Km 6+700 a Km 7+550

Se inicia en la sección del Puente Esmeralda de la Autopista Los Libertadores y termina en la sección del Sifón El Molino. El Puente Esmeralda también se diseñó asumiendo la condición excavada del cauce, si bien al presente la socavación progresa en sus zapatas.

Este tramo se ubica en la zona de máxima curvatura del Río Colina, sector en que antiguamente el río desbordaba hacia la localidad de Esmeralda. En esa curva existen enrocados fiscales que por el descenso del lecho dejaron de trabajar. Asimismo, aparece el mineroducto de la empresa Anglo-American, el cual prosigue hasta el tranque de relaves “Las Tórtolas”.

En el extremo superior de este tramo se ubicaba el Sifón El Molino, el cual fue reemplazado por el proyecto “Cruce Aéreo Canal Colina”. Este canal cruza 2 de los 3 m³/s que capta la Asociación de Canalistas del Río Colina.

Caracteriza a este tramo el hecho que la erosión retrógrada fue contenida con la presencia del Sifón El Molino, lo que traía consigo la concentración del cauce en un canal profundo que principiaba al pie del sifón, en su lado izquierdo. La socavación se detuvo temporalmente por la construcción del Cruce Aéreo Canal Colina y el encauzamiento local aplicado. La socavación llegó a 11 m después de la crecida de Junio 2005. Se adjuntan fotos en diferentes períodos.

Se visualiza que empeoró el problema de erosión retrógrada la extracción de áridos 200 m aguas abajo del sifón, en forma diseminada e irregular.

Es necesario reiterar que la presencia del Sifón El Molino impidió la propagación de la erosión retrógrada hacia aguas arriba, pero sólo hasta la cota de su clave, puesto que la socavación generalizada ha actuado aguas arriba de este tramo, lo que se ve agravada por el déficit sedimentológico.

3.2.7.4. TRAMO 4: Km 7+750 a Km 9+000

Se inicia en la sección del Sifón El Molino y termina en el Badén Peldehue. El cauce retoma un curso recto. En forma paralela al río se extiende el mineroducto de la empresa Anglo-American, el cual está reforzado con un cordón longitudinal de bolones enterrados y espigones de rocas del mismo sector que cumplían antaño la misión de desviar las crecidas hacia el cauce en caso de desbordes.

En este tramo la explotación ha sido en exceso indiscriminada, con corte de riberas inclusive y profundidades de 4 a 5 m. La extracción abarca hasta 120 m de ancho. Las empresas permisionarias han dejado en los bordes del cauce los bolones descartados del proceso productivo. Se aprecian severos daños en la estabilidad de la ribera izquierda.

El tramo tiene su límite por aguas arriba en el Badén Peldehue, obra de paso precaria que es ocupada por un reducido número de familias. Este badén es reconstruido casi todos los años del mismo material fluvial del lecho. Los caudales de estiaje, cuando se producen, atraviesan el badén mediante tubos corrugados de acero.

3.2.7.5. TRAMO 5: Km 9+000 a Km 11+100

Se desarrolla entre la sección del Badén Peldehue y la sección del Sifón Peldehue. Ese tramo también ha sido explotado indiscriminadamente, pero ha experimentado retención de material de arrastre, lo que es favorecido por la obstrucción transversal del badén.

En este sector del río, las empresas permisionarias han acordonado material fluvial integral y de rechazo en el borde derecho, lo que implica un encauzamiento artificial del río.

La capacidad de arrastre y el potencial erosivo del río viene en aumento a medida que está próxima la bocatoma. En este tramo se producen importantes erosiones. El Sifón Peldehue no padece compromiso latente, si bien en el Invierno 2005 fue descalzado, según se registra en archivo fotográfico que se anexa a esta memoria.

3.2.7.6. TRAMO 5: Km 11+100 a Km 12+700

Este tramo corresponde al último del tramo total de estudio. Se inicia en la sección del Sifón Peldehue y termina en la sección de la Bocatoma del Canal Colina. La bocatoma deriva las aguas hacia un túnel en el cerro ubicado a la izquierda del cauce. El Canal Colina se desarrolla siempre por los cerros del margen izquierdo, alejándose del cauce.

La bocatoma se ubica en una sección de máximo estrechamiento y marca precisamente la salida de la cuenca cordillerana. Unos 50 m aguas arriba se encuentra la Estación Fluviométrica Río Colina en Peldehue. Este tramo transiciona las altas pendientes del cauce cordillerano con el valle cuaternario. Las pendientes, que vienen de 0,2 m/m pasan abruptamente a 0,04 m/m, por lo que este tramo es altamente erosivo. Alivia esta condición el hecho que el cauce se expande desde un ancho de 20 a 100 m en solo 300 m de longitud.

3.2.8. ANÁLISIS DE LOS PROBLEMAS PRESENTADOS

Con los antecedentes básicos proporcionados en esta sección es posible explicar la naturaleza hidrológica y la dinámica hidráulica del cauce, y conocer cómo éstos han hecho progresar los problemas de erosión en el cauce.

El Río Colina en su tramo alto, corresponde a una cuenca cordillerana de régimen hidrológico nivo-pluvial, con altos rendimientos durante precipitaciones. Observando su curva hipsométrica, se aprecia una notable influencia de la altura de la Isoterma 0°C, por cuanto en el rango de variación de 1.800 a 3.000 msnm, el tamaño de la cuenca pluvial aportante aumenta en un 250 %, hecho que explica los altos rendimientos de esta cuenca; que probablemente no son registrados correctamente por la estación fluviométrica (limnimétrica). Por otra parte, durante la mayor parte de año, los caudales son mínimos. En la práctica, en general, cuando los caudales no se infiltran en el lecho del cauce son captados por la Bocatoma del Canal Colina, presentándose el cauce seco casi

todo el año. Esta condición produce el siguiente efecto: que el Río Colina transporta principalmente gravas, arenas y otros materiales finos, los que son removidos violentamente durante las crecidas pluviales. Sólo crecidas pluviales de gran magnitud, superiores a 50 m³/s, según se estima, son capaces de transportar clastos y bolones. Es decir, en el corto plazo, la renovación de integrales constitutivos del lecho no se produce, lo que agrava el desbalance sedimentológico.

Se debe subrayar que la presencia de la Bocatoma del Canal Colina, que data de a lo menos 100 años, ha impuesto una fuerte alteración en el régimen natural de este cauce, a lo menos en el tramo en estudio.

En el Perfil Longitudinal del Río Colina, que abarca desde la sección del río en el cruce con la Ruta 5 hasta la Cota 1.150 msnm, que representa 600 m de desnivel, se aprecia que la explotación del Río Colina se realizó en un tramo que corresponde a una zona de transición entre la alta montaña y la llanura, en que las pendientes varían de 0,04 a 0,01 m/m. En este tramo se desarrollan depósitos fluviales, pero las capacidades erosiva y de arrastre son notablemente altas, disminuyendo gradualmente hacia aguas abajo.

Las extracciones de áridos en el Río Colina principian en la década de los 80's con motivo de las primeras urbanizaciones, siendo en toda esa década de carácter menor. A partir de los 90's comienza una demanda intensiva y extensiva sobre el Río Colina. La construcción experimenta un notable auge en Chicureo, lo que va de la mano de la necesidad de contar con accesos viales que demandan base, sub-base o estabilizados para rellenos. Entre 1997 y 2001 se construyó la Autopista Los Libertadores, obra que demandó del orden de 500.000 m³ de áridos del Río Colina, según estimación del memorista. En general, a partir de 1997 la demanda se vuelve explosiva hasta 2005.

Todas las extracciones de áridos ejecutadas en el Río Colina se ejecutaron mediante autorización técnica de la DOH, como proposiciones aisladas, acogidas bajo la modalidad de permisos inferiores a 100.000 m³, es decir, sin participación del SEIA-CONAMA, que empieza a operar a partir del 2001. Esto se tradujo en enfoques parciales de proyectos y exentos de responsabilidad sobre el cauce en su integridad. Algunas empresas operaron en forma clandestina y en otros casos sin el menor apego a lo declarado en sus respectivos proyectos aprobados. Tanto es así que hubieron empresas que extrajeron áridos entre el Puente Esmeralda y el Sifón El Molino; o aguas arriba del Puente San Luis, tramos de enrocados fiscales, situaciones aberrantes, sin que nadie hasta hoy dé alguna explicación.

A modo de resumen, la situación anterior al año 2005 forzó al cauce del Río Colina a descender 4 a 5 metros frente al área urbana de Colina y a definir un cauce con taludes prácticamente verticales, situación que el MOP asumió y motivó la construcción de los enrocados ribereños que existen hoy frente al área urbana de Colina. Este efecto, sumado a las extracciones diseminadas aguas arriba del Sifón El Molino, provocó el avance de erosión por retroceso, la cual fue frenada por la presencia de esta última obra.



Figura N°19: Estado Sifón El Molino, Fotografía Crecida Mayo 2008

Según mediciones efectuadas en este trabajo, las socavaciones al pie del Sifón El Molino han alcanzado los 11 m. El efecto de las erosiones aguas abajo del Sifón El Molino quedan claramente manifiestas en la Figura N°19. A partir de la sección de la fotografía se iniciaba el canal profundo mostrado en la Figura N°4. Si bien el efecto de erosión sobre un pie sin protección es de considerar en estas enormes socavaciones, es evidente que el proceso de erosión retrógrada encontró un equilibrio temporal con la presencia del sifón.

Respecto a las fechas en que ocurrieron las extracciones, éstas no pueden detallarse, pero sí el resultado global. En una etapa más avanzada de este trabajo se procurará hallar los nombres de las empresas responsables y los volúmenes que se les debe imputar. Se recalca que dos extracciones llaman la atención por lo imprudentes y por sus efectos nefastos sobre obras de gran inversión o repercusión social, como son los enrocados fiscales y el Sifón El Molino, respectivamente.

Para efectos de visualizar la evolución del estado del cauce, tomaremos como referencia, de acuerdo a lo expuesto, el período que va desde el año 1991 al presente.

Las crecidas más significativas en el período seleccionado son las correspondientes a los años 1991, 1993, 1997, 2000, 2002 y 2005, cuyas magnitudes se muestran en el punto 3.2.5. El caudal peak del año 1993, con $188 \text{ m}^3/\text{s}$, provocó una condición antecedente de altísimo arrastre. Los próximos peaks de considerar son de los años 2000 y 2002, con 131 y $98 \text{ m}^3/\text{s}$, respectivamente. El 2000 el cauce se encontraba prácticamente en el estado actual. Entre 2000 y 2002 se produce el deterioro declarado del Sifón El Molino, período que coincide con el de la extracción clandestina e irresponsable que alcanzó 170.000 m^3 entre Puente Esmeralda y dicho sifón. La crecida de Junio 2002, la crecida de Junio repercute en el colapso definitivo del Sifón El Molino, el cual se ha soportado hasta el presente

exclusivamente por la cohesión del suelo y por las tensiones congeladas, las que no han sido desactivadas por la baja intensidad de los sismos desde el 2002 en adelante.

Con posterioridad al 2002, las extracciones han ido acrecentándose, especialmente aguas arriba del Sifón El Molino. Producto de las extracciones masivas entre Puente San Luis de Colina y Puente San Luis, la DOH no otorgó nuevas aprobaciones en este tramo, lo cual ha sido ratificado por la I. Municipalidad de Colina. Pese a lo anterior, la empresa CONOVIA Ltda. continuó las explotaciones en esa zona. A partir del 2005 la DOH acrecienta su fiscalización y prohíbe toda extracción desde Puente San Luis hacia aguas arriba, medida que es parcialmente acatada por las empresas Áridos Quintay S.A. y CONOVIA Ltda. Se estima que entre esas dos empresas extrajeron la cantidad de 300.000 m³ en los Tramos 4, 5 y 6 de la sectorización efectuada para esta memoria, desde el 2005 a la fecha,. Aguas arriba del Puente Esmeralda el cauce se halla degradado, siendo el principal responsable la empresa CONOVIA por sus groseras e intensivas extracciones en el Tramo 4. Por su parte, Áridos Quintay también depredó el río, pero en forma extensiva.

A la fecha, ninguna empresa extrae materiales desde el cauce del Río Colina, situación que no se puede garantizar en el futuro, pues como es sabido en la práctica frente a condiciones de incertidumbre y necesidad de abastecimiento prolifera la actividad clandestina.

Hoy, la Municipalidad de Colina se encuentra en preparativos para concesionar el tramo aguas arriba del Puente Esmeralda. Para estos efectos, en base a los resultados de esta memoria se fundará el “Plan de Regularización y Extracción de Áridos del Río Colina”, proyecto piloto que propondrá un perfil tipo de encauzamiento, el aprovechamiento de áridos remanentes y la construcción de obras civiles para proteger los puentes, el Sifón Peldehue y el Cruce Aéreo Canal Colina.

3.2.9. CONCLUSIONES

El Río Colina en el sector comprendido entre la Bocatoma del Canal Colina y el Puente Colina se manifiesta como un cauce altamente erosivo. Su capacidad de transporte se considera alta, cuyas magnitudes se calculan en esta memoria. Sin embargo, es de notar que su naturaleza hidrológica lo sitúa como un cauce no apto para explotaciones sustentables en el mediano y largo plazo, puesto que los aportes de sedimentos están supeditados a la disponibilidad de éstos para ser acarreados y, tomando en cuenta que la mayor parte del año los caudales son exiguos, transportan exclusivamente materiales finos, en el rango de las arenas (2 mm) e inferiores, se tiene una mala renovación. Por otra parte, cuando ocurren caudales de invierno de gran magnitud, el río arrasa con los materiales finos depositados por largos períodos de estiaje. Los depósitos de material fluvial están asociados a procesos de largo plazo, que escapan a la escala de tiempo del observador humano.

Al analizar la información reunida, es posible explicar la falla del Sifón El Molino y la vulnerabilidad de los enrocados fiscales frente a Colina. Las violentas crecidas pluviales del Río Colina se correlacionan con esos eventos de falla.

3.3. ESTUDIO HIDROLÓGICO

En el presente capítulo se aborda el estudio de crecidas del Río Colina, enfocado al período pluvial Abril-Septiembre. Las variables a determinar fueron los Caudales Instantáneos Máximos y Caudales Medios Diarios Máximos.

3.3.1. ANTECEDENTES

Los siguientes son los antecedentes disponibles para la elaboración de esta sección:

3.3.1.1. RÉGIMEN HIDROLÓGICO DEL RÍO COLINA

La distribución de caudales a lo largo del año tienen un marcado predominio nival, tal como se presenta en el cuadro que resume las estadísticas de la Estación Fluviométrica Río Colina en Peldehue:

Tabla N°4: Caudales Medios Mensuales. Fuente DGA

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Q (m ³ /s)	1.91	1.01	0.76	0.70	1.17	2.30	2.41	1.67	2.20	3.63	4.24	3.14	2.14

Hasta su confluencia con el Estero Lampa, en la localidad de Estación Colina, el cauce no recibe tributarios que alteren su régimen hidrológico, siendo el más importante el Estero La Leonera, que tributa aguas arriba del Puente Esmeralda.

En el estudio “Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Aguas Según Objetivos de Calidad. Cuenca del Río Maipo”, de CADE-IDEPE, 2004, se obtuvieron los siguientes antecedentes:

Tabla N°5: Caudales Medios Mensuales. Fuente Cade-Idepe

Pex (%)	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
5	1.11	6.50	4.08	8.93	2.91	5.83	14.04	10.74	7.10	3.25	3.10	1.17
10	0.97	3.78	3.11	5.61	2.35	4.12	9.21	7.84	4.99	2.51	2.14	1.01
20	0.83	1.99	2.23	3.24	1.80	2.74	5.58	5.35	3.26	1.83	1.38	0.85
50	0.61	0.63	1.19	1.22	1.09	1.33	2.23	2.58	1.45	1.00	0.64	0.61
85	0.42	0.21	0.55	0.48	0.59	0.66	0.86	1.05	0.53	0.48	0.30	0.41
95	0.33	0.14	0.35	0.34	0.41	0.49	0.56	0.62	0.30	0.31	0.21	0.32
Dist	G	L3	L2	L3	L2	L3	L3	L2	L2	L2	L3	L2

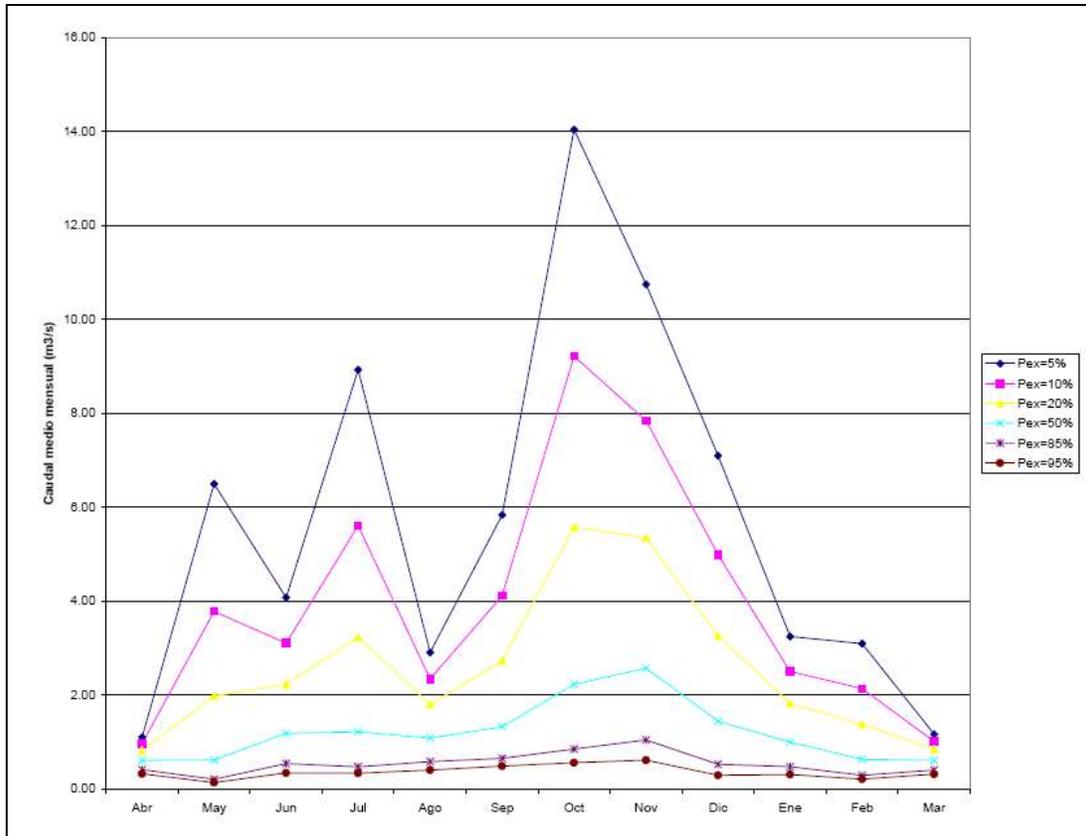


Figura N°20: Caudales Medios Mensuales (Fuente DGA)

3.3.1.2. DEFINICIÓN DE CUENCAS

Para una correcta evaluación que los caudales de crecida que alcanzan el tramo de Río Colina en estudio, se separaron las cuencas tributarias. Cuenca Río Colina Alto abarca el área superior de la cuenca, con su sección de salida en la E.F. Río Colina en Peldehue.

Tabla N°6: Áreas Cuenca Río Colina Alto

CUENCA RÍO COLINA ALTO		
ÁREA TOTAL	ÁREA NIVAL	ÁREA PLUVIAL
Km ²	Km ²	Km ²
228	156	72

Por otra parte, la Cuenca Río Colina Bajo da cuenta de aportes estrictamente pluviales, esto es, de la escorrentía aportada por las quebradas intermedias, ubicadas entre la Bocatoma del Canal Colina hasta el Puente Esmeralda.

Tabla N°7: Áreas Cuenca Río Colina Bajo

CUENCA RÍO COLINA BAJO		
ÁREA TOTAL	ÁREA NIVAL	ÁREA PLUVIAL
Km ²	Km ²	Km ²
58	3	55

Para los efectos de esta memoria, se consideró que el área pluvial está delimitada en promedio por la Cota 2000 msnm (Garreaud, 1992). En cuanto al rendimiento pluvial de la Cuenca Río Colina Alto, que registra episodios extremos producto de variaciones importantes de la Isoterma 0°C, como la acaecida en el año 1993, se acepta que dichos efectos están incorporados en las estadísticas de la Estación Fluviométrica que la controla.

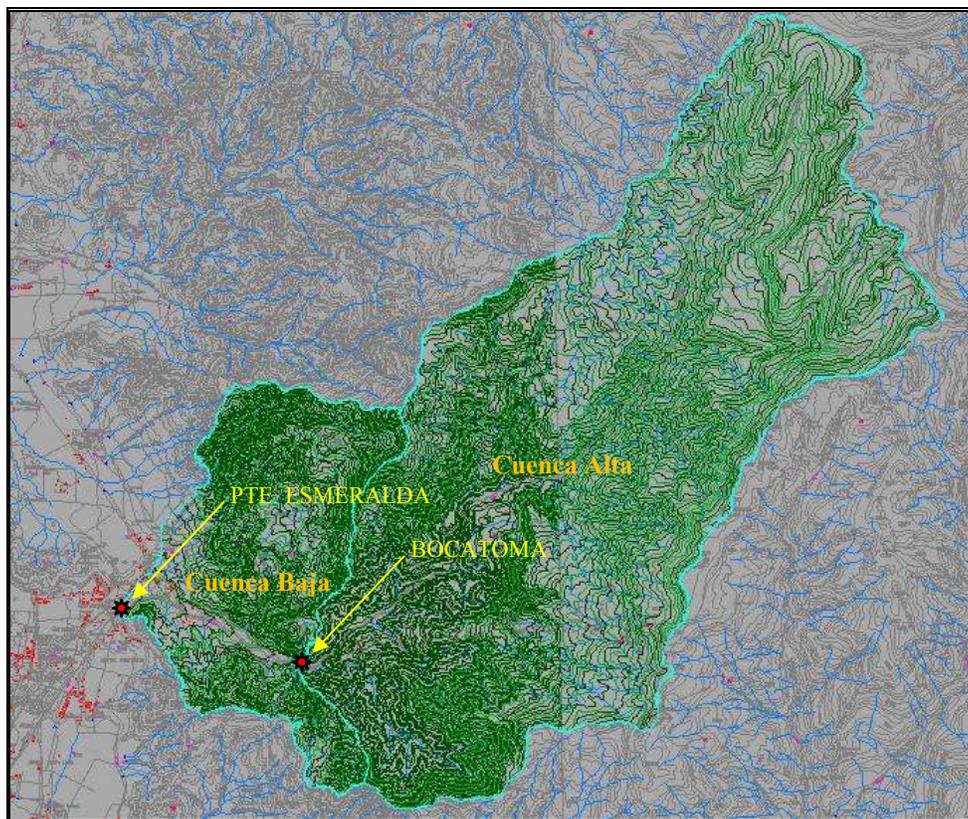


Figura N°21: Cuencas en Sector de Estudio

Como se indicó en el Capítulo Caracterización, los altos peaks invernales, la ausencia de registros limnigráficos mediante los cuales obtener curvas de duración, así como la alteración drástica introducida por la Bocatoma del Canal Colina, Km 12+740, sugieren la utilización de las variables Q_{MDM} y Q_{IM} .

3.3.1.3. ESTADÍSTICAS DE CAUDALES Y PRECIPITACIONES

Para Cuenca Río Colina Alto se dispone de las estadísticas de la Estación Fluviométrica Río Colina en Peldehue, con registro ininterrumpido entre 1980 y 2007; mientras que para Río Colina Bajo se cuenta con el Mapa de Isoyetas de la DGA y de las Series Anuales de Precipitación Máxima en 24 hrs. de las Estaciones Pluviométricas Huechún Embalse, Huechún Andina y La Dehesa; las tres con registros desde 1988 hasta 2008.

3.3.2. METODOLOGÍA

Considerando que las subcuencas seleccionadas poseen diferentes regímenes hidrológicos, se procederá de la siguiente manera, en líneas gruesas:

- a) Se realizará un análisis de frecuencia de los Caudales Instantáneos Máximos y Caudales Medios Diarios Máximos en la Estación Fluviométrica Río Colina en Peldehue. Se obtendrán, para las respectivas variables, los valores para los períodos de retorno 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años.
- b) Para la Cuenca Río Colina Bajo, no controlada, se aplicarán métodos indirectos de relación precipitación-escorrentía. Se obtendrán magnitudes de crecida para los períodos de retorno 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años.
- c) Los resultados del análisis de frecuencia se considerarán válidos para el tramo desde Bocatoma Canal Colina, Km 12+740, hasta la Junta con Estero La Leonera, en el Km 7+500.
- d) Los resultados de los métodos indirectos serán superpuestos a los del análisis de frecuencia, con lo que pasarán a ser nuevos caudales, aplicables en el tramo desde la Junta con Estero La Leonera, Km 7+500, hasta Puente Colina, Km 0+000.

3.3.3. CAUDALES DE CRECIDA CUENCA RÍO COLINA ALTO

Como ya se indicó, la sección de salida corresponde a la Estación Fluviométrica Río Colina en Peldehue, la que se ubica inmediatamente aguas arriba de la bocatoma. En la siguiente tabla se resumen referencialmente los parámetros físicos y de precipitación para esta cuenca:

Tabla N°8: Parámetros Físicos y de Precipitación Cuenca Río Colina Alto

A_p (Km ²)	L (Km)	ΔH (m)	S (m/m)	t_c (hr)	P_{24}^{10} (mm)	P_{24}^{50} (mm)	P_{24}^{100} (mm)
72	17	1.140	0,39	2,0	100	143	163

En lo que sigue se detalla el tratamiento de las estadísticas fluviométricas, hasta llegar al Análisis de Frecuencia.

3.3.3.1. ANÁLISIS DE HOMOGENEIDAD Y CONSISTENCIA

El primer paso, consistió en revisar la consistencia de la información fluviométrica, para lo cual se extrajo la información de las series anuales. Se indican los registros que merecen especial atención:

Estación Fluviométrica Río Colina en Peldehue

Tabla N°9: Estadísticas DGA Q_{IM}

Nº Dato	Año Hidrológico	Q_{MDM} (m ³ / s)	Fecha	Observaciones
1	1980 / 1981	-	-	Año Incompleto
2	1981 / 1982	2.91	08/05/1981	
3	1982 / 1983	64.60	27/06/1982	
4	1983 / 1984	3.77	07/07/1983	
5	1984 / 1985	6.54	30/09/1984	
6	1985 / 1986	1.37	01/04/1985	
7	1986 / 1987	110.00	17/06/1986	Estación Arrasada
8	1987 / 1988	94.50	14/07/1987	Estación Arrasada
9	1988 / 1989	2.09	19/08/1988	
10	1989 / 1990	3.81	20/09/1989	
11	1990 / 1991	1.56	31/08/1990	
12	1991 / 1992	23.00	20/07/1991	
13	1992 / 1993	9.70	26/05/1992	
14	1993 / 1994	45.10	06/05/1993	Registro Dudoso
15	1994 / 1995	3.15	21/07/1994	
16	1995 / 1996	1.49	13/09/1995	
17	1996 / 1997	0.72	07/04/1996	
18	1997 / 1998	25.00	20/06/1997	
19	1998 / 1999	1.80	10/04/1998	
20	1999 / 2000	2.56	22/09/1999	
21	2000 / 2001	41.90	14/06/2000	Registro Dudoso
22	2001 / 2002	8.24	19/07/2001	
23	2002 / 2003	38.80	04/06/2002	
24	2003 / 2004	2.20	08/07/2003	
25	2004 / 2005	7.94	07/09/2004	
26	2005 / 2006	29.40	28/08/2005	
27	2006 / 2007	9.16	15/07/2006	
28	2007 / 2008	2.29	08/09/2007	

Tabla N°10: Estadísticas DGA Q_{MDM}

Nº Dato	Año Hidrológico	Q_{IM} (m ³ / s)	Fecha	Observaciones
1	1980 / 1981	-	-	Año Incompleto
2	1981 / 1982	5.80	08/05/1981	
3	1982 / 1983	113.00	27/06/1982	
4	1983 / 1984	8.46	07/07/1983	
5	1984 / 1985	9.88	29/09/1984	
6	1985 / 1986	1.98	04/07/1985	
7	1986 / 1987	211.72	17/06/1986	Estación Arrasada
8	1987 / 1988	190.96	14/07/1987	Estación Arrasada
9	1988 / 1989	3.11	19/08/1988	
10	1989 / 1990	5.41	17/09/1989	
11	1990 / 1991	3.37	31/08/1990	
12	1991 / 1992	85.43	19/07/1991	
13	1992 / 1993	15.90	05/06/1992	
14	1993 / 1994	188.32	03/05/1993	Registro Dudoso
15	1994 / 1995	8.17	20/07/1994	
16	1995 / 1996	2.78	12/09/1995	
17	1996 / 1997	2.13	16/07/1996	
18	1997 / 1998	88.28	21/06/1997	
19	1998 / 1999	2.08	10/04/1998	
20	1999 / 2000	3.27	22/09/1999	
21	2000 / 2001	288.60	14/06/2000	Registro Dudoso
22	2001 / 2002	33.38	19/07/2001	
23	2002 / 2003	97.36	03/06/2002	
24	2003 / 2004	-	-	No Hay Registro
25	2004 / 2005	11.01	06/09/2004	
26	2005 / 2006	71.81	27/06/2005	
27	2006 / 2007	18.53	12/07/2006	
28	2007 / 2008	2.99	14/06/2007	

Dado que la extensión de las estadísticas de la Estación Río Colina en Peldehue, 27 años, no sería adecuada para pronosticar hasta el período de retorno 100 años, se determinó trabajar con una estación fluviométrica de apoyo. Esta estación resultó ser Río Mapocho en Los Almendros. Se descartó la estación Estero Arrayán en La Montosa, por presentar caudales bajos en eventos que se conocen extremos. Probablemente dicha estación posee una curva de carga válida sólo para caudales pequeños.

Para Río Mapocho en Los Almendros se dispone de información fluviométrica desde el año 1948.

Estación Fluviométrica Río Mapocho en Los Almendros

Tabla N°11: Estadísticas DGA Q_{IM}

N° Dato	Año Hidrológico	Q_{MDM} (m ³ / s)	Fecha	Observaciones
1	1948 / 1949	-	-	Año Incompleto
2	1949 / 1950	29.70	20/05/1949	
3	1950 / 1951	10.80	30/09/1950	
4	1951 / 1952	15.40	30/09/1951	
5	1952 / 1953	13.30	14/09/1952	
6	1953 / 1954	32.20	19/08/1953	
7	1954 / 1955	10.80	29/08/1954	
8	1955 / 1956	-	-	Año Incompleto
9	1956 / 1957	-	-	Año Incompleto
10	1957 / 1958	14.00	30/09/1957	
11	1958 / 1959	28.70	15/06/1958	
12	1959 / 1960	18.40	18/09/1959	
13	1960 / 1961	26.70	22/06/1960	
14	1961 / 1962	21.00	30/09/1961	
15	1962 / 1963	12.40	27/06/1962	
16	1963 / 1964	19.50	19/09/1963	
17	1964 / 1965	4.50	24/09/1964	
18	1965 / 1966	37.10	15/08/1965	
19	1966 / 1967	14.60	25/09/1966	
20	1967 / 1968	4.07	29/09/1967	
21	1968 / 1969	1.66	19/09/1968	
22	1969 / 1970	-	-	No Hay Registro
23	1970 / 1971	-	-	No Hay Registro
24	1971 / 1972	-	-	No Hay Registro
25	1972 / 1973	93.30	13/08/1972	
26	1973 / 1974	18.20	08/07/1973	
27	1974 / 1975	18.00	29/06/1974	
28	1975 / 1976	3.20	03/09/1975	
29	1976 / 1977	-	-	Año Incompleto
30	1977 / 1978	72.50	22/07/1977	
31	1978 / 1979	85.90	20/07/1978	
32	1979 / 1980	31.10	31/08/1979	
33	1980 / 1981	57.90	27/06/1980	
34	1981 / 1982	8.16	03/05/1981	
35	1982 / 1983	137.00	27/06/1982	
36	1983 / 1984	11.70	25/09/1983	
37	1984 / 1985	16.20	30/09/1984	
38	1985 / 1986	5.78	04/07/1985	
39	1986 / 1987	232.00	16/06/1986	
40	1987 / 1988	137.00	14/07/1987	
41	1988 / 1989	8.57	19/09/1988	
42	1989 / 1990	42.80	24/08/1989	
43	1990 / 1991	9.94	25/09/1990	
44	1991 / 1992	84.10	19/07/1991	
45	1992 / 1993	16.50	29/09/1992	
46	1993 / 1994	158.00	03/05/1993	
47	1994 / 1995	7.87	25/07/1994	
48	1995 / 1996	6.56	02/09/1995	
49	1996 / 1997	2.14	07/04/1996	
50	1997 / 1998	44.80	21/06/1997	
51	1998 / 1999	5.04	10/04/1998	
52	1999 / 2000	24.50	22/09/1999	
53	2000 / 2001	46.40	30/06/2000	
54	2001 / 2002	53.30	19/07/2001	
55	2002 / 2003	42.50	24/08/2002	
56	2003 / 2004	5.33	07/07/2003	
57	2004 / 2005	8.50	13/09/2004	
58	2005 / 2006	165.00	27/08/2005	
59	2006 / 2007	93.30	12/07/2006	
60	2007 / 2008	6.11	30/09/2007	

Tabla N°12: Estadísticas DGA Q_{MDM}

N° Dato	Año Hidrológico	Q_{IM} (m ³ / s)	Fecha	Observaciones
1	1948 / 1949	-	-	No Hay Registro
2	1949 / 1950	-	-	No Hay Registro
3	1950 / 1951	-	-	No Hay Registro
4	1951 / 1952	-	-	Año Incompleto
5	1952 / 1953	19.44	13/09/1952	
6	1953 / 1954	68.16	19/08/1953	
7	1954 / 1955	15.17	28/08/1954	
8	1955 / 1956	-	-	Año Incompleto
9	1956 / 1957	-	-	Año Incompleto
10	1957 / 1958	21.85	30/09/1957	
11	1958 / 1959	36.16	15/06/1958	
12	1959 / 1960	25.13	18/09/1959	
13	1960 / 1961	74.61	22/06/1960	
14	1961 / 1962	32.07	07/06/1961	
15	1962 / 1963	17.63	25/06/1962	
16	1963 / 1964	23.05	19/09/1963	
17	1964 / 1965	6.41	24/09/1964	
18	1965 / 1966	84.16	15/08/1965	
19	1966 / 1967	20.48	24/09/1966	
20	1967 / 1968	5.06	30/09/1968	
21	1968 / 1969	1.77	18/04/1968	
22	1969 / 1970	-	-	No Hay Registro
23	1970 / 1971	-	-	No Hay Registro
24	1971 / 1972	-	-	No Hay Registro
25	1972 / 1973	116.00	13/08/1972	
26	1973 / 1974	24.14	08/07/1973	
27	1974 / 1975	31.00	29/06/1974	
28	1975 / 1976	3.52	03/09/1975	
29	1976 / 1977	-	-	Año Incompleto
30	1977 / 1978	108.00	22/07/1977	
31	1978 / 1979	90.12	20/07/1978	
32	1979 / 1980	74.70	31/08/1979	
33	1980 / 1981	119.76	10/04/1980	
34	1981 / 1982	18.71	03/05/1981	
35	1982 / 1983	90.00	16/07/1982	Registro Dudoso
36	1983 / 1984	16.72	25/09/1983	
37	1984 / 1985	25.42	04/07/1984	
38	1985 / 1986	23.10	03/07/1985	
39	1986 / 1987	330.19	16/06/1986	
40	1987 / 1988	234.42	14/07/1987	
41	1988 / 1989	12.33	19/08/1988	
42	1989 / 1990	140.92	24/08/1989	
43	1990 / 1991	14.57	25/09/1990	
44	1991 / 1992	136.64	09/07/1991	
45	1992 / 1993	23.16	29/09/1992	
46	1993 / 1994	305.00	03/05/1993	
47	1994 / 1995	10.80	20/07/1994	
48	1995 / 1996	10.51	04/09/1995	
49	1996 / 1997	3.00	06/04/1996	
50	1997 / 1998	86.14	21/06/1997	
51	1998 / 1999	6.19	10/04/1998	
52	1999 / 2000	31.50	22/09/1999	
53	2000 / 2001	103.66	14/06/2000	
54	2001 / 2002	110.06	19/07/2001	
55	2002 / 2003	49.60	26/05/2002	
56	2003 / 2004	10.51	07/07/2003	
57	2004 / 2005	12.67	13/09/2004	
58	2005 / 2006	325.64	27/08/2005	
59	2006 / 2007	198.65	13/07/2006	
60	2007 / 2008	-	-	No Hay Registro

Se procedió a realizar correlaciones entre las variables de una misma estación: Q_{IM} v/s Q_{MDM} ; y entre las estaciones: Q_{IM} v/s Q_{MDM} . Con ello se corrigieron registros los dudosos y se extendieron las estadísticas de la Estación Fluviométrica Río Colina en Peldehue. Naturalmente, los registros dudosos fueron eliminados para obtener una mejor correlación, según se muestra en los gráficos N°1 al N°4.

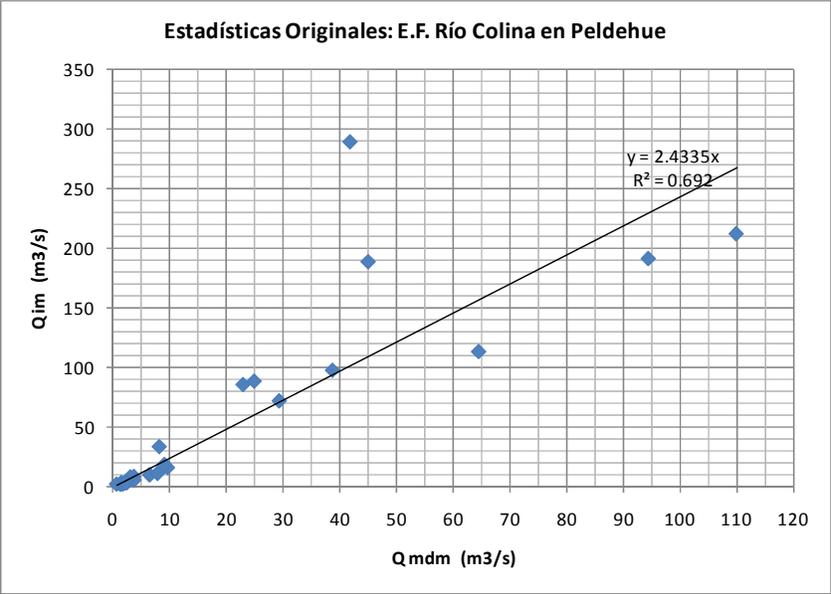


Figura N°22: Correlación con N=26

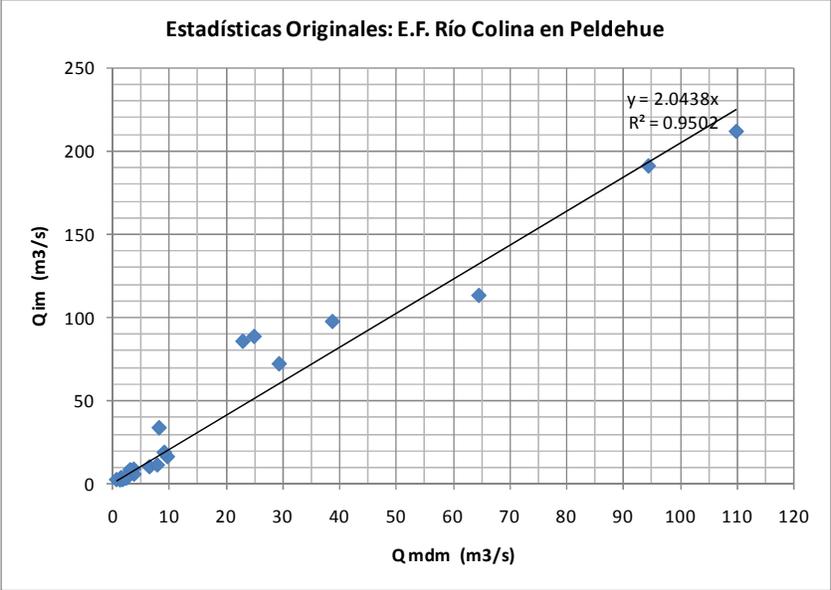


Figura N°23: Correlación con N=24

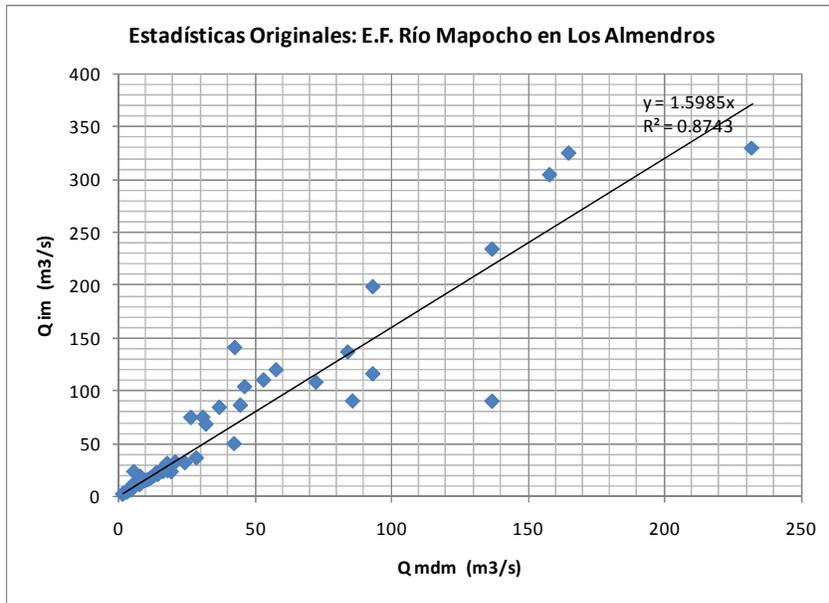


Figura N°24: Correlación con N=49

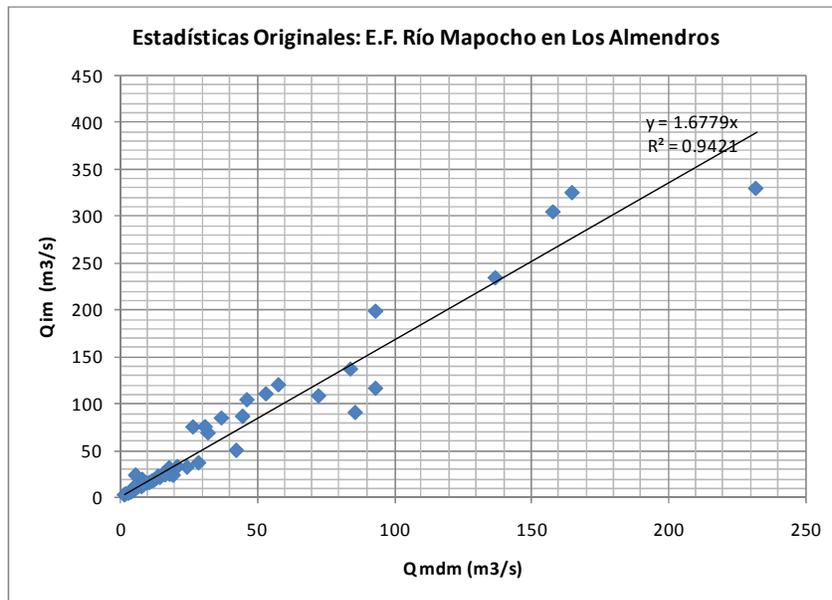


Figura N°25: Correlación con N=47

Una vez corregidos los valores dudosos, especialmente en la Estación Fluviométrica Río Colina en Peldehue, se extendieron las series anuales de la Estación Río Colina en Peldehue, mediante correlaciones cruzadas en la misma variable, tal como se muestra en los gráficos N°5 y N°6.

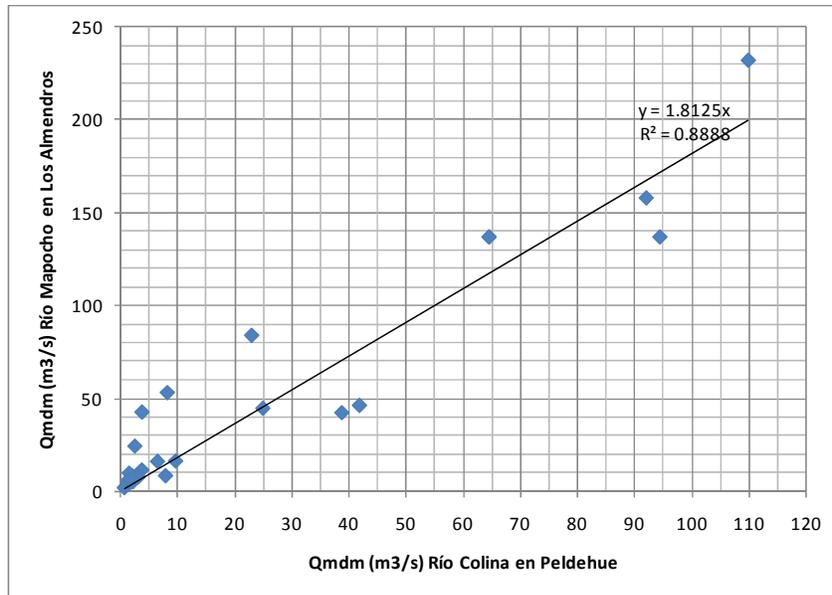


Figura N°26: Correlación con N=25

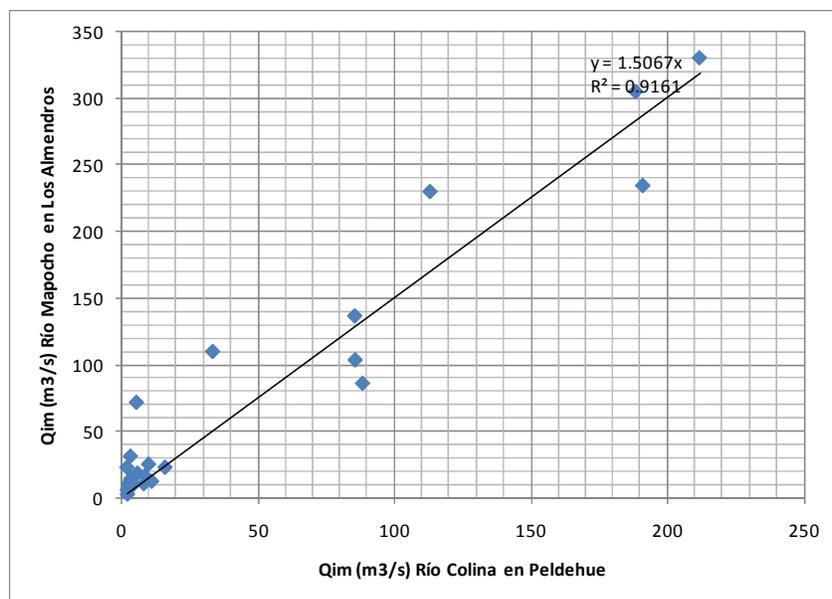


Figura N°27: Correlación con N=24

Cabe consignar que la extensión de las series de la Estación Fluviométrica Río Colina en Peldehue servirá para validar los resultados del análisis de frecuencia para los datos registrados y corregidos de esa estación.

En los siguientes cuadros se presentan las estadísticas depuradas y extendidas de cada estación fluviométrica.

Estación Fluviométrica Río Colina en Peldehue

Tabla N°13: Estadísticas DGA Q_{IM}

N° Dato	Año Hidrológico	Q_{MDM} (m3/s)	Fecha	Observaciones
1	1980 / 1981	-	-	
2	1981 / 1982	2.91	08/05/1981	
3	1982 / 1983	64.60	27/06/1982	
4	1983 / 1984	3.77	07/07/1983	
5	1984 / 1985	6.54	30/09/1984	
6	1985 / 1986	1.37	01/04/1985	
7	1986 / 1987	110.00	17/06/1986	
8	1987 / 1988	94.50	14/07/1987	
9	1988 / 1989	2.09	19/08/1988	
10	1989 / 1990	3.81	20/09/1989	
11	1990 / 1991	1.56	31/08/1990	
12	1991 / 1992	23.00	20/07/1991	
13	1992 / 1993	9.70	26/05/1992	
14	1993 / 1994	92.14	03/05/1993	Corregido
15	1994 / 1995	3.15	21/07/1994	
16	1995 / 1996	1.49	13/09/1995	
17	1996 / 1997	0.72	07/04/1996	
18	1997 / 1998	25.00	20/06/1997	
19	1998 / 1999	1.80	10/04/1998	
20	1999 / 2000	2.56	22/09/1999	
21	2000 / 2001	41.90	14/06/2000	
22	2001 / 2002	8.24	19/07/2001	
23	2002 / 2003	38.80	04/06/2002	
24	2003 / 2004	2.20	08/07/2003	
25	2004 / 2005	7.94	07/09/2004	
26	2005 / 2006	29.40	28/08/2005	
27	2006 / 2007	9.16	15/07/2006	
28	2007 / 2008	2.29	08/09/2007	

Tabla N°14: Estadísticas DGA Q_{MDM}

N° Dato	Año Hidrológico	Q_{IM} (m3/s)	Fecha	Observaciones
1	1980 / 1981	-	-	
2	1981 / 1982	5.80	08/05/1981	
3	1982 / 1983	113.00	27/06/1982	
4	1983 / 1984	8.46	07/07/1983	
5	1984 / 1985	9.88	29/09/1984	
6	1985 / 1986	1.98	04/07/1985	
7	1986 / 1987	211.72	17/06/1986	
8	1987 / 1988	190.96	14/07/1987	
9	1988 / 1989	3.11	19/08/1988	
10	1989 / 1990	5.41	17/09/1989	
11	1990 / 1991	3.37	31/08/1990	
12	1991 / 1992	85.43	19/07/1991	
13	1992 / 1993	15.90	05/06/1992	
14	1993 / 1994	188.32	03/05/1993	
15	1994 / 1995	8.17	20/07/1994	
16	1995 / 1996	2.78	12/09/1995	
17	1996 / 1997	2.13	16/07/1996	
18	1997 / 1998	88.28	21/06/1997	
19	1998 / 1999	2.08	10/04/1998	
20	1999 / 2000	3.27	22/09/1999	
21	2000 / 2001	85.64	14/06/2000	Corregido
22	2001 / 2002	33.38	19/07/2001	
23	2002 / 2003	97.36	03/06/2002	
24	2003 / 2004	4.50	-	Rellenado
25	2004 / 2005	11.01	06/09/2004	
26	2005 / 2006	71.81	27/06/2005	
27	2006 / 2007	18.53	12/07/2006	
28	2007 / 2008	2.99	14/06/2007	

Estación Fluviométrica Río Mapocho en Los Almendros

Tabla N°15: Estadísticas DGA Q_{IM}

N° Dato	Año Hidrológico	QMDM (m3/s)	Fecha	Observaciones
1	1948 / 1949	-	-	
2	1949 / 1950	29.70	20/05/1949	
3	1950 / 1951	10.80	30/09/1950	
4	1951 / 1952	15.40	30/09/1951	
5	1952 / 1953	13.30	14/09/1952	
6	1953 / 1954	32.20	19/08/1953	
7	1954 / 1955	10.80	29/08/1954	
8	1955 / 1956	-	-	
9	1956 / 1957	-	-	
10	1957 / 1958	14.00	30/09/1957	
11	1958 / 1959	28.70	15/06/1958	
12	1959 / 1960	18.40	18/09/1959	
13	1960 / 1961	26.70	22/06/1960	
14	1961 / 1962	21.00	30/09/1961	
15	1962 / 1963	12.40	27/06/1962	
16	1963 / 1964	19.50	19/09/1963	
17	1964 / 1965	4.50	24/09/1964	
18	1965 / 1966	37.10	15/08/1965	
19	1966 / 1967	14.60	25/09/1966	
20	1967 / 1968	4.07	29/09/1967	
21	1968 / 1969	1.66	19/09/1968	
22	1969 / 1970	-	-	
23	1970 / 1971	-	-	
24	1971 / 1972	-	-	
25	1972 / 1973	93.30	13/08/1972	
26	1973 / 1974	18.20	08/07/1973	
27	1974 / 1975	18.00	29/06/1974	
28	1975 / 1976	3.20	03/09/1975	
29	1976 / 1977	-	-	
30	1977 / 1978	72.50	22/07/1977	
31	1978 / 1979	85.90	20/07/1978	
32	1979 / 1980	31.10	31/08/1979	
33	1980 / 1981	57.90	27/06/1980	
34	1981 / 1982	8.16	03/05/1981	
35	1982 / 1983	137.00	27/06/1982	
36	1983 / 1984	11.70	25/09/1983	
37	1984 / 1985	16.20	30/09/1984	
38	1985 / 1986	5.78	04/07/1985	
39	1986 / 1987	232.00	16/06/1986	
40	1987 / 1988	137.00	14/07/1987	
41	1988 / 1989	8.57	19/09/1988	
42	1989 / 1990	42.80	24/08/1989	
43	1990 / 1991	9.94	25/09/1990	
44	1991 / 1992	84.10	19/07/1991	
45	1992 / 1993	16.50	29/09/1992	
46	1993 / 1994	158.00	03/05/1993	
47	1994 / 1995	7.87	25/07/1994	
48	1995 / 1996	6.56	02/09/1995	
49	1996 / 1997	2.14	07/04/1996	
50	1997 / 1998	44.80	21/06/1997	
51	1998 / 1999	5.04	10/04/1998	
52	1999 / 2000	24.50	22/09/1999	
53	2000 / 2001	46.40	30/06/2000	
54	2001 / 2002	53.30	19/07/2001	
55	2002 / 2003	42.50	24/08/2002	
56	2003 / 2004	5.33	07/07/2003	
57	2004 / 2005	8.50	13/09/2004	
58	2005 / 2006	165.00	27/08/2005	
59	2006 / 2007	93.30	12/07/2006	
60	2007 / 2008	6.11	30/09/2007	

Tabla N°16: Estadísticas DGA Q_{MDM}

N° Dato	Año Hidrológico	Q _{IM} (m3/s)	Fecha	Observaciones
1	1948 / 1949	-	-	
2	1949 / 1950	49.83	-	Rellenado
3	1950 / 1951	18.12	-	Rellenado
4	1951 / 1952	25.84	-	Rellenado
5	1952 / 1953	19.44	13/09/1952	
6	1953 / 1954	68.16	19/08/1953	
7	1954 / 1955	15.17	28/08/1954	
8	1955 / 1956	-	-	
9	1956 / 1957	-	-	
10	1957 / 1958	21.85	30/09/1957	
11	1958 / 1959	36.16	15/06/1958	
12	1959 / 1960	25.13	18/09/1959	
13	1960 / 1961	74.61	22/06/1960	
14	1961 / 1962	32.07	07/06/1961	
15	1962 / 1963	17.63	25/06/1962	
16	1963 / 1964	23.05	19/09/1963	
17	1964 / 1965	6.41	24/09/1964	
18	1965 / 1966	84.16	15/08/1965	
19	1966 / 1967	20.48	24/09/1966	
20	1967 / 1968	5.06	30/09/1968	
21	1968 / 1969	1.77	18/04/1968	
22	1969 / 1970	-	-	
23	1970 / 1971	-	-	
24	1971 / 1972	-	-	
25	1972 / 1973	116.00	13/08/1972	
26	1973 / 1974	24.14	08/07/1973	
27	1974 / 1975	31.00	29/06/1974	
28	1975 / 1976	3.52	03/09/1975	
29	1976 / 1977	-	-	
30	1977 / 1978	108.00	22/07/1977	
31	1978 / 1979	90.12	20/07/1978	
32	1979 / 1980	74.70	31/08/1979	
33	1980 / 1981	119.76	10/04/1980	
34	1981 / 1982	18.71	03/05/1981	
35	1982 / 1983	229.87	27/06/1982	Corregido
36	1983 / 1984	16.72	25/09/1983	
37	1984 / 1985	25.42	04/07/1984	
38	1985 / 1986	23.10	03/07/1985	
39	1986 / 1987	330.19	16/06/1986	
40	1987 / 1988	234.42	14/07/1987	
41	1988 / 1989	12.33	19/08/1988	
42	1989 / 1990	71.81	24/08/1989	Corregido
43	1990 / 1991	14.57	25/09/1990	
44	1991 / 1992	136.64	09/07/1991	
45	1992 / 1993	23.16	29/09/1992	
46	1993 / 1994	305.00	03/05/1993	
47	1994 / 1995	10.80	20/07/1994	
48	1995 / 1996	10.51	04/09/1995	
49	1996 / 1997	3.00	06/04/1996	
50	1997 / 1998	86.14	21/06/1997	
51	1998 / 1999	6.19	10/04/1998	
52	1999 / 2000	31.50	22/09/1999	
53	2000 / 2001	103.66	14/06/2000	
54	2001 / 2002	110.06	19/07/2001	
55	2002 / 2003	49.60	26/05/2002	
56	2003 / 2004	10.51	07/07/2003	
57	2004 / 2005	12.67	13/09/2004	
58	2005 / 2006	325.64	27/08/2005	
59	2006 / 2007	198.65	13/07/2006	
60	2007 / 2008	10.25	-	Rellenado

3.3.3.2. ANÁLISIS DE FRECUENCIA

En este análisis se ocupó en Método de los Factores de Frecuencia. Según este método, la magnitud de un cierto evento hidrológico puede representarse como la media μ más una desviación δ con respecto a la media. Esta desviación puede igualarse al producto de la desviación estándar σ y el factor de frecuencia K_T . La desviación δ y el factor de frecuencia K_T son funciones del período de retorno y del tipo de distribución de probabilidad a utilizarse en el análisis.

Para el caso de las variables de nuestro interés, la expresión resulta:

$$X_T = \mu + K_T \cdot \sigma$$

La cual puede aproximarse por:

$$X_T = \bar{x} + K_T \cdot s$$

Esta expresión permite trabajar en las zonas extremas de la distribución de probabilidad. Entre las distribuciones de mayor uso en hidrología, se tiene: Normal, Log-Normal, Extrema Tipo I (Gumbel), Log-Pearson 3, Pearson 3 y la Extrema General.

Se utilizó el software Regbay, de Armas & Vargas, con el cual se obtuvieron los resultados que se muestran, entre otros:

Tabla N°17: Río Colina en Peldehue, Q_{IM} , N=27

ANÁLISIS DE FRECUENCIA PARA EL PERÍODO PLUVIAL Abril - Septiembre								
DISTRIBUCIÓN	R ²	PROBABILIDAD	Q ₂	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₅	Q ₅₀	Q ₁₀₀
PROBABILÍSTICA	DAT. ORIG.	POSTERIOR	(m ³ /s)					
Normal	0.729	8.186 E-42	-	-	-	-	-	-
Log-Normal	0.764	2.330 E-25	15.3	64.3	136.7	305.8	513.9	819.8
Gumbel	0.853	2.165 E-38	38.4	98.7	138.6	189.1	226.5	263.7
Log-Pearson3	0.467	1.120 E-24	-	-	-	-	-	-
Pearson3			-	-	-	-	-	-
G.E.V.	0.474	1.574 E-45	-	-	-	-	-	-

Tabla N°18: Río Colina en Peldehue, Q_{MDM} , N=27

ANÁLISIS DE FRECUENCIA PARA EL PERÍODO PLUVIAL Abril - Septiembre								
DISTRIBUCIÓN	R ²	PROBABILIDAD	Q ₂	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₅	Q ₅₀	Q ₁₀₀
PROBABILÍSTICA	DAT. ORIG.	POSTERIOR	(m ³ /s)					
Normal	0.684	1.060 E-34	-	-	-	-	-	-
Log-Normal	0.880	3.904 E-14	-	-	-	-	-	-
Gumbel	0.825	1.990 E-31	17.6	46.9	66.2	90.7	108.9	126.0
Log-Pearson3	0.712	1.208 E-12	-	-	-	-	-	-
Pearson3			-	-	-	-	-	-
G.E.V.	0.384	1.906 E-38	-	-	-	-	-	-

El criterio de mejor ajuste se basa simultáneamente en la mayor correlación y probabilidad posterior. De acuerdo a los resultados obtenidos, las distribuciones de mejor ajuste corresponden a la Log-Normal y la Gumbel. No obstante, se debe tener presente que la transformación logarítmica encubre la dispersión; hecho que se evidencia al observar los pronósticos para la Log-Normal.

Se aplicó, además, el análisis de frecuencia para las variables extendidas, obteniéndose los resultados que se indican:

Tabla N°19: Río Colina en Peldehue, N=53

T (años)	Q _{IM} (m ³ /s)
2	30.4
5	74.5
10	103.8
25	140.8
50	168.2
100	195.4

Luego, aplicando la correlación del Gráfico N°2 sobre los valores de la Tabla N°14:

Tabla N°20: Río Colina en Peldehue

T (años)	Q _{MDM} (m ³ /s)
2	16.8
5	42.4
10	59.3
25	80.7
50	96.6
100	112.3

Para las dos variables de mejor ajuste, se hace una breve reseña sobre su tratamiento en estos análisis:

DISTRIBUCIÓN LOG-NORMAL

El factor de frecuencia se expresa:

$$K_T = \frac{X_T - \mu}{\sigma}$$

Corresponde al mismo valor de la variable normal estándar z . Para aplicar el factor de frecuencia se debe ocupar la variable transformada $y = \text{Ln}(Q)$.

DISTRIBUCIÓN GUMBEL

Gumbel estudió la Distribución Extrema Tipo I y determinó que cuando se trabaja con un número finito de valores, N muestras y m valores cada una, esta distribución debe corregirse reemplazando las constantes límites γ y $\frac{\pi}{\sqrt{6}}$ por \bar{y}_n y σ_n , la media y la desviación estándar de la variable reducida, respectivamente. Ambos valores son funciones del número de muestras N .

El factor de frecuencia y el período de retorno están relacionados biunívocamente a través de las siguientes expresiones:

$$K_T = -\frac{1}{\sigma_n} \cdot \left\{ \bar{y}_n + \text{LN} \left[\text{LN} \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \right\}$$

$$T = \frac{1}{1 - \text{EXP} \left\{ -\text{EXP} \left[-(\bar{y}_n + \sigma_n \cdot K_T) \right] \right\}}$$

$$N = 27 \rightarrow \bar{y}_n = 0.533 \rightarrow \sigma_n = 1.099$$

$$N = 53 \rightarrow \bar{y}_n = 0.550 \rightarrow \sigma_n = 1.165$$

A continuación se presentan los resultados para la variable Q_{IM} en la Estación Fluviométrica Río Colina en Peldehue y validados con la estadística extendida.

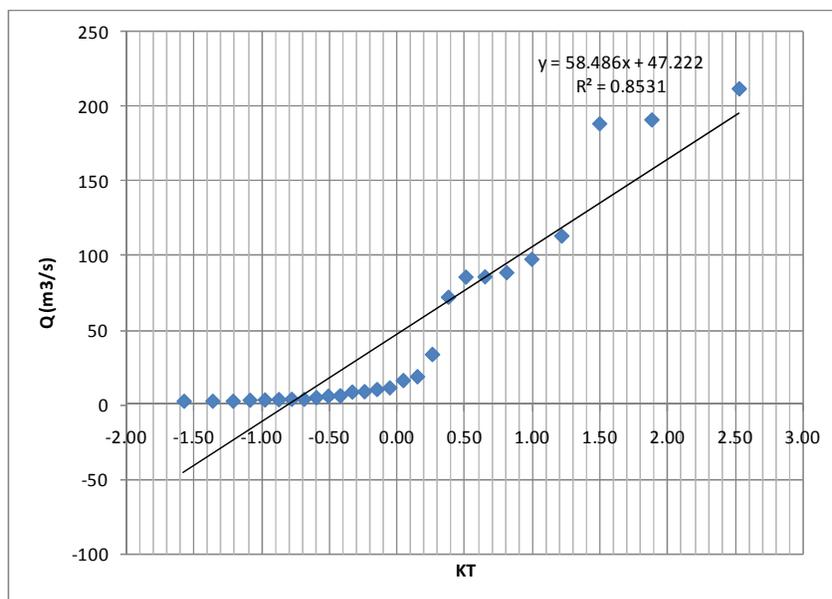


Figura N°28: Q_{IM} Río Colina en Peldehue, Distribución Gumbel, $N=27$

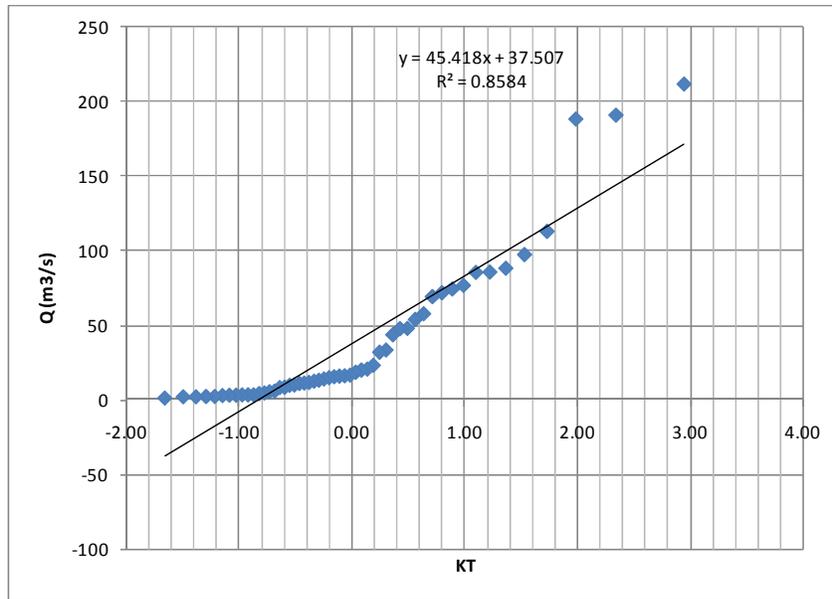


Figura N°29: Q_{IM} Río Colina en Peldehue, Distribución Gumbel, N=53

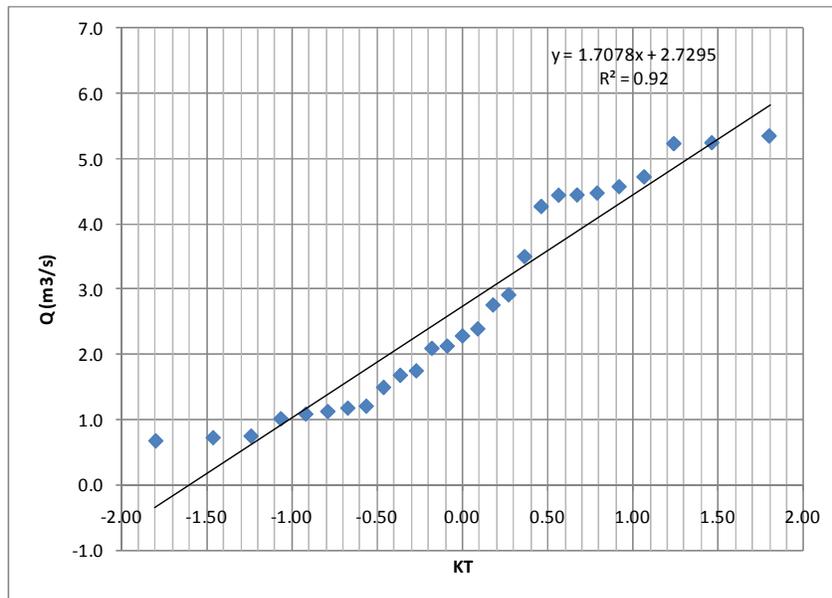


Figura N°30: Q_{IM} Río Colina en Peldehue, Distribución Log-Normal, N=27

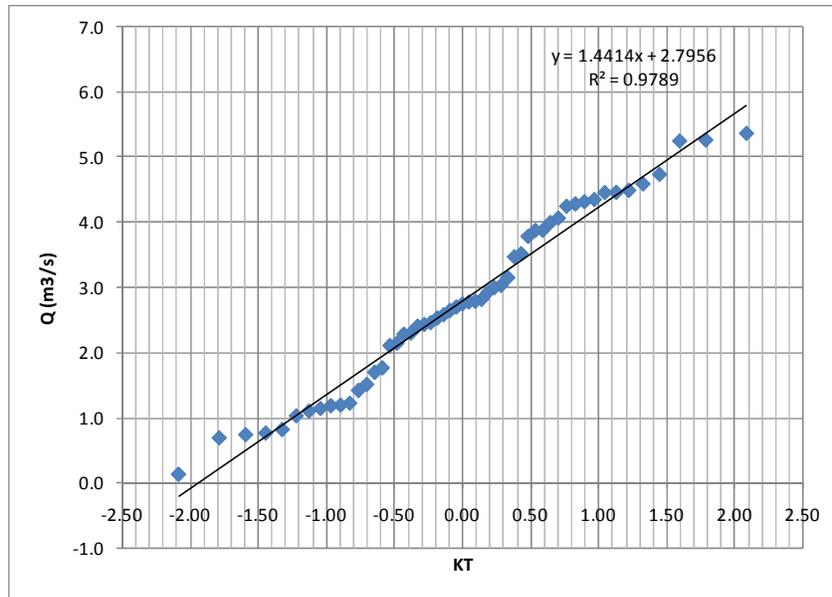


Figura N°31: Q_{IM} Río Colina en Peldehue, Distribución Log-Normal, N=53

3.3.3.3. RESULTADOS

Según el criterio del memorista, considerando que los pronósticos con N=27 se validan con N=53, resulta indicado promediar los respectivos valores. Se exceptúa el caso de los Caudales Medios Diarios Máximos, en que para promediar se ocupa la regresión lineal sobre los Caudales Instantáneos Máximos.

Tabla N°21: Gumbel, N=27

T (años)	QMDM (m3/s)
2	17.6
5	46.9
10	66.2
25	90.7
50	108.9
100	126.0

Tabla N°22: Según Regresión

T (años)	QMDM (m3/s)
2	16.8
5	42.4
10	59.3
25	80.7
50	96.6
100	112.3

Tabla N°23: Caudales Medios Diarios Máximos en E.F. Río Colina en Peldehue

T (años)	2	5	10	25	50	100
Q (m³/s)	17	45	63	86	103	119

Tabla N°24: Gumbel, N=27

T (años)	Q _{IM} (m ³ /s)
2	38.4
5	98.7
10	138.6
25	189.1
50	226.5
100	263.7

Tabla N°25: Gumbel, N=53

T (años)	Q _{IM} (m ³ /s)
2	30.4
5	74.5
10	103.8
25	140.8
50	168.2
100	195.4

Tabla N°26: Caudales Instantáneos Máximos en E.F. Río Colina en Peldehue

T (años)	2	5	10	25	50	100
Q (m ³ /s)	34	87	121	165	197	230

3.3.4. CAUDALES DE CRECIDA RÍO COLINA BAJO

Se define el punto de salida de esta cuenca en la sección del Puente Esmeralda de la Autopista Los Libertadores. Se hace menester reiterar que para efectos de la superposición de estos aportes, la sección de aplicación corresponde a la Junta con Estero La Leonera. En la siguiente tabla se resumen los parámetros físicos y de precipitación:

Tabla N°27: Parámetros Físicos y Precipitación Cuenca Río Colina Bajo

A _p (Km ²)	L (Km)	ΔH (m)	S (m/m)	t _c (hr)	P ₂₄ ¹⁰ (mm)	P ₂₄ ⁵⁰ (mm)	P ₂₄ ¹⁰⁰ (mm)
55	10,5	1.332	0,28	1,3	80	115	130

Se aplicaron tres métodos indirectos, de los cuales se obtuvieron los resultados más concordantes con el conocimiento que se tiene de la cuenca baja: usos de suelo, vegetación, pendientes, etc.

MÉTODO DGA-AC

Según el Método DGA-AC, la cuenca tiene características de la zona homogénea P_p, de modo que el coeficiente de conversión de caudal instantáneo máximo a caudal medio diario máximo es $\alpha = 1.43$.

Calculando el caudal medio diario máximo de período de retorno 10 años,

$$Q_{10} = 5.42 \cdot 10^{-8} \cdot A_p^{0.915} \cdot (P_{24}^{10})^{3.432} \quad m^3/s$$

$$Q_{mdm}^{T=10} = 7.6 \quad m^3/s$$

Valor que, a juicio de este memorista, no corresponde al período de retorno, dado el tamaño de la cuenca. Por lo tanto, este método No Aplica.

MÉTODO RACIONAL

Método recomendado para cuencas relativamente pequeñas, preferentemente urbanas y de superficies en lo posible no mayores de 15 Km². A pesar de las limitaciones que hay tras sus hipótesis, la experiencia acumulada en su uso y en los parámetros que intervienen, la simpleza de la relación y la posibilidad de aplicar la experiencia y criterio del proyectista, ha representado un avance positivo en la evaluación de los caudales de diseño, cuando este método se aplica en los casos que corresponde y teniendo plena conciencia de sus limitaciones e hipótesis.

Se sugiere el coeficiente $C = 0.35$ como representativo de toda la cuenca. Para obtener la precipitación para la duración seleccionada (t_c) y los distintos períodos de retorno, se aplicarán los coeficientes de duración ($CD_{t=1\text{hora}} = 0.161$) y frecuencia CF_T .

$$P_{t=t_c}^T = P_{24}^{10} \cdot CD_{t=t_c} \cdot CF_T$$

Con ello, se aplica la fórmula:

$$Q = C \cdot i \cdot A$$

Tabla N°28: Caudales Instantáneos Máximos, Según Método Racional

T (años)	CF_T	$P_{t=t_c}^T$ (mm)	i (mm/hr)	Q C=0.30 (m ³ /s)	Q C=0.35 (m ³ /s)	Q C=0.40 (m ³ /s)
2	0.533	6.9	6.9	16.1	18.8	21.5
5	0.816	10.5	10.5	24.5	28.6	32.7
10	1.000	12.9	12.9	30.1	35.1	40.1
25	1.225	15.8	15.8	36.9	43.0	49.2
50	1.431	18.4	18.4	42.9	50.1	57.2
100	1.625	20.9	20.9	48.8	56.9	65.0

MÉTODO DE VERNI-KING

Correlación obtenida para cuencas de la Zona Central. Esta es la fórmula original válida para períodos de retorno mayores a 30 años y para cuencas de altos rendimientos:

$$Q = 0.00615 \cdot (P_{24}^T)^{1.24} \cdot Ap^{0.88}$$

Tabla N°29: Caudales Instantáneos Máximos, Según Método de Verni-King

T (años)	CF_T	P_{24}^T (mm)	Q (m ³ /s)
2	0.533	42.6	23.0
5	0.816	65.3	39.0
10	1.000	80.0	50.2
25	1.225	98.0	64.5
50	1.431	114.5	78.3
100	1.625	130.0	91.6

Se recomienda aceptar para el diseño los caudales obtenidos por la Fórmula Racional, con $C = 0.40$. De acuerdo a ello, los resultados se expresan en la tabla siguiente:

Tabla N°30: Caudales Instantáneos Máximos Adoptados

T (años)	2	5	10	25	50	100
Q (m ³ /s)	22	33	40	49	57	65

Luego, aplicando el factor de conversión del Método DGA, $\alpha = 1.43$, que es el caso más desfavorable, pues la correlación Q_{MDM} v/s Q_{IM} tiene asociado un factor cercano a 2, se obtiene:

Tabla N°31: Caudales Medios Diarios Máximos Adoptados

T (años)	2	5	10	25	50	100
Q (m ³ /s)	15	23	28	34	40	45

3.3.5. CAUDALES DE TRABAJO

Finalmente, queda resumir los caudales totales asociados a la sección de salida de cada subcuenca. Para el caso de Cuenca Río Colina Bajo, se sumarán los respectivos valores por período de retorno:

RÍO COLINA ALTO:

Estos son los caudales aplicables al tramo superior del Río Colina, esto es, entre Bocatoma del Canal Colina y la Junta con Estero La Leonera:

Tabla N°32: Caudales Medios Diarios Máximos

T (años)	2	5	10	25	50	100
Q (m ³ /s)	17	45	63	86	103	119

Tabla N°33: Caudales Instantáneos Máximos

T (años)	2	5	10	25	50	100
Q (m ³ /s)	34	87	121	165	197	230

RÍO COLINA BAJO:

Para el tramo comprendido entre la Junta con Estero La Leonera y Puente San Luis, los siguientes son los caudales:

Tabla N°34: Caudales Medios Diarios Máximos

T (años)	2	5	10	25	50	100
Q (m ³ /s)	32	68	91	120	143	164

Tabla N°35: Caudales Instantáneos Máximos

T (años)	2	5	10	25	50	100
Q (m ³ /s)	56	120	161	214	254	295

3.4. MÉTODOS DE CÁLCULO DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS³

Estimar el gasto sólido de fondo es quizás el aspecto más difícil de abordar en el problema del transporte de los sedimentos. Desde hace décadas los investigadores han propuesto fórmulas basadas en distintos enfoques y utilizando cada uno un conjunto de datos experimentales o de terreno en particular. Sin embargo, hasta ahora, ninguna fórmula puede ser postulada como universalmente aceptable, debido a que el fenómeno del arrastre de fondo es altamente dependiente de las condiciones locales de cada cauce.

El movimiento de los sedimentos es consecuencia de la acción del flujo, por lo que el valor del gasto sólido de fondo depende principalmente de la magnitud del esfuerzo de corte que actúa en el lecho. En general esta dependencia es tan crítica que pequeños errores en la estimación del esfuerzo de corte generan grandes diferencias en los valores del gasto sólido resultante. Más aún, para un mismo valor del esfuerzo de corte en el fondo, dos fórmulas distintas pueden llegar a entregar como resultado valores que difieren en uno o dos órdenes de magnitud.

Los dos enfoques más clásicos para proponer fórmulas de gasto sólido de fondo corresponden al de Bagnold (1956) y al de Einstein (1950). En el enfoque de Bagnold el gasto sólido de fondo es proporcional al exceso de esfuerzo de corte en el fondo por sobre el esfuerzo de corte crítico. El esfuerzo de corte crítico determina el valor umbral por sobre el cual las partículas comienzan a moverse, es decir corresponde a un criterio de inicio del movimiento o movimiento incipiente. Siendo el más utilizado, el enfoque de Bagnold es la base de la fórmula de Meyer-Peter y Müller (1948) una de las más conocidas y utilizadas en todo el mundo. Con algunas diferencias, pero utilizando también el concepto de movimiento incipiente se encuentra la fórmula de Ackers y White (1973). En ésta, el inicio del movimiento se obtiene mediante un número adimensional proveniente de la relación entre las fuerzas motrices del flujo, medidas mediante la incorporación de una ley de resistencia, y las fuerzas resistivas del fondo. Aunque el esfuerzo de corte crítico o el criterio de movimiento incipiente es la base del enfoque de Bagnold, es también su principal inconveniente a la hora de aplicar este tipo de fórmulas al caso de sedimentos con distribuciones granulométricas extendidas, principalmente porque, en este caso, el movimiento de partículas es observado para casi todos los estados del flujo, pero involucrando distintos tamaños.

El enfoque de Einstein por su parte, considera que el proceso de saltación, y por lo tanto del arrastre de fondo, es de carácter estocástico, por lo que introduce distribuciones de probabilidad para caracterizar el movimiento de las partículas. De esta forma, en este enfoque no existe un umbral absoluto para el inicio del movimiento, sino que, el umbral puede definirse en términos efectivos, considerando un valor para el cual la tasa de transporte es tan pequeña que el cambio morfodinámico asociado es prácticamente despreciable en cualquiera de las escalas de tiempo que son de interés. Con estas ideas se reconoce que, en términos estadísticos la probabilidad que una partícula entre en movimiento nunca es nula, ya que los eventos de turbulencia presentes en el flujo, tarde o

³ GONZÁLEZ Javier. Tesis Sedimentación en Embalses. U. de Chile. 2005.

temprano, pueden incorporarla al transporte. Al prescindir de la condición crítica para el movimiento, el enfoque de Einstein resulta, al mismo tiempo, más adecuado para describir el comportamiento de mezclas de sedimento. A partir de las ideas de capa activa introducidas por Hirano en 1971, se han incorporado en las últimas décadas, diversos conceptos que permiten entender de mejor forma este proceso. Uno de ellos es que el cálculo del gasto sólido de fondo debe basarse en la distribución de tamaños de la superficie del lecho. En palabras simples, la idea consiste en reconocer que si las partículas de una determinada fracción granulométrica no están expuestas a la acción del flujo entonces no pueden ser incorporadas al transporte del fondo. El segundo concepto de vital importancia corresponde al escondimiento y sobreexposición de las partículas. Cuando éstas conforman una mezcla de sedimentos de tamaño variable, su movilidad relativa está determinada por dos factores principales: la resistencia que oponen al movimiento producto de su peso, y el arrastre que el flujo puede ejercer dependiendo del grado de exposición de las mismas.

Las partículas más grandes son más difíciles de mover que las partículas pequeñas porque son más pesadas, sin embargo, considerando el efecto de la exposición, cuando ellas sobresalen en el flujo en presencia de partículas vecinas más pequeñas, resultan más fáciles de mover que si se encuentran rodeadas de partículas de tamaño similar, por cuanto experimentan un arrastre mayor. Del mismo modo las partículas más pequeñas experimentan un arrastre menor al esconderse de la acción del flujo tras sus vecinas de mayor tamaño. El balance final de ambos factores, es sólo una pequeña tendencia de las más grandes a ser menos móviles que las más pequeñas.

En este trabajo se implementaron cuatro relaciones para estimar el gasto sólido de fondo: la de Meyer-Peter y Müller (1948), Ackers y White (1973), Parker (1990) y la de Wilcock y Crowe (2003). La elección de las fórmulas responde principalmente a la necesidad de evidenciar las diferencias que se obtienen con cada una de ellas, a establecer los principios sobre los que se desarrolla cada una y con ello definir la aplicabilidad que pueden tener al caso de cauces chilenos.

Las relaciones de Meyer-Peter y Müller y Ackers y White han sido desarrolladas principalmente para sedimentos de tamaño uniforme o mezclas artificiales de tamaños muy similares, su aplicabilidad a mezclas naturales de sedimentos con distribuciones granulométricas extendidas no es directa, mientras que las de Parker y Wilcock y Crowe han sido propuestas específicamente para estos casos, incorporando todos los conceptos aplicables que fueron mencionados con anterioridad.

3.4.1. MÉTODO DE MEYER - PETER & MÜLLER (1948)

Esta expresión está basada en antecedentes de laboratorio obtenidos en canales de anchos entre 0.15 y 2.0 m, con pendientes entre 0.04 y 2.0 %, y alturas de escurrimiento entre 0.01 y 1.2 m. se utilizó material de granulometría graduada y uniforme, con pesos específicos entre 1.25 y 4.25 t/m³, y diámetros medios entre 0.4 y 30 mm. Muchas de las experiencias

en las que se basa esta expresión no tenían material en suspensión, por lo cual su aplicación se reduce a gasto sólido de fondo. El gasto sólido de fondo se calcula de la siguiente forma:

$$q_{s*} = 8 \cdot (\tau_* - \tau_{*c})^{\frac{3}{2}} \quad (1)$$

$$\tau_* = \frac{u_*^2}{g \cdot R \cdot D_s} \quad (1)$$

$$q_{s*} = \frac{q_s}{\sqrt{g \cdot R \cdot D_s^3}} \quad (3)$$

Donde el diámetro de sedimento D_s es originalmente el diámetro medio del material de fondo en el caso de lechos de granulometría gruesa y extendida, y q_s representa el gasto sólido en volumen equivalente al peso de material seco por unidad de ancho del canal y unidad de tiempo.

En un desarrollo posterior de esta expresión, se recomienda calcular el gasto sólido total en un lecho de granulometría extendida aplicando la expresión anterior a cada una de las fracciones (p_i) de la curva granulométrica para luego sumar los gastos parciales.

$$q_{ST*} = \sum_{i=1}^n p_i \cdot q_{si*} \quad (4)$$

Posteriormente se planteó el uso de una fracción que modela los efectos de escondimiento y sobreexposición de las partículas en el esfuerzo de corte adimensional:

$$\tau_{*ci} = \frac{\tau_{ci}}{\rho \cdot g \cdot R \cdot D_i} \quad (5)$$

$\tau_{*ci} =$	$0.047 \cdot \left(\frac{D_{50}}{D_i}\right)$; $D_i < D_{50}$
	$0.047 - 0.027 \cdot \left(\frac{D_{50} - D_i}{D_{50} - D_{80}}\right)$; $D_{50} \leq D_i \leq D_{80}$
	0.02 ; $D_i > D_{80}$

3.4.2. MÉTODO DE ACKERS & WHITE (1973)

Ackers y White desarrollaron una teoría que supone que el esfuerzo de corte de fondo se asocia con la velocidad media del cauce, para el caso de una superficie granular plana, y que el transporte de material grueso permanece cerca del fondo. El método incorpora el análisis de tres parámetros adimensionales definidos de la siguiente forma:

- Tamaño Adimensional del Sedimento:

$$D_{gr} = D_m \cdot \left(\frac{g \cdot R}{V^2} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (6)$$

- Movilidad:

$$F_{gr} = \frac{u_*^n}{\sqrt{g \cdot D_m \cdot R}} \cdot \left[\frac{V}{\sqrt{32} \cdot \text{Log}_{10} \left(10 \cdot \frac{h}{D_m} \right)} \right]^{1-n} \quad (7)$$

$$u_* = \sqrt{g \cdot R_h \cdot J} \quad (8)$$

- Transporte:

$$G_{gr} = \frac{q_s}{V \cdot D_m} \cdot \left(\frac{u_*}{V} \right)^n \quad (9)$$

En la expresión (9), q_s representa el gasto sólido en volumen equivalente al peso de material seco por unidad de ancho del canal y unidad de tiempo.

Los autores propusieron la siguiente relación para determinar el arrastre de fondo en lechos con granulometrías uniformes y graduadas:

$$G_{gr} = C \cdot \left(\frac{F_{gr}}{A} - 1 \right)^m \quad (10)$$

Donde A, m, n y C son funciones de D_{gr} , según se detalla:

Si $D_{gr} > 60$ (sedimento grueso, $D_m < 2.5$ mm), entonces	n = 0 A = 0.17 m = 1.5 C = 0.025
Si $1 \leq D_{gr} \leq 60$, entonces	$n = 1 - 0.56 \cdot \text{Log}_{10} (D_{gr})$ $A = \frac{0.23}{\sqrt{D_{gr}}} + 0.14$ $m = \frac{9.66}{D_{gr}} + 1.34$ $\text{Log}_{10} (C) = 2.86 \cdot \text{Log}_{10} (D_{gr}) - [\text{Log}_{10} (D_{gr})]^2 - 3.53$
Si $D_{gr} < 1$, entonces	Las ecuaciones anteriores no son válidas puesto que se trata de material de características cohesivas.

El trabajo se basó en información del arrastre generalizado obtenido experimentalmente por diversos autores, llegando a crear un banco de datos superior a 1000 experiencias, realizadas con materiales uniformes y graduados, profundidades mayores a 0.4 m, escurrimiento uniforme, números de Froude menores a 0.8 y material menor a 6 mm, a pesar de que en la deducción de algunos parámetros se usaron gravas entre 6.22 - 29 mm y profundidades relativas entre 1.3 y 33 m aproximadamente. Con respecto a los casos de cauces naturales se compararon los resultados de estimación con campañas de medición de gasto sólido total en un cauce natural con fondo arenoso de granulometría extendida de Paragüay. Se encontró un mejor ajuste a las estimaciones del gasto sólido al utilizar el diámetro característico d_{35} .

3.4.3. MÉTODO DE PARKER (1990)

Algunas de las ecuaciones de gasto sólido de fondo revisadas previamente han sido aplicadas al caso de granulometría no uniforme introduciendo alguna recomendación para estimar el tamaño del sedimento a ser usado en cada caso. Por ejemplo, la fórmula de Meyer-Peter y Muller se recomienda aplicarla usando el tamaño medio del sedimento, tal que $d_s = d_m$, mientras que la ecuación de Ackers y White se recomienda aplicarla usando $d_s = d_{35}$. Por otro lado, Einstein propone una corrección a su fórmula tomando en cuenta un factor de escondimiento para corregir los valores ξ_1 y ξ_2 , aplicándola a cada fracción granulométrica por separado y luego sumando sobre todas las fracciones, considerando el porcentaje retenido de cada fracción en la curva granulométrica.

Estas consideraciones, sin embargo, no toman en cuenta el fenómeno de formación de la coraza en presencia de una granulometría extendida y, por lo tanto, las ecuaciones clásicas de gasto sólido revisadas hasta ahora no necesariamente son aplicables a tales condiciones.

El transporte de sedimentos en un lecho de granulometría extendida depende de la cantidad de cada fracción granulométrica presente en la superficie del lecho, es decir, de la granulometría de la coraza (Wilcock y Crowe, 2003). Cualquier método de cálculo de gasto sólido de fondo que no incorpore esta información y se base sólo en la granulometría del sustrato será incapaz de estimar adecuadamente las tasas de transporte, en tanto no podrá tomar en cuenta los procesos de segregación que ocurren en la capa superficial. Existen al menos dos métodos de cálculo del gasto sólido de fondo en lechos de granulometría extendida que se basan en la granulometría de la coraza: Parker (1990) y Wilcock y Crowe (2003).

Considerados los efectos asociados a un lecho de granulometría extendida, y en particular la distribución granulométrica de la coraza, Parker (1990) desarrolló una metodología de cálculo del gasto sólido de fondo, basado en datos de terreno medidos en un par de arroyos montañosos de Nueva Zelanda y California, Estados Unidos. Esta metodología, sin embargo, es definida sólo relativa a tamaños mayores a 2 mm y, por lo tanto, no toma en cuenta la fracción de arenas presente en la capa superficial.

Sea $\{ (d_{si}, F_i), i = 1, \dots, N \}$ la curva granulométrica de la coraza, formada por N fracciones granulométricas, donde F_i representa el porcentaje retenido asociado a la fracción de tamaño d_{si} . Esta curva no debe contener tamaños inferiores a 2 mm. Ello significa que si la curva granulométrica disponible contiene dichos tamaños, ella deberá ser cortada a 2 mm y el gasto sólido calculado con este método corresponderá sólo a fracciones de tamaño superior. El método de Parker no permite estimar el gasto sólido de las arenas arrastradas por el flujo.

Sea q_s el gasto sólido total de fondo, medido como la tasa volumétrica por unidad de ancho. Este responde a la suma sobre el gasto sólido asociado a cada fracción granulométrica (q_{si}):

$$q_s = \sum_{i=1}^N q_{si} \quad (11)$$

La fracción correspondiente a d_{si} en el material transportado es:

$$p_i = \frac{q_{si}}{q_s} \quad (12)$$

Parker adimensionaliza q_{si} en la forma:

$$W_{si}^* = \frac{R \cdot g \cdot q_{si}}{u_*^3 \cdot F_i} \quad (13)$$

Donde q_{si}/F_i es una medida de la cantidad de material arrastrado correspondiente a la fracción d_{si} si éste estuviera exclusivamente representado en el lecho, aunque considera los efectos de escondimiento y sobreexposición asociados a la granulometría de la coraza.

Por otra parte, si d_{sg} es el tamaño medio geométrico de la mezcla, entonces el esfuerzo de corte adimensional asociado es:

$$\tau_{*sg} = \frac{u_*^2}{g \cdot R \cdot d_{sg}} \quad (14)$$

Este valor se normaliza, de modo que:

$$\phi_{sg0} = \frac{\tau_{*sg}}{\tau_{*rsg}} \quad (15)$$

Donde ζ_{*rsg} representa un esfuerzo de corte de referencia al cual se le asigna un valor igual a 0.0386.

La ecuación de gasto sólido de Parker relaciona este esfuerzo de corte adimensional normalizado con la tasa de transporte adimensional mediante:

$$W_{si}^* = 0.00218 \cdot G(X_i) \quad (16)$$

Donde,

$$X_i = \omega \cdot g_{0i} \cdot \phi_{sg0} \quad (17)$$

Representa el esfuerzo de corte adimensional, normalizado, modificado por efecto de escondimiento/sobreexposición (en que g_{0i} representa una función de escondimiento/sobreexposición evaluada para la fracción i) y además modificado por un parámetro de estiramiento para ajustar datos empíricos (donde ω representa el parámetro de estiramiento). Por otro lado, G representa una función que está dada por:

$G(\xi) =$	$5474 \cdot \left(1 - \frac{0.853}{\xi}\right)^{4.5}$	$;$ $\xi \geq 1.65$
	$EXP[14.2 \cdot (\xi - 1) - 9.28 \cdot (\xi - 1)^2]$	$;$ $1 \leq \xi < 1.65$
	ξ^{M_0}	$;$ $\xi \leq 1$

Con $M_0 = 14.2$.

Las funciones de escondimiento y estiramiento propuestas por Parker son:

$$g_{0i} = \left(\frac{d_{si}}{d_{sg}}\right)^{-0.0951} \quad (18)$$

$$\omega = 1 + \frac{\sigma_\phi}{\sigma_{\phi_0}} \cdot (\omega_0 - 1) \quad (19)$$

Donde $\sigma_\phi = \text{Log}_2(\sigma_{sg})$ y σ_{sg} denota la desviación estándar geométrica del material del lecho. Las variables ω_0 y σ_{ϕ_0} son funciones de ϕ_{sg0} como se muestra en la siguiente figura:

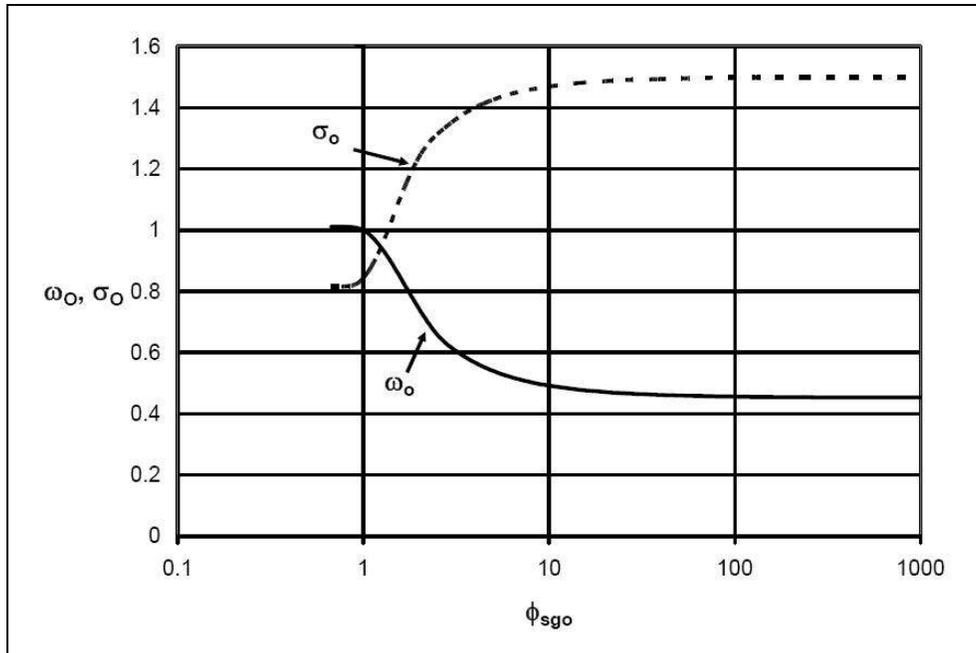


Figura N°32: Funciones $\sigma_0(\phi_{sgo})$ y $\omega_0(\phi_{sgo})$ en la Fórmula de Parker

3.4.4. MÉTODO DE WILCOCK & CROWE (2003)

Wilcock y Crowe (2003) señalan que una importante limitación del Método de Parker es el hecho que no se hace cargo de la fracción de arenas presente en la curva granulométrica de la coraza. Según estos autores dicha fracción tiene un importante efecto, no lineal, sobre el transporte de gravas, el cual no es tomado en cuenta por el Método de Parker. Para corregir ese problema Wilcock y Crowe proponen un método alternativo basado en experimentos de laboratorio, en los que se han medido simultáneamente parámetros del flujo, la tasa de transporte de fondo y la granulometría de la coraza en lecho de granulometría extendida.

La definición del gasto sólido adimensional W_{si}^* que hacen Wilcock y Crowe es la misma de Parker. Estos autores plantean una relación del tipo:

$$W_{si}^* = f\left(\frac{\tau}{\tau_{ri}}\right) \quad (20)$$

Donde ζ es el esfuerzo de corte sobre el lecho y ζ_{ri} denota un esfuerzo de corte de referencia, tal que cuando $\zeta = \zeta_{ri}$ el valor de W_{si}^* corresponde al valor pequeño, de referencia, igual a 0.002. El valor de ζ_{ri} se define para cada fracción granulométrica, tomando en cuenta los efectos de escondimiento y sobreexposición, según la relación:

Donde d_{sm} denota el tamaño medio del sedimento de la coraza y ζ_{rm} corresponde al esfuerzo de corte de referencia asociado a d_{sm} y el exponente b está dado por:

$$b = \frac{0.67}{1 + EXP\left(1.5 - \frac{d_{si}}{d_{sm}}\right)} \quad (21)$$

El valor de se correlaciona, en términos del esfuerzo adimensional ζ_{rm*} ,

$$\tau_{rm*} = \frac{\tau_{rm}}{\rho \cdot g \cdot R \cdot d_{sm}} \quad (22)$$

Con el porcentaje de arena presente en la capa superficial, F_s , considerando en el rango de arenas los tamaños inferiores a 2 mm (Wilcock y Crowe experimentaron con arenas en el rango entre 0.5 y 2 mm), según la expresión siguiente:

$$\tau_{rm*} = 0.021 + 0.015 \cdot EXP(-20 \cdot F_s) \quad (23)$$

La ley de gasto sólido propuesta por Wilcock y Crowe es, finalmente:

$W_{si}^*(\phi) =$	$0.002 \cdot \phi^{7.5} \quad ; \phi < 1.35$
	$14 \cdot \left(1 - \frac{0.894}{\phi^{0.5}}\right)^{4.5} \quad ; \phi \geq 1.35$

Donde, en este caso $\phi = \zeta / \zeta_{ri}$.

3.5. MUESTREO SEDIMENTOLÓGICO

Para aplicar los métodos transporte de sedimentos se precisa disponer de las curvas granulométricas representativas del tramo en estudio, por sectores. Con este objeto se realizó una campaña granulométrica, de acuerdo al procedimiento que se describe:

- (1) Se ejecutaron 6 pozos o calicatas de muestreo a lo largo del tramo en estudio. La ubicación de cada pozo se definió en visita a terreno, entre el profesor guía y el alumno. Se incluye en los planos anexos a esta memoria el sitio y las coordenadas UTM de cada uno.
- (2) Los pozos tuvieron las siguientes dimensiones: largo $L = 2$ m, ancho $B = 1$ m y profundidad $H = 2$ m. La excavación se realizará por capas de 0,50 m de espesor, evitando alterar la granulometría del sedimento.
- (3) Enseguida, se procedió a obtener una muestra representativa de cada capa, mediante el procedimiento que se detalla en el punto que viene.
- (4) A continuación, el procedimiento fue:
 - a) Los bolones de un cierto tamaño (ver letra b) se caracterizaron mediante 3 dimensiones, según tres ejes perpendiculares entre sí. Las dimensiones menor, intermedia y mayor se denominaron a , b y c , respectivamente.
 - b) Se sacarán todos los bolones cuya dimensión intermedia (dimensión b) sea mayor de 30 cm. Se anotó el número de elementos y el peso seco total de ellos. Estos bolones se depositaron sobre un plástico, a fin de evitar la contaminación de estos elementos con el sedimento propio del suelo. Este acopio de bolones se identificó con el número correspondiente a la capa respectiva.
 - c) Extraídos los bolones, el sedimento que quedó se revolvió con el fin de disponer de una mezcla homogénea.
 - d) Esta mezcla se dividió en cuatro porciones iguales, por dos ejes perpendiculares entre sí.
 - e) Se mezclaron dos porciones en diagonal, las cuales se acopiarán sobre un tablero que las aisle del suelo.
 - f) Se revolvió esta mezcla y nuevamente se separará en 4 porciones, según lo indicado en d).
 - g) Se mezclaron nuevamente dos porciones en diagonal, acoplándolas en forma análoga a lo indicado en e).
 - h) El procedimiento de cuarteo descrito, se continuó hasta obtener una muestra de aproximadamente 400 a 450 Kg.
- (5) La muestra obtenida se secó esparciéndola en un tablero, antes de efectuar su análisis granulométrico. El resto del material cuarteado se amontonó con la identificación correspondiente.

(6) Una vez secada la muestra obtenida por el proceso de cuarteo, se procedió a tamizar el material para dividirlo en dos grupos:

- a) Grupo 1: Material de tamaño superior a 5" (127 mm).
- b) Grupo 2: Material de tamaño inferior a 5".

Para ello, se dispuso de un harnero de 2 m de largo por 1 m de ancho, cuya malla está formada por barras de fierro de ϕ 6 mm, con abertura libre entre barras de 5", las que constituyen las aberturas nominales.

(7) El análisis granulométrico del material del Grupo 1 se efectuó pesando el material que quede retenido en las siguientes mallas: 5" (127 mm) - 200 mm - 250 mm.

Los pesos correspondientes se anotarán en la hoja de registro.

(8) Las características de los harneros será la siguiente:

Abertura Nominal (mm)	ϕ Barrote (mm)	Largo (m)	Ancho (m)
5" (127 mm)	6	2	1
200	8	2	1
250	8	2	1

(9) El sedimento de tamaño menor a 5" se secará y se le hará su análisis granulométrico tamizándolo por mallas cuyas aberturas nominales serán: 100 mm, 64 mm, 32 mm, 16 mm y 9,52 mm ($\frac{3}{8}$ "). Las mallas se construyeron con fierro redondo o alambre suficientemente resistente para evitar su deterioro durante el proceso de tamizado.

(10) El cernido se realizó en forma manual.

(11) Los tamices se confeccionaron rectangulares, de 0,60 m x 0,80 m, con mangos para facilitar el cernido. Se podrá cernir en conjunto los tamices, apoyándolos sobre una base que permita bascular el sistema. El tiempo de cernido no será inferior a cinco minutos.

(12) El material que pase por la malla de abertura nominal 9,52 mm ($\frac{3}{8}$ ") se secó y pesó. Cuando el peso resultó inferior al 10% del peso total de la muestra representativa (punto 11), no se efectuó el análisis granulométrico de este material. Se anotará el peso correspondiente en la hoja de registro.

(13) Cuando el peso del material en este rango, o sea bajo 9,52 mm, fue superior al 10% del peso total de la muestra representativa (punto 11), se separó una muestra de 2.500 gramos, la cual se envió a laboratorio para su análisis granulométrico.

Se dejó constancia en la hoja de registro del peso total del material bajo 9,52 mm y del peso de la muestra enviada a laboratorio.

- (14) El análisis granulométrico de laboratorio incluyó los tamices N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 y 200. El laboratorio entregó los resultados del cribado, el peso total de la muestra procesada, proceso y tamices empleados.
- (15) Todos los datos obtenidos en el análisis granulométrico de la muestra representativa de cada capa, se entregaron al alumno, fueron procesados y se confeccionaron las correspondientes curvas granulométricas integradas.
- (16) Se llevó una hoja de registro para cada muestra representativa de cada capa.
- (17) Terminado el análisis granulométrico, la muestra representativa de cada capa se acopió convenientemente identificada, y se inspeccionó visualmente.

3.6. MODELACIÓN FLUVIAL

3.6.1. DESCRIPCIÓN DEL MODELO

Con los antecedentes topográficos, hidrológicos, hidráulicos y sedimentológicos, se implementó un programa en Excel que calcula el arrastre potencial de sedimentos mediante las fórmulas de Meter-Peter & Müller, Ackers & White, Parker, y Wilcock & Crowe. El programa, además, ejecuta balances por subtramos de 100 metros, durante un tiempo de simulación con un determinado caudal, arrojando como resultado la variación ΔZ de las cotas, la cual se suma a las del perfil longitudinal del tramo en estudio.

Este modelo busca caracterizar la respuesta mecánico-fluvial del tramo de cauce seleccionado frente al tránsito de crecidas pluviales.

Antes de abordar la implementación del modelo es necesario establecer las características de los hidrogramas de crecida. Dado que no se dispone de información limnigráfica, se recurrió al Método del Hidrograma Triangular del SCS para estimar tiempo base, t_b , representativos de los hidrogramas.

A los tiempos base característicos, se les sumarán múltiplos de t_c , hasta 3 veces t_c , de modo de abarcar el rango de hidrogramas desde $t_b = t_c$ hasta arribar, aproximadamente, al hidrograma en “S”.

3.6.1.1. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Para los diversos cálculos que se requieren es necesario conocer el tiempo de concentración de las cuencas. Esto puede realizarse por diversos procedimientos, pero lo más sencillo es la utilización de fórmulas que proporcionan una aproximación. La más utilizada en Chile es la que se incluye en el “Manual de cálculo de crecidas y caudales mínimos en cuencas sin información fluviométrica” (DGA, MOP, 1995):

California Highways and Public Works

$$t_c = 0,95 \cdot \left(\frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0,385}$$

t_c = Tiempo de Concentración (horas).
 L = Longitud del Cauce (Km).
 ΔH = Desnivel Máximo de la Cuenca (m).

Ministerio de Obras Públicas de España

$$t_c = 0,3 \cdot \left(\frac{L}{S^{0,25}} \right)^{0,77}$$

t_c = Tiempo de Concentración (horas).
 L = Longitud del Cauce (Km).
 S = Pendiente Media (m/m).

Kirpich

$$t_c = 3,97 \cdot \left(\frac{L^{0,77}}{S^{0,385}} \right)$$

t_c = Tiempo de Concentración (minutos).
 L = Longitud del Cauce (Km).
 S = Pendiente Media (m/m).

Bransby Williams

$$t_c = 14,6 \cdot L \cdot A^{-0,1} \cdot S^{-0,2}$$

- t_c = Tiempo de Concentración (minutos).
 L = Longitud del Cauce (Km).
 S = Pendiente Media (m/m).
 A = Superficie de la Cuenca (Km²).

PENDIENTE DE MOCIORNITA

La pendiente media de la cuenca se calcula como la media ponderada de las pendientes de todas las superficies elementales en las que la línea de máxima pendiente es constante. Se define matemáticamente como sigue:

$$S = \frac{h \cdot \left(\frac{L_0}{2} + \sum_{i=1}^{N-1} L_i + \frac{L_N}{2} \right)}{A} \quad (1)$$

Donde:

- S = Pendiente Media de Mociornita (m/m).
 h = Equidistancia Entre Curvas de Nivel (m).
 L_0 = Longitud de la Curva de Nivel de Menor Cota (m).
 $\sum_{i=1}^{N-1} L_i$ = Suma de las Longitudes de las Curvas de Nivel Intermedias (m).
 L_N = Longitud de la Curva de Nivel de Mayor Cota (m).
 A = Superficie de la Cuenca (m²).

De las Cartas IGM 1:50.000 se obtuvieron los parámetros físicos, con los que se calculó el tiempo de concentración para cada cuenca y por altitud de la Isoterma 0 °C:

Tabla N°36: Tiempos de Concentración Cuenca Río Colina Alto

Cota Interfase Líquida - Sólida (msnm)	L (Km)	ΔH (m)	S (m/m)	A (Km ²)	t_c CHPW (horas)	t_c MOPE (horas)	t_c KIRPICH (minutos)	t_c B&W (minutos)	t_c Adoptado (horas)
2000	17.0	1140	0.39	72	1.67	3.19	50.5	195.4	2.00
2500	21.9	1640	0.41	138	1.94	3.84	60.3	233.5	2.30
3000	25.4	2140	0.45	183	2.08	4.22	65.2	258.4	2.50

Tabla N°37: Tiempos de Concentración Cuenca Río Colina Bajo

Cota Interfase Líquida - Sólida (msnm)	L (Km)	ΔH (m)	S (m/m)	A (Km ²)	t_c CHPW (horas)	t_c MOPE (horas)	t_c KIRPICH (minutos)	t_c B&W (minutos)	t_c Adoptado (horas)
2000	10.5	1332	0.28	55	0.90	2.34	39.6	132.5	1.30
2500	12	1850	0.29	58	0.93	2.58	43.3	149.5	1.50

3.6.1.2. HIDROGRAMA TRIANGULAR

Para tener una idea aproximada de la respuesta de una cuenca pequeña a precipitaciones cortas y homogéneas, se pueden utilizar algunas fórmulas empíricas que, basándose en características físicas de la cuenca (superficie, pendiente media, longitud del cauce, etc.) proporcionan una idea del hidrograma resultante. Entre las numerosas aproximaciones que se encuentran en la bibliografía, se refiere resumidamente la Soil Conservation Service, actual National Resources Conservation Service de EE.UU.

La forma del hidrograma se esquematiza como un triángulo (Figura N°19), lo que, a pesar de su simplicidad, proporciona parámetros fundamentales del hidrograma: el caudal peak (Q_p), el tiempo base (t_b) y el tiempo en que se produce el peak (t_p). En la misma figura se señalan la duración de la precipitación neta (D) y el tiempo de retardo o respuesta (t_r).

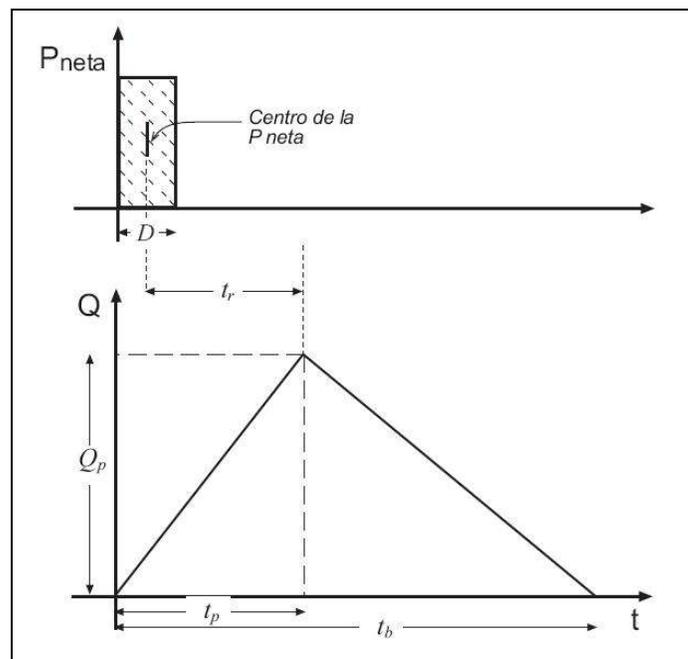


Figura N°33: Esquema Hidrograma Triangular S.C.S.

Este hidrograma tiene una zona de ascenso que corresponde aproximadamente al 37 % del volumen escurrido. El tiempo base y el tiempo al peak se pueden estimar a partir del tiempo de concentración de la cuenca. Las expresiones propuestas son las siguientes:

Q_p = Caudal Instantáneo Máximo (caudal peak).

$$T_p = 0,67 \cdot T_C$$

$$T_b = 2,67 \cdot T_p = 1,8 \cdot T_C$$

Con los tiempos base, por tiempo de concentración, se definió la variable T_{Sn} , tiempo de simulación:

$$T_{Sn} = t_b(t_c) + (n - 1) \cdot t_c \quad , \text{ con } n = 1, \dots, 4$$

De esta forma, se establecieron 4 tiempos de simulación, que se detallan:

Tabla N°38: Tiempos Base H.T. y de Simulación Cuenca Río Colina Alto

t_c (horas)	t_p (horas)	t_b (horas)	T_{s1} (horas)	T_{s2} (horas)	T_{s3} (horas)	T_{s4} (horas)
2.00	1.34	3.60	3.60	5.60	7.60	9.60
2.30	1.54	4.14	4.14	6.44	8.74	11.04
2.50	1.68	4.50	4.50	7.00	9.50	12.00

Tabla N°39: Tiempos Base H.T. y de Simulación Cuenca Río Colina Bajo

t_c (horas)	t_p (horas)	t_b (horas)	T_{s1} (horas)	T_{s2} (horas)	T_{s3} (horas)	T_{s4} (horas)
1.30	0.87	2.34	2.34	3.64	4.94	6.24
1.50	1.01	2.70	2.70	4.20	5.70	7.20

Estos tiempos de simulación se utilizan en el modelo sedimentológico, definiendo el lapso de tiempo en que opera el balance por subtramos de 100 m, en cuyos perfiles transversales está asignada la tasa potencial de arrastre de sedimentos. A su vez, se propone la magnitud de los caudales medios diarios máximos para realizar la simulación hidráulica y, posteriormente, el análisis de equilibrio por subtramos.

Surge entonces la necesidad de validar la variable T_{Sn} . La validación se trata en Capítulo Presentación y Análisis de Resultados.

3.6.2. IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO

En esta parte se explican las hipótesis, consideraciones y restricciones tenidas en cuenta al construir el modelo de equilibrio sedimentológico.

El Modelo se elaboró en base a macros y programación simple en planilla Excel.

3.6.2.1. CONSIDERACIONES E HIPÓTESIS DE MODELACIÓN

- a) Esguerrimiento permanente, gradualmente variado.

- b) Coeficiente de Rugosidad de Mannig variable espacialmente, pero constante durante el tiempo de simulación.
- c) Condiciones hidráulicas (Cota E.H., V, τ , L, etc.) son constantes por perfil, para cada crecida.
- d) Las curvas granulométricas integrales obtenidas para cada pozo se asignan a subtramos representativos, los cuales no cambian en el tiempo.
- e) Los sedimentos se acomodan dejando una porosidad $\lambda_s = 0,3$ cte.

3.6.2.2. PROGRAMACIÓN

La programación en Excel consistió fundamentalmente en la incorporación de datos hidráulicos y granulométricos para evaluar las tasas de transporte potencial de sedimentos, mediante cuatro fórmulas, con opciones de análisis.

ENTRADAS

- a) Tabla de parámetros hidráulicos, obtenidos del software Hec-Ras v4.0. En estas modelaciones se utiliza la variable Q_{MDM} , con la inyección de los aportes de la Cuenca Río Colina Bajo en el Perfil Transversal del Km 7+400, mismo que coincide con el del otrora Sifón El Molino.
- b) Curvas granulométricas integrales.
- c) Cota original del lecho, según Kilometraje.
- d) Tabla de viscosidad cinemática.

CONDICIONES DE BORDE

- a) En el Perfil del Km 13+000 se impone la condición de Altura Normal (torrente).
- b) Desde el Km 13+000 al Km 12+500 es lecho es predominantemente rocoso, por lo que los resultados del transporte de sedimentos se incluye para efectos meramente ilustrativos. El transporte se analiza desde Km 12+400 a Km 0+000.

CONDICIONES INICIALES

El programa no contempla manejo de condiciones iniciales especiales.

OPCIONES

- a) Período de Retorno, T.
- b) Curvas Granulométricas, por Pozo, Capa y Promedio.
- c) Método de Transporte de Sedimentos.
- d) Tiempo de Simulación, T_{Sn} .

RESULTADOS

De acuerdo a la combinación de opciones seleccionadas para una simulación, los resultados son los siguientes:

- a) Gasto volumétrico unitario, q_s ; gasto volumétrico, Q_s , por método, por perfil transversal.
- b) Variación de cotas, ΔZ , y cotas Z .
- c) Gráficos comparativos.

3.6.2.3. RESTRICCIONES

- a) Este programa trabaja exclusivamente con tasas potenciales de arrastre de sedimentos. No fue posible establecer relaciones reales de gasto sólido v/s gasto líquido debido a falta de información.
- b) Entre una crecida y otra, el lecho (perfiles transversales) no se modifica, por lo que los casos analizados aplican sólo para el tránsito de $Q_{MDM}(T)$, durante T_{SN} .

MODELO SEDIMENTOLÓGICO RÍO COLINA																																																					
<table border="1"> <tr> <td>Periodo de Retorno</td> <td>T=25 años</td> </tr> <tr> <td>Tas (hrs)</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Lz</td> <td>0.3</td> </tr> </table>												Periodo de Retorno	T=25 años	Tas (hrs)	0	Lz	0.3	<table border="1"> <tr> <th>Pezo</th> <th>Capa</th> <th>Modelos</th> <th>USO</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Capa</td> <td>MEYER, PETER & MÜLLER</td> <td>SI</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Capa Promedio</td> <td>ACKERS & WHITE</td> <td>SI</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Capa Promedio</td> <td>PARKER</td> <td>SI</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Capa</td> <td>WILCOCK & CROWE</td> <td>SI</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Capa Promedio</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Capa Promedio</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				Pezo	Capa	Modelos	USO	1	Capa	MEYER, PETER & MÜLLER	SI	2	Capa Promedio	ACKERS & WHITE	SI	3	Capa Promedio	PARKER	SI	4	Capa	WILCOCK & CROWE	SI	5	Capa Promedio			6	Capa Promedio						
Periodo de Retorno	T=25 años																																																				
Tas (hrs)	0																																																				
Lz	0.3																																																				
Pezo	Capa	Modelos	USO																																																		
1	Capa	MEYER, PETER & MÜLLER	SI																																																		
2	Capa Promedio	ACKERS & WHITE	SI																																																		
3	Capa Promedio	PARKER	SI																																																		
4	Capa	WILCOCK & CROWE	SI																																																		
5	Capa Promedio																																																				
6	Capa Promedio																																																				
PERFIL (Km)	q_s (m ³ /hr/m)				$Q_s = q_s \times L$ (m ³ /hr)				$Q_s = q_s \times L$ (m ³ /da)				ΔZ (m)				Z (m)																																				
	MEYER, PETER & MÜLLER	ACKERS & WHITE	PARKER	WILCOCK & CROWE	MEYER, PETER & MÜLLER	ACKERS & WHITE	PARKER	WILCOCK & CROWE	MEYER, PETER & MÜLLER	ACKERS & WHITE	PARKER	WILCOCK & CROWE	MEYER, PETER & MÜLLER	ACKERS & WHITE	PARKER	WILCOCK & CROWE	MEYER, PETER & MÜLLER	ACKERS & WHITE	PARKER	WILCOCK & CROWE																																	
21	13-900	0.00000	0.007786	0.005440	0.004204	0.00000	0.04403	0.132272	0.00000	0	3.803	11.915	8.900	12-950	0.00	-2.11	-6.97	-5.85	982.27	980.26	955.40	956.52																															
22	12-900	0.00000	0.006275	0.026701	0.021941	0.00000	0.154572	0.496778	0.409893	0	13.295	43.094	35.412	12-850	0.00	2.28	7.40	6.21	956.99	961.95	966.20	965.06																															
23	12-800	0.00000	0.009328	0.008096	0.004712	0.00000	0.042232	0.122582	0.103842	0	3.443	10.751	8.959	12-750	0.00	-0.15	-0.40	-0.31	956.62	956.35	956.12	956.20																															
24	12-700	0.00000	0.005322	0.007011	0.005495	0.00000	0.059482	0.184111	0.120398	0	4.410	13.276	10.399	12-650	0.00	-0.67	-2.35	-1.90	953.45	952.78	951.10	951.95																															
25	12-600	0.00000	0.004623	0.012382	0.016260	0.00000	0.056795	0.279502	0.222098	0	7.498	24.149	19.081	12-550	0.00	0.69	2.14	1.73	949.60	950.48	951.94	951.53																															
26	12-500	0.00000	0.002789	0.009423	0.007129	0.00000	0.057228	0.175941	0.105495	0	4.608	15.025	11.714	12-450	0.00	-0.78	-3.31	-2.63	948.50	945.71	943.19	943.99																															
27	12-400	0.00000	0.005199	0.008397	0.006424	0.00000	0.158221	0.484827	0.388321	0	10.905	41.600	31.884	12-350	0.00	0.57	1.71	1.26	943.22	943.89	945.03	944.59																															
28	12-300	0.00000	0.000401	0.009109	0.006974	0.00000	0.004951	0.182295	0.102524	0	4.109	10.207	8.059	12-250	0.00	-0.14	-0.27	-0.18	939.77	939.62	939.50	939.62																															
29	12-200	0.00000	0.000892	0.003007	0.002295	0.00000	0.035262	0.116701	0.125195	0	3.047	15.207	11.058	12-150	0.00	0.09	0.22	0.15	936.68	936.75	936.89	936.81																															
30	12-100	0.00000	0.006206	0.009950	0.005234	0.00000	0.018947	0.138050	0.108238	0	1.837	11.756	5.363	12-050	0.00	-0.05	-0.25	-0.26	933.94	933.48	933.19	933.28																															
31	12-000	0.00000	0.000268	0.009190	0.004488	0.00000	0.031226	0.222049	0.172932	0	2.707	19.271	14.999	11-950	0.00	0.09	0.31	0.22	930.05	930.14	930.36	930.27																															
32	11-900	0.00000	0.000055	0.009162	0.000944	0.00000	0.006695	0.181913	0.107172	0	0.862	14.800	5.571	11-850	0.00	0.00	0.03	0.02	928.52	928.32	928.93	928.94																															
33	11-800	0.00000	0.000055	0.000955	0.000838	0.00000	0.008237	0.120812	0.195012	0	7.200	11.287	5.074	11-750	0.00	0.01	0.03	0.02	923.87	923.88	923.90	923.87																															
34	11-700	0.00000	0.000042	0.000829	0.000718	0.00000	0.006974	0.128912	0.104743	0	5.25	10.447	5.050	11-650	0.00	0.01	0.03	0.02	920.62	920.62	920.62	920.62																															
35	11-600	0.00000	0.000059	0.000945	0.000895	0.00000	0.007775	0.125340	0.106383	0	6.72	10.259	5.174	11-550	0.00	0.01	0.03	0.02	917.39	917.40	917.41	917.40																															
36	11-500	0.00000	0.000034	0.000985	0.000836	0.00000	0.004955	0.189839	0.105883	0	3.60	10.242	6.777	11-450	0.00	0.01	0.01	0.01	914.44	914.45	914.45	914.45																															
37	11-400	0.00000	0.000000	0.000995	0.000734	0.00000	0.007196	0.176322	0.098890	0	1.21	10.051	6.530	11-350	0.00	0.12	-0.34	-0.24	911.02	911.00	910.77	910.68																															
38	11-300	0.00000	0.000136	0.010197	0.000497	0.00000	0.036790	0.222037	0.172209	0	3.179	19.191	14.971	11-250	0.00	0.11	0.27	0.28	907.83	907.94	908.20	908.08																															
39	11-200	0.00000	0.000032	0.000890	0.000774	0.00000	0.004448	0.119593	0.097282	0	2.88	9.872	6.414	11-150	0.00	0.00	-0.06	-0.02	904.78	904.78	904.72	904.75																															
40	11-100	0.00000	0.000047	0.010111	0.000829	0.00000	0.004932	0.129678	0.107238	0	4.75	11.989	5.274	11-050	0.00	0.16	-0.42	-0.23	901.91	901.92	901.77	901.80																															
41	11-000	0.00000	0.000040	0.002487	0.000878	0.00000	0.047107	0.222228	0.106829	0	4.073	20.496	15.036																																								

Figura N°34: Imagen Hoja Excel Principal del Modelo Sedimentológico

4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. ENSAMBLE TOPOGRÁFICO

Los levantamientos topográficos locales en torno a los Puentes Esmeralda y San Luis se ensamblaron en la restitución aerofotogramétrica, resultando una superficie topográfica con curvas de nivel cada 1 m. Esta superficie permitió sustentar los cálculos de arrastre de sedimentos y socavaciones que se detallan en este capítulo.

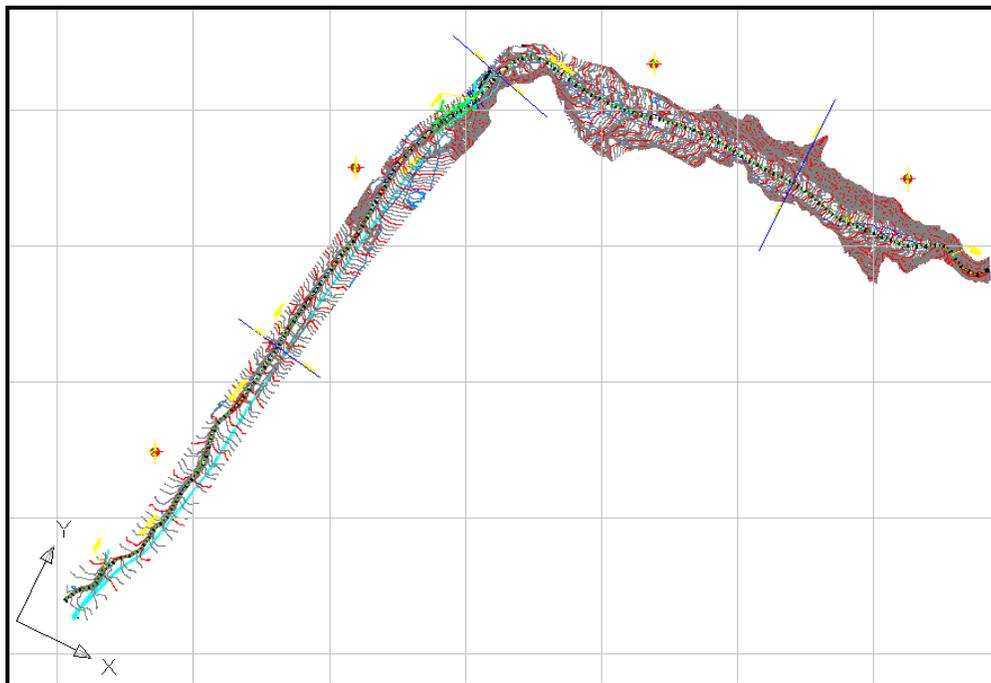


Figura N°35: Planta Topográfica del Tramo de Estudio

Se anexa al final de esta memoria los planos planta individuales de los puentes y el plano general ensamblado. De ellos se obtuvieron perfiles transversales equidistantes cada 100 m, los cuales se ingresaron a Hec-Ras y se incorporan en el Modelo Sedimentológico.

4.2. CURVAS GRANULOMÉTRICAS INTEGRALES

La campaña granulométrica permitió obtener las curvas granulométricas necesarias para aplicar los diferentes métodos abordados en esta memoria.

En el Pozo N°4 se constató su semejanza con el pozo trabajado por el DICTUC en el año 2007, faenas que están debidamente registradas en fotografías.

Cabe mencionar que para esta memoria se construyeron harneros específicos, según los diámetros ensayados por el DICTUC para el Proyecto Cruce Aéreo Canal Colina, y considerando las curvas granulométricas obtenidas por esa institución, lo que permitió respaldar los diámetros seleccionados.

La campaña de terreno tomó 2 semanas, siendo guiada durante toda su duración por el memorista, de acuerdo al procedimiento definido en la Sección 3.5.

En el Pozo N°1 (C1) se ejecutó sólo 1 capa debido a la dificultad de abrir el terreno. En el Pozo N°4 (C4) se considera representativa la curva granulométrica del DICTUC realizada a 4 m de profundidad, cota que de acuerdo al Proyecto CACC corresponde a las Capas 1 y 2 al momento de esta campaña. La uniformidad en la distribución de tamaños en profundidad sugirió utilizar la información del DICTUC. En el resto de los pozos se realizaron íntegramente los cuatro muestreos previstos. El número total de muestreos ascendió, por tanto, a 17 ejercicios del procedimiento. En todas las capas, el material bajo 10 mm pesó más de un 10% del material muestreado, por lo que esa fracción se envió a laboratorio (Tecnolab Ltda.) para la posterior construcción de las curvas granulométricas integrales.

En Anexo Fotográfico se exhibe una selección de fotografías tomadas durante la campaña de terreno. En la siguiente figura se muestran las ubicaciones de los pozos de muestreo. Las coordenadas UTM se indican en el Anexo Cartografía y Planos.



Figura N°36: Ubicación de los Pozos de Muestreo

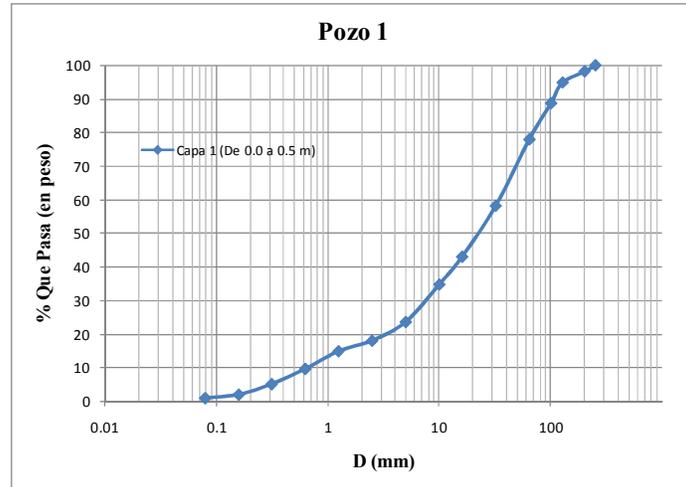


Figura N°37: Curva Granulométrica Integral Pozo 1

Tabla N°40: Resumen Diámetros y Variables Características, Pozo 1

Pozo N°1	D ₅ (mm)	D ₁₆ (mm)	D ₂₅ (mm)	D ₃₅ (mm)	D ₅₀ (mm)	D ₆₅ (mm)	D ₇₅ (mm)	D ₈₀ (mm)	D ₈₄ (mm)	D ₉₀ (mm)	D ₉₅ (mm)	D _m (mm)	σ (mm)	σ _g	F _s (%)
Capa 1	0.3	1.3	5.5	10.0	22.5	42.0	58.5	70.0	82.0	105.0	135.0	40.7	4.7	1.9	17.0

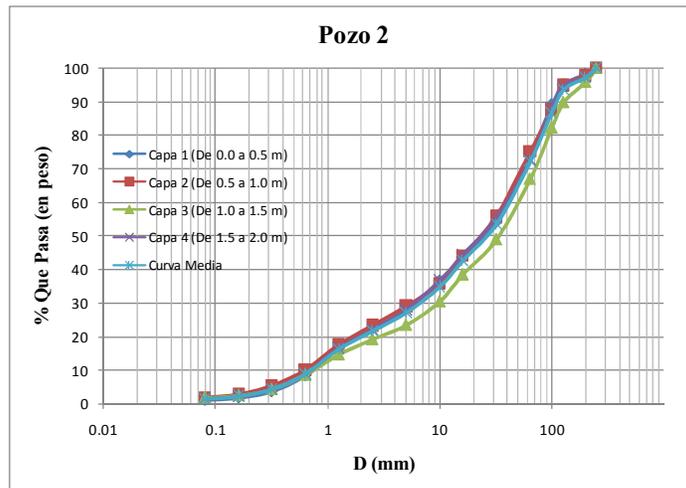


Figura N°38: Curvas Granulométricas Integrales Pozo 2

Tabla N°41: Resumen Diámetros y Variables Características, Pozo 2

Pozo N°2	D ₅ (mm)	D ₁₆ (mm)	D ₂₅ (mm)	D ₃₅ (mm)	D ₅₀ (mm)	D ₆₅ (mm)	D ₇₅ (mm)	D ₈₀ (mm)	D ₈₄ (mm)	D ₉₀ (mm)	D ₉₅ (mm)	D _m (mm)	σ (mm)	σ _g	F _s (%)
Capa 1	0.32	1.1	3.2	9.5	24.0	47.0	65.0	79.0	90.0	108.0	130.0	42.4	4.8	1.9	21.0
Capa 2	0.30	1.1	3.2	9.5	24.0	45.0	65.0	77.0	90.0	110.0	140.0	42.4	4.9	1.9	21.5
Capa 3	0.40	1.6	6.1	14.0	34.0	60.5	82.5	92.5	110.0	135.0	190.0	53.4	5.9	1.8	17.5
Capa 4	0.39	1.2	3.8	8.9	23.5	49.0	70.0	80.0	90.0	108.0	140.0	43.5	5.1	2.0	20.4
Media	0.39	1.3	4.0	10.0	27.5	50.0	70.0	82.0	93.0	115.0	150.0	45.4	5.2	1.8	20.0

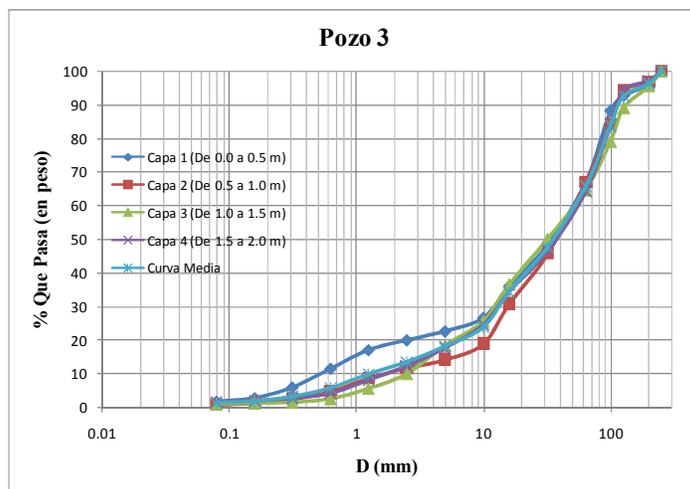


Figura N°39: Curvas Granulométricas Integrales Pozo 3

Tabla N°42: Resumen Diámetros y Variables Características, Pozo 3

Pozo N°3	D ₅ (mm)	D ₁₆ (mm)	D ₂₅ (mm)	D ₃₅ (mm)	D ₅₀ (mm)	D ₆₅ (mm)	D ₇₅ (mm)	D ₈₀ (mm)	D ₈₄ (mm)	D ₉₀ (mm)	D ₉₅ (mm)	D _m (mm)	σ (mm)	σ _g	F _s (%)
Capa 1	0.32	1.1	9.2	17.5	35.0	65.0	78.0	88.0	94.0	109.0	140.0	50.6	5.4	1.6	19.5
Capa 2	0.70	6.8	13.5	19.5	38.0	61.5	80.0	90.0	100.0	115.0	140.0	52.9	5.1	1.6	10.5
Capa 3	1.25	4.1	10.0	16.0	32.0	65.0	90.0	104.0	120.0	140.0	200.0	56.4	5.9	1.9	8.5
Capa 4	0.80	4.0	11.0	17.0	38.0	66.0	84.0	92.5	105.0	120.0	135.0	52.7	5.1	1.7	11.0
Media	0.60	3.7	12.0	17.0	36.5	63.5	82.0	91.0	105.0	122.0	170.0	53.2	5.4	1.7	12.2

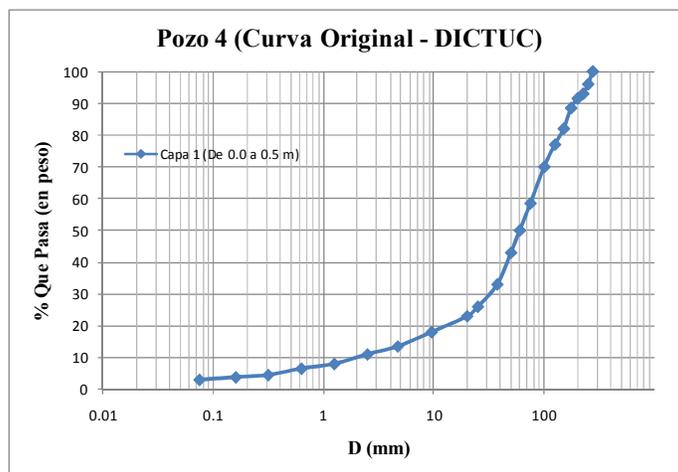


Figura N°40: Curva Granulométrica Integral Pozo 4

Tabla N°43: Resumen Diámetros y Variables Características, Pozo 4

Pozo N°4	D ₅ (mm)	D ₁₆ (mm)	D ₂₅ (mm)	D ₃₅ (mm)	D ₅₀ (mm)	D ₆₅ (mm)	D ₇₅ (mm)	D ₈₀ (mm)	D ₈₄ (mm)	D ₉₀ (mm)	D ₉₅ (mm)	D _m (mm)	σ (mm)	σ _g	F _s (%)
Capa 1	0.41	0.7	22	38.0	59.0	90.0	125.0	145.0	170.0	195.0	220.0	78.2	6.8	1.7	10.0

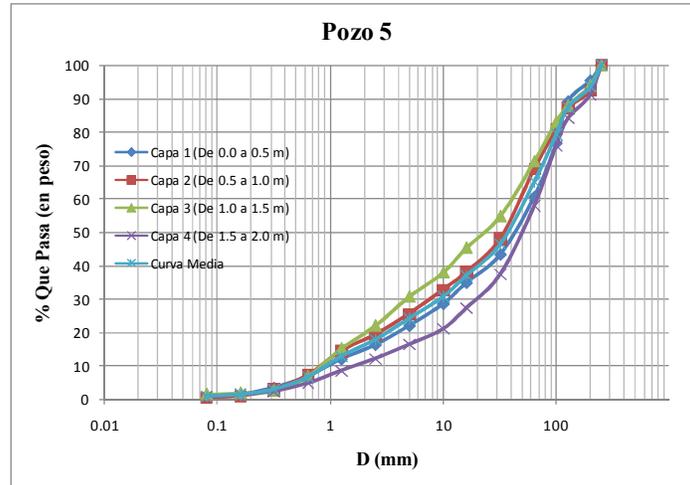


Figura N°41: Curvas Granulométricas Integrales Pozo 5

Tabla N°44: Resumen Diámetros y Variables Características, Pozo 5

Pozo N°5	D ₅ (mm)	D ₁₆ (mm)	D ₂₅ (mm)	D ₃₅ (mm)	D ₅₀ (mm)	D ₆₅ (mm)	D ₇₅ (mm)	D ₈₀ (mm)	D ₈₄ (mm)	D ₉₀ (mm)	D ₉₅ (mm)	D _m (mm)	σ (mm)	σ _g	F _s (%)
Capa 1	0.52	2.3	7.1	17.0	43.0	75.0	98.0	109.0	120.0	135.0	200.0	60.0	6.0	1.7	14.5
Capa 2	0.50	1.5	4.9	13.0	36.0	57.0	80.0	98.0	118.0	170.0	225.0	56.6	6.5	1.8	18.0
Capa 3	0.52	1.4	3.3	7.9	24.0	51.0	75.0	90.0	110.0	160.0	220.0	51.0	6.4	2.1	20.0
Capa 4	0.70	4.2	14.5	28.0	50.5	77.5	99.0	115.0	140.0	190.0	230.0	69.1	6.7	1.7	11.0
Media	0.50	1.9	5.5	14.5	38.0	65.0	89.0	104.0	123.0	160.0	220.0	58.5	6.3	1.8	16.5

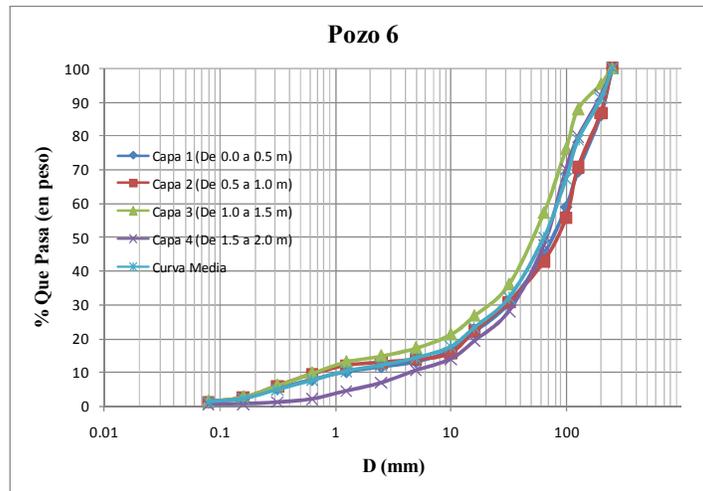


Figura N°42: Curvas Granulométricas Integrales Pozo 6

Tabla N°45: Resumen Diámetros y Variables Características, Pozo 6

Pozo N°6	D ₅ (mm)	D ₁₆ (mm)	D ₂₅ (mm)	D ₃₅ (mm)	D ₅₀ (mm)	D ₆₅ (mm)	D ₇₅ (mm)	D ₈₀ (mm)	D ₈₄ (mm)	D ₉₀ (mm)	D ₉₅ (mm)	D _m (mm)	σ (mm)	σ _g	F _s (%)
Capa 1	0.33	9.1	22.0	43.0	77.0	120.0	160.0	180.0	195.0	215.0	230.0	92.0	7.5	1.6	10.5
Capa 2	0.27	10.5	20.0	43.0	85.0	120.0	150.0	170.0	185.0	220.0	235.0	92.4	7.5	1.5	12.5
Capa 3	0.27	3.1	15.0	31.0	52.0	78.0	98.0	114.0	122.0	150.0	200.0	65.1	6.5	1.5	14.0
Capa 4	1.70	13.0	27.5	42.5	69.0	91.0	120.0	140.0	160.0	190.0	220.0	80.0	6.6	1.5	6.0
Capa 4	0.36	7.4	19.0	37.5	64.0	95.0	124.0	140.0	165.0	197.0	225.0	79.4	6.9	1.6	11.4

4.3. ANÁLISIS HIDRÁULICO

En esta sección se utilizó la geometría obtenida del levantamiento topográfico para construir un modelo geométrico del cauce, con perfiles transversales cada 100 metros.

El objetivo fue simular el comportamiento de las crecidas en su tránsito por el tramo en estudio, Km -0+500 a Km 13+000, analizando la situación existente (Sin Proyecto).

El régimen de escurrimiento es supercrítico, con tendencia a la crisis. Los supuestos y algunos valores de los parámetros utilizados se resumen a continuación:

- En cuanto al control, se han utilizado rugosidades equivalentes de Manning entre 0.040 y 0.060, basados en estudios de Barnes, y pendientes medias de carga entre 2.5 y 4.0 % para todas las simulaciones.
- Se adopta la hipótesis de lecho fijo.
- La altura será la condición de borde más relevante con la que se realizará el análisis de sensibilidad: Normal y Crítica Aguas Arriba.
- Para incluir las pérdidas singulares por ensanchamientos y angostamientos de una sección a otra, se adoptaron los coeficientes 0.3 y 0.1, respectivamente.
- Todas las simulaciones se realizaron en régimen permanente y gradualmente variado.

El Eje Hidráulico se obtiene por medio de iteraciones, partiendo de una sección con altura conocida a otra cuya altura se desea determinar. Se resuelve la ecuación de energía; la cual incluye pérdidas friccionales, determinadas por medio de la Ecuación de Manning; y otras de tipo singular:

$$h_1 + z_1 + \alpha_1 \cdot \frac{v_1^2}{2 \cdot g} + \left[L \cdot J_m + C \cdot \left(\alpha_2 \cdot \frac{v_2^2}{2 \cdot g} - \alpha_1 \cdot \frac{v_1^2}{2 \cdot g} \right) \right] = h_2 + z_2 + \alpha_2 \cdot \frac{v_2^2}{2 \cdot g}$$

4.4. VALIDACIÓN DEL TIEMPO DE SIMULACIÓN T_{Sn}

Uno de los aspectos centrales de discusión del modelo sedimentológico, en lo que respecta a variación de cotas, dice relación con el tiempo de simulación, T_{Sn} . Si en base al hidrograma triangular estimados el tiempo equivalente, T_S , en que actúa el Q_{MDM} , igualando el volumen del hidrograma, V_C , se obtiene:

$$V_C = \frac{1}{2} \cdot t_b \cdot Q_P \quad \wedge \quad V_C = T_S \cdot Q_{MDM} \quad \Rightarrow \quad T_S = 0,5 \cdot t_b \cdot \frac{Q_{IM}}{Q_{MDM}}$$

El tercer término de la última expresión es un valor cercano a 2,00 para la Cuenca Río Colina Alto, por lo que $T_s \approx t_b$, que es una hipótesis fundamental del modelo. En la Cuenca Río Colina Bajo, la relación anterior se definió como 1,43, según el Método (indirecto) DGA-AC. No obstante, por la cercanía entre las cuencas este valor debería ser en realidad inferior y cercano a 2,00.

Para todas las combinaciones de t_c y t_b , se estimó T_s , encontrándose válido el tránsito de Q_{MDM} durante T_{Sn} . Se reproducen algunos resultados:

Tabla N°46: Cálculo de T_s , a partir de Q_{MDM} y t_b

Río Colina en Tramo Superior					
T (años)	Q_{MDM} (m3/s)	Q_{IM} (m3/s)	t_b (horas)	V_c (m3)	T_s (horas)
2	17	34	4.14	253368	4.14
5	45	87	4.14	648324	4.00
10	63	121	4.14	901692	3.98
25	86	165	4.14	1229580	3.97
50	103	197	4.14	1468044	3.96
100	119	230	4.14	1713960	4.00

Tabla N°47: Cálculo de T_s , a partir de Q_{MDM} y t_b

Río Colina en Tramo Inferior					
T (años)	Q_{MDM} (m3/s)	Q_{IM} (m3/s)	t_b (horas)	V_c (m3)	T_s (horas)
2	15	22	2.70	106920	1.98
5	23	33	2.70	160380	1.94
10	28	40	2.70	194400	1.93
25	34	49	2.70	238140	1.95
50	40	57	2.70	277020	1.92
100	45	65	2.70	315900	1.95

Tabla N°48: Cálculo de T_s , a partir de Q_{MDM} y $t_b + t_c$

Río Colina en Tramo Superior					
T (años)	Q_{MDM} (m3/s)	Q_{IM} (m3/s)	t_b (horas)	V_c (m3)	T_s (horas)
2	17	34	6.44	394128	6.44
5	45	87	6.44	1008504	6.23
10	63	121	6.44	1402632	6.18
25	86	165	6.44	1912680	6.18
50	103	197	6.44	2283624	6.16
100	119	230	6.44	2666160	6.22

Tabla N°49: Cálculo de T_s , a partir de Q_{MDM} y $t_b + t_c$

Río Colina en Tramo Inferior					
T (años)	Q_{MDM} (m3/s)	Q_{IM} (m3/s)	t_b (horas)	V_c (m3)	T_s (horas)
2	15	22	4.20	166320	3.08
5	23	33	4.20	249480	3.01
10	28	40	4.20	302400	3.00
25	34	49	4.20	370440	3.03
50	40	57	4.20	430920	2.99
100	45	65	4.20	491400	3.03

4.5. ARRASTRE DE SEDIMENTOS SEGÚN MODELO

Para los períodos de retorno $T = 2, 5, 10, 25, 50$ y 100 años, y para los respectivos tiempos de simulación, T_{Sn} , se corrió el modelo sedimentológico, obteniendo las variaciones del lecho para cada caso analizado.

Para efectos de apreciar correctamente las magnitudes q_s y Q_s , se incluye el gráfico de anchos superficiales, L :

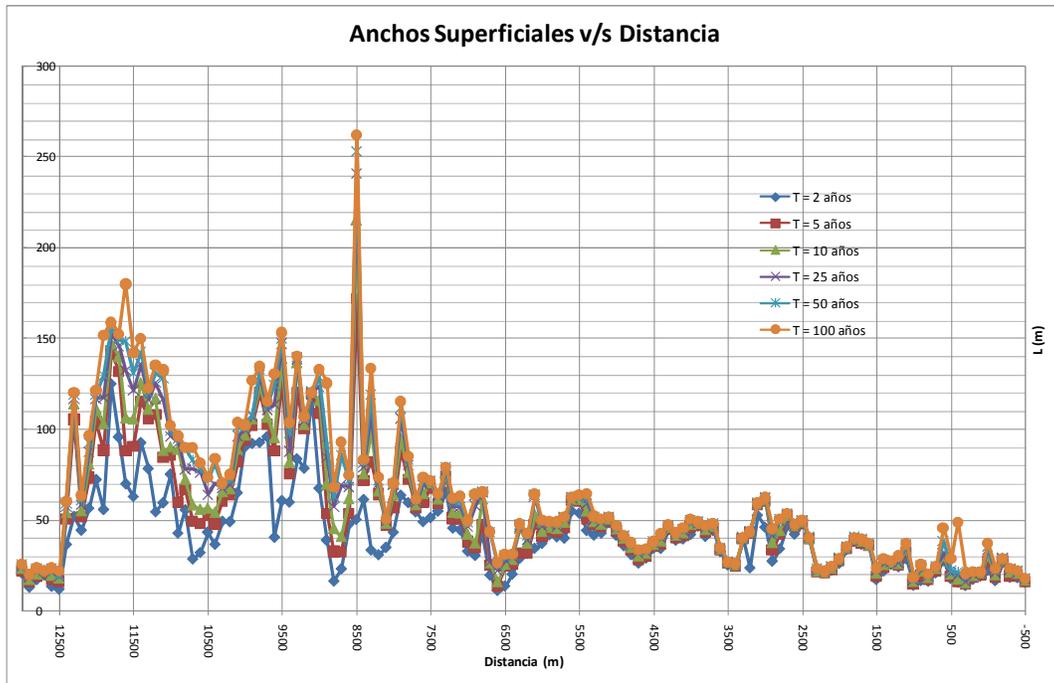


Figura N°43: Anchos Superficiales, L , Para Q_{MDM} Según Período de Retorno

Este gráfico da cuenta de la configuración del cauce. Aguas Abajo del Puente Esmeralda, Km 6+700, el cauce presenta escisión pura, con anchos disponibles al escurrimiento entre 15 y 65 m. Aguas arriba de esa obra, el cauce presente sus mayores anchos, llegando a ocupar la lámina de inundación su máximo ancho en el Km 8+500, con 260 m.

De acuerdo a los fotogramas SAF revisados, aguas arriba del Puente Esmeralda, se tenía un cauce activo, ocupando todo el ancho disponible entre pies de cerro; mientras que aguas abajo del referido puente, a modo de referencia, el cauce tenía en promedio 300 m de ancho.

Por lo anterior, el nivel de intervención sufrido por el río es fuerte e irrecuperable a escala de tiempo humana, períodos entre 10 y 500 años, para separarlos de tiempos geológicos, en general superior a 10^3 años. No obstante, desde un punto de vista de la seguridad de la población de Colina y de los usos dados a esos áridos, la escisión otorgó aptitud habitacional a toda la comuna al confinar las violentas crecidas del Río Colina. La prensa registra abundantes episodios de desbordes en Esmeralda y Colina.

a) Ejemplo de Salida: T=2 años; T_S= 8 horas; Capas Promedio; Todos los Modelos:

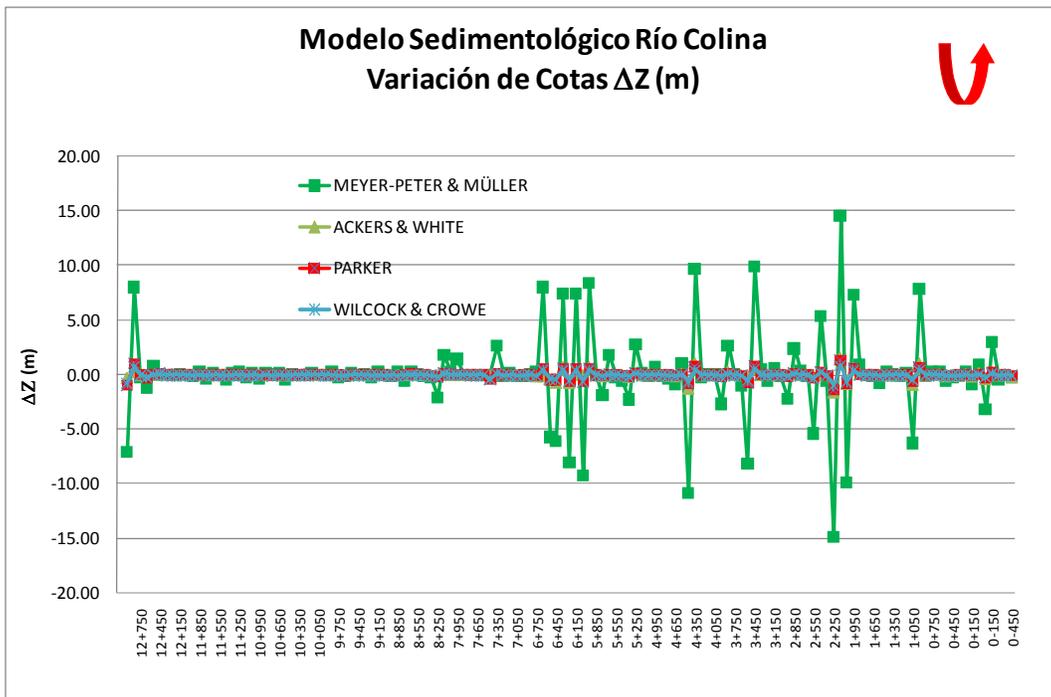


Figura N°44

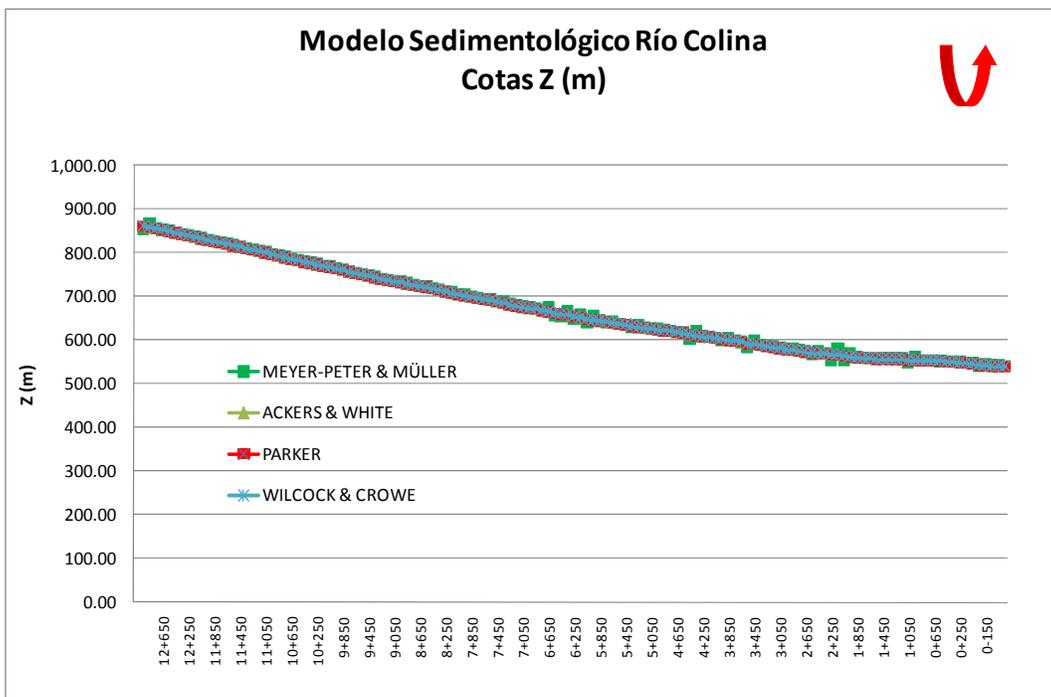


Figura N°45

Tabla N°50

PERFIL	qs (m³/m)				Qs = qs x L (m³)				Qs = qs x L (m³/día)				Δz (m)				Z (m)				
	MEYER-PETER & MÜLLER	ACKERS & WHITE	PARKER	WILCOCK & CROWE	MEYER-PETER & MÜLLER	ACKERS & WHITE	PARKER	WILCOCK & CROWE	MEYER-PETER & MÜLLER	ACKERS & WHITE	PARKER	WILCOCK & CROWE	MEYER-PETER & MÜLLER	ACKERS & WHITE	PARKER	WILCOCK & CROWE	MEYER-PETER & MÜLLER	ACKERS & WHITE	PARKER	WILCOCK & CROWE	
13+000	0.01694	0.00230	0.00190	0.001020	0.345676	0.004771	0.024623	0.021121	29.858	412	2.127	1.823	12+950	-7.07	-0.26	-0.96	-0.72	855.26	862.11	861.41	861.65
12+900	0.04824	0.00118	0.00496	0.003326	0.633612	0.011530	0.063659	0.059333	54.744	1.327	5.804	4.348	12+850	8.06	0.30	1.04	0.75	866.93	869.19	869.81	869.95
12+850	0.11816	0.00057	0.00151	0.001272	0.340571	0.004397	0.025939	0.021753	29.425	394	2.411	1.875	12+800	-1.70	-0.07	0.01	0.00	868.83	870.47	870.81	870.85
12+800	0.01792	0.00017	0.00077	0.000112	0.347927	0.003327	0.026399	0.021709	30.981	289	2.187	1.875	12+750	-1.13	-0.12	-0.22	-0.14	852.32	853.33	853.23	853.31
12+750	0.02356	0.00060	0.00255	0.002048	0.393080	0.008031	0.034208	0.027420	33.962	694	2.956	2.369	12+700	0.81	0.02	0.05	0.01	850.81	849.82	849.85	849.84
12+650	0.03104	0.00081	0.00275	0.002211	0.368154	0.007467	0.032449	0.028153	31.809	645	2.821	2.262	12+650	-0.03	0.11	0.20	0.10	846.47	845.69	845.68	845.59
12+600	0.01024	0.00035	0.00095	0.000597	0.369816	0.001266	0.011445	0.003335	31.952	199	1.807	1.752	12+600	-0.04	0.03	0.01	0.01	843.28	843.32	843.35	843.33
12+550	0.00717	0.00013	0.00055	0.000371	0.373898	0.001787	0.019333	0.013205	32.305	151	1.584	1.607	12+550	0.02	0.00	0.01	-0.01	839.79	839.77	839.76	839.76
12+500	0.00648	0.00013	0.00045	0.000290	0.371209	0.001949	0.020002	0.013272	32.072	168	1.720	1.720	12+500	0.02	0.00	0.01	-0.01	836.71	836.69	836.68	836.67
12+450	0.00543	0.00013	0.00037	0.000238	0.364553	0.001703	0.018438	0.011497	31.497	147	1.473	1.593	12+450	0.05	0.00	0.02	0.01	833.71	833.66	833.63	833.67
12+400	0.00490	0.00013	0.00028	0.000204	0.361430	0.001730	0.017177	0.011177	31.177	131	1.239	1.500	12+400	0.02	0.00	0.02	0.01	833.56	833.54	833.56	833.55
12+350	0.00666	0.00013	0.00030	0.000242	0.372682	0.001776	0.019018	0.012200	32.200	157	1.537	1.643	12+350	-0.08	0.00	0.02	-0.01	829.97	830.05	830.03	830.04
12+300	0.00501	0.00013	0.00024	0.000183	0.361838	0.001929	0.015024	0.011509	27.088	101	1.197	1.293	12+300	0.27	0.00	0.04	0.03	837.19	838.92	838.96	839.94
12+250	0.00451	0.00013	0.00021	0.000154	0.361442	0.001717	0.014642	0.011421	26.419	91	1.421	1.710	12+250	-0.36	0.00	-0.01	-0.01	814.05	814.44	814.43	814.43
12+200	0.00462	0.00013	0.00023	0.000183	0.361893	0.001537	0.018529	0.013601	27.088	91	1.330	1.601	12+200	0.16	0.00	0.01	0.01	811.27	811.12	811.12	811.12
12+150	0.00618	0.00013	0.00028	0.000224	0.361893	0.001537	0.018529	0.013601	27.088	91	1.330	1.601	12+150	0.22	0.00	0.01	0.01	808.14	808.12	808.12	808.12
12+100	0.00818	0.00013	0.00033	0.000264	0.361893	0.001537	0.018529	0.013601	27.088	91	1.330	1.601	12+100	0.32	0.00	0.01	0.01	806.14	806.12	806.12	806.12
12+050	0.01024	0.00035	0.00095	0.000597	0.369816	0.001266	0.011445	0.003335	31.952	199	1.807	1.752	12+050	-0.05	0.00	0.02	0.01	804.56	804.78	804.77	804.77
11+950	0.00766	0.00013	0.00030	0.000242	0.372682	0.001776	0.019018	0.012200	32.200	157	1.537	1.643	11+950	-0.29	0.00	-0.05	-0.03	796.51	801.19	797.05	797.07
11+900	0.00501	0.00013	0.00024	0.000183	0.361838	0.001929	0.015024	0.011509	27.088	101	1.197	1.293	11+900	-0.29	0.00	-0.05	-0.03	796.51	801.19	797.05	797.07
11+850	0.00451	0.00013	0.00021	0.000154	0.361442	0.001717	0.014642	0.011421	26.419	91	1.421	1.710	11+850	-0.36	0.00	-0.01	-0.01	814.05	814.44	814.43	814.43
11+800	0.00462	0.00013	0.00023	0.000183	0.361893	0.001537	0.018529	0.013601	27.088	91	1.330	1.601	11+800	0.16	0.00	0.01	0.01	811.27	811.12	811.12	811.12
11+750	0.00618	0.00013	0.00028	0.000224	0.361893	0.001537	0.018529	0.013601	27.088	91	1.330	1.601	11+750	0.22	0.00	0.01	0.01	808.14	808.12	808.12	808.12
11+700	0.00818	0.00013	0.00033	0.000264	0.361893	0.001537	0.018529	0.013601	27.088	91	1.330	1.601	11+700	0.32	0.00	0.01	0.01	806.14	806.12	806.12	806.12
11+650	0.01024	0.00035	0.00095	0.000597	0.369816	0.001266	0.011445	0.003335	31.952	199	1.807	1.752	11+650	-0.05	0.00	0.02	0.01	804.56	804.78	804.77	804.77
11+600	0.00766	0.00013	0.00030	0.000242	0.372682	0.001776	0.019018	0.012200	32.200	157	1.537	1.643	11+600	-0.29	0.00	-0.05	-0.03	796.51	801.19	797.05	797.07
11+550	0.00501	0.00013	0.00024	0.000183	0.361838	0.001929	0.015024	0.011509	27.088	101	1.197	1.293	11+550	-0.29	0.00	-0.05	-0.03	796.51	801.19	797.05	797.07
11+500	0.00451	0.00013	0.00021	0.000154	0.361442	0.001717	0.014642	0.011421	26.419	91	1.421	1.710	11+500	-0.36	0.00	-0.01	-0.01	814.05	814.44	814.43	814.43
11+450	0.00462	0.00013	0.00023	0.000183	0.361893	0.001537	0.018529	0.013601	27.088	91	1.330	1.601	11+450	0.16	0.00	0.01	0.01	811.27	811.12	811.12	811.12
11+400	0.00618	0.00013	0.00028	0.000224	0.361893	0.001537	0.018529	0.013601	27.088	91	1.330	1.601	11+400	0.22	0.00	0.01	0.01	808.14	808.12	808.12	808.12
11+350	0.00818	0.00013	0.00033	0.000264	0.361893	0.001537	0.018529	0.013601	27.088	91	1.330	1.601	11+350	0.32	0.00	0.01	0.01	806.14	806.12	806.12	806.12
11+300	0.01024	0.00035	0.00095	0.000597	0.369816	0.001266	0.011445	0.003335	31.952	199	1.807	1.752	11+300	-0.05	0.00	0.02	0.01	804.56	804.78	804.77	804.77
11+250	0.00766	0.00013	0.00030	0.000242	0.372682	0.001776	0.019018	0.012200	32.200	157	1.537	1.643	11+250	-0.29	0.00	-0.05	-0.03	796.51	801.19	797.05	797.07
11+200	0.00501	0.00013	0.00024	0.000183	0.361838	0.001929	0.015024	0.011509	27.088	101	1.197	1.293	11+200	-0.29	0.00	-0.05	-0.03	796.51	801.19	797.05	797.07
11+150	0.00451	0.00013	0.00021	0.000154	0.361442	0.001717	0.014642	0.011421	26.419	91	1.421	1.710	11+150	-0.36	0.00	-0.01	-0.01	814.05	814.44	814.43	814.43
11+100	0.00462	0.00013	0.00023	0.000183	0.361893	0.001537	0.018529	0.013601	27.088	91	1.330	1.601	11+100	0.16	0.00	0.01	0.01	811.27	811.12	811.12	811.12
11+050	0.00618	0.00013	0.00028	0.000224	0.361893	0.001537	0.018529	0.013601	27.088	91	1.330	1.601	11+050	0.22	0.00	0.01	0.01	808.14	808.12	808.12	808.12
11+000	0.00818	0.00013	0.00033	0.000264	0.361893	0.001537	0.018529	0.013601	27.088	91	1.330	1.601	11+000	0.32	0.00	0.01	0.01	806.14	806.12	806.12	806.12
10+950	0.01024	0.00035	0.00095	0.000597	0.369816	0.001266	0.011445	0.003335	31.952	199	1.807	1.752	10+950	-0.05	0.00	0.02	0.01	804.56	804.78	804.77	804.77
10+900	0.00766	0.00013	0.00030	0.000242	0.372682	0.001776	0.019018	0.012200	32.200	157	1.537	1.643	10+900	-0.29	0.00	-0.05	-0.03	796.51	801.19	797.05	797.07
10+850	0.00501	0.00013	0.00024	0.000183	0.361838	0.001929	0.015024	0.011509	27.088	101	1.197	1.293	10+850	-0.29	0.00	-0.05	-0.03	796.51	801.19	797.05	797.07
10+800	0.00451	0.00013	0.00021	0.000154	0.361442	0.001717	0.014642	0.011421	26.419	91	1.421	1.710	10+800	-0.36	0.00	-0.01	-0.01	814.05	814.44	814.43	814.43
10+750	0.00462	0.00013	0.00023	0.000183	0.361893	0.001537	0.018529	0.013601	27.088	91	1.330	1.601	10+750	0.16	0.00	0.01	0.01	811.27	811.12	811.12	811.12
10+700	0.00618	0.00013	0.00028	0.000224	0.361893	0.001537	0.018529	0.013601	27.088	91	1.330	1.601	10+700	0.22	0.00	0.01	0.01	808.14	808.12	808.12	808.12
10+650	0																				

b) Ejemplo de Salida: T=2 años; T_S= 8 horas; Capas Promedio; Todos los Modelos, Excepto M-P&M:

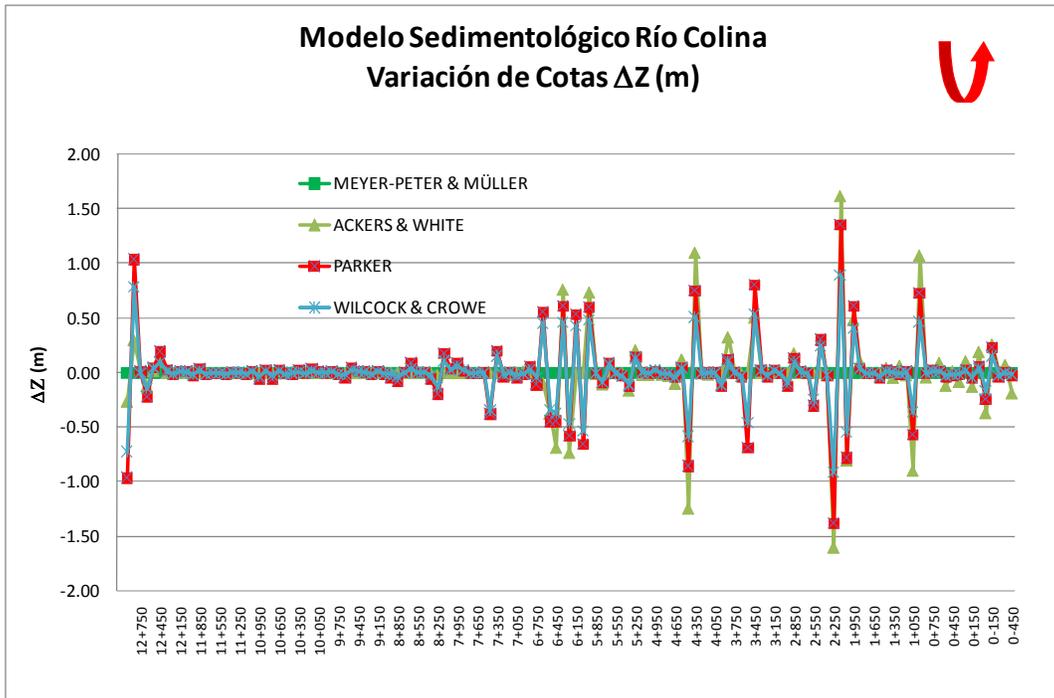


Figura N°46

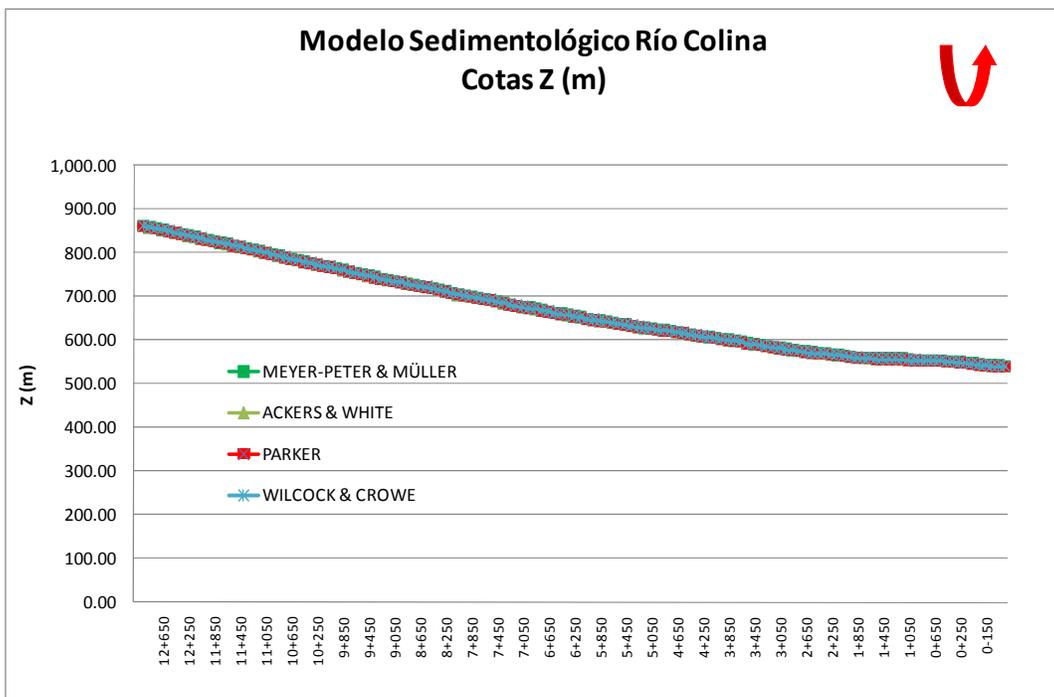


Figura N°47

c) Ejemplo de Salida: T=10 años; T_S= 8 horas; Capas Promedio; Todos los Modelos:

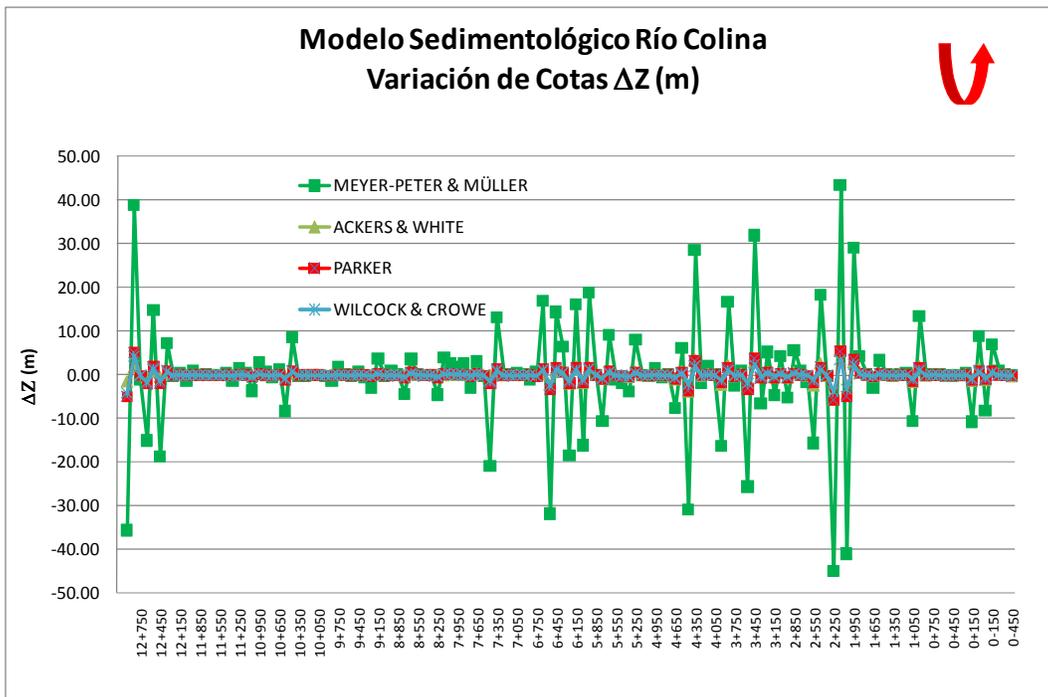


Figura N°48

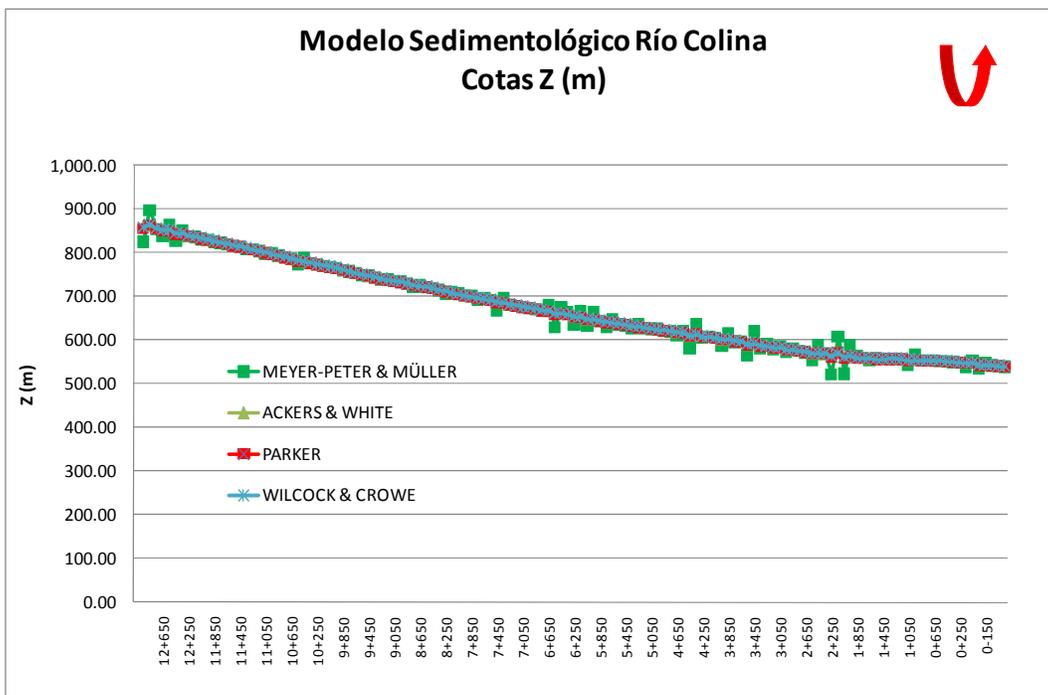


Figura N°49

Tabla Nº51

PERFIL	qs (m³/m3)				Qs = qs x L (m³/s)				Qs = qs x L (m³/día)				AZ (m)				Z (m)				
	MEYER-PETER & MÜLLER	ACKERS & WHITE	PARKER	PARKER	MEYER-PETER & MÜLLER	ACKERS & WHITE	PARKER	WILCOCK & CROWE	MEYER-PETER & MÜLLER	ACKERS & WHITE	PARKER	WILCOCK & CROWE	MEYER-PETER & MÜLLER	ACKERS & WHITE	PARKER	WILCOCK & CROWE	MEYER-PETER & MÜLLER	ACKERS & WHITE	PARKER	WILCOCK & CROWE	
13#000	0.042851	0.001335	0.004197	0.003274	0.002298	0.031367	0.086618	0.076942	86.599	2.710	8.521	6.649	12#950	-35.61	-1.47	-4.95	-4.07	826.75	869.90	857.41	859.29
13#000	0.048618	0.001455	0.004623	0.003525	0.002550	0.033974	0.100203	0.077801	85.437	2.574	8.657	6.723	12#950	-38.89	-1.63	-5.34	-4.33	831.77	869.95	854.21	862.37
12#700	0.048162	0.001449	0.004589	0.003579	0.004464	0.034335	0.105608	0.081963	90.257	2.716	9.125	7.082	12#750	-1.09	-0.03	-0.11	-0.08	855.42	856.48	856.41	856.43
12#700	0.091859	0.002814	0.010572	0.008279	0.179800	0.081955	0.207007	0.162088	155.399	5.353	17.885	14.000	12#650	-15.03	-0.61	-2.02	-1.60	838.42	852.84	851.43	851.85
12#500	0.081963	0.001890	0.006954	0.005445	1.120330	0.042427	0.119418	0.083172	86.797	2.568	10.318	8.000	12#550	14.81	0.61	1.94	1.54	864.61	860.41	861.71	861.30
12#400	0.081149	0.001301	0.005015	0.004073	2.763877	0.007038	0.207146	0.220246	238.778	6.073	24.609	19.038	12#450	-19.74	-0.41	-1.81	-1.45	827.78	848.08	844.58	845.04
12#300	0.011432	0.000710	0.002710	0.002063	1.303953	0.008023	0.072941	0.112662	112.662	3.017	6.992	6.000	12#350	7.15	0.00	1.01	0.72	850.47	843.32	841.73	841.04
12#200	0.024286	0.000330	0.002026	0.001621	1.340091	0.018223	0.113723	0.089444	115.784	1.574	9.626	7.730	12#250	-0.19	0.00	-0.16	-0.08	839.59	839.77	839.61	839.69
12#150	0.011819	0.000131	0.001164	0.000960	1.274816	0.010620	0.094116	0.071623	110.473	0.918	6.131	6.748	12#150	0.37	0.05	0.12	0.07	837.03	837.71	836.79	837.73
12#000	0.014431	0.000034	0.001022	0.000870	1.604612	0.009639	0.113637	0.096748	138.638	8.009	8.819	8.350	12#050	-1.40	0.01	-0.08	-0.08	832.14	833.55	833.46	833.66
11#900	0.012980	0.000026	0.000968	0.000755	1.328308	0.002714	0.089473	0.077460	114.766	2.305	7.730	6.723	11#950	1.06	0.03	0.09	0.07	831.11	830.08	830.14	830.12
11#800	0.009695	0.000010	0.000564	0.000468	1.337747	0.001440	0.083208	0.072222	115.558	1.24	7.189	6.333	11#850	-0.03	0.00	0.02	0.02	826.99	828.92	828.94	828.94
11#700	0.009346	0.000000	0.000564	0.000468	1.308546	0.000002	0.077500	0.072050	113.058	0	6.698	6.229	11#750	0.08	0.00	0.02	0.02	823.95	823.87	823.91	823.87
11#600	0.012334	0.000054	0.000816	0.000709	1.315116	0.005755	0.088010	0.075413	113.488	4.97	7.500	6.510	11#650	-0.02	0.02	-0.02	-0.01	820.61	820.61	820.50	820.52
11#500	0.010795	0.000014	0.000659	0.000579	1.359937	0.001794	0.080720	0.074500	116.721	1.55	7.439	6.744	11#550	-0.15	0.02	-0.02	-0.01	817.24	817.41	817.37	817.38
11#400	0.010059	0.000017	0.000627	0.000567	1.266392	0.001794	0.077987	0.071965	109.415	1.51	6.933	6.146	11#450	0.30	0.00	0.05	0.02	814.44	814.48	814.46	814.46
11#300	0.018267	0.000115	0.00107	0.000926	1.695657	0.012787	0.122276	0.102823	146.505	1.105	10.625	8.884	11#350	-1.49	0.00	-0.16	-0.11	809.62	811.12	810.96	811.00
11#200	0.011148	0.000022	0.000702	0.000568	1.302754	0.001062	0.082025	0.073311	112.558	1.17	7.087	6.338	11#250	1.42	0.05	0.15	0.11	809.24	807.87	807.97	807.93
11#100	0.010353	0.000014	0.000544	0.000442	1.193129	0.001402	0.080719	0.071012	101.963	0.989	6.890	6.054	11#150	0.49	0.02	0.01	0.01	805.07	804.76	804.78	804.78
11#000	0.022126	0.000325	0.001167	0.001459	1.955555	0.029332	0.169415	0.131621	172.416	2.534	14.837	11.372	11#050	-3.76	-0.12	-0.41	-0.28	797.43	801.07	800.78	800.90
10#700	0.018528	0.000036	0.001100	0.000931	1.381338	0.003243	0.098724	0.082823	119.347	2.90	8.530	7.156	10#750	2.82	0.12	0.32	0.22	796.92	797.22	797.42	797.32
10#600	0.020499	0.000064	0.001268	0.001051	1.296748	0.005869	0.078387	0.067808	118.485	1.18	8.263	6.774	10#650	-0.06	0.01	0.01	0.01	793.11	792.29	792.48	792.44
10#500	0.018890	0.000021	0.001043	0.000871	1.238732	0.014483	0.095915	0.078734	107.032	1.251	8.287	6.803	10#500	-0.48	-0.01	0.00	0.01	776.29	776.66	776.67	776.66
10#400	0.018935	0.000014	0.001040	0.000871	1.274111	0.009013	0.089888	0.080930	110.023	1.779	8.527	6.992	10#400	-0.21	0.03	-0.02	-0.01	773.41	773.86	773.81	773.81
10#300	0.014709	0.000009	0.000787	0.000656	1.157103	0.002448	0.078245	0.071301	112.309	0.811	7.988	6.748	10#350	-0.12	0.00	0.00	0.00	770.85	770.85	770.85	770.84
10#200	0.013449	0.000011	0.000848	0.000708	1.302616	0.009732	0.091387	0.081261	112.494	8.41	7.988	6.591	10#250	-0.01	0.01	0.00	0.01	768.15	768.16	768.16	768.16
10#100	0.013221	0.000013	0.000921	0.000781	1.397745	0.011997	0.097385	0.082610	120.765	1.037	8.414	7.138	10#150	-0.39	-0.01	-0.02	-0.01	764.83	765.21	765.20	765.19
9#700	0.014880	0.000028	0.001151	0.000962	1.295821	0.005451	0.085485	0.076151	115.451	1.05	8.151	6.915	9#750	0.15	0.01	0.01	0.01	759.25	759.25	759.25	759.25
9#600	0.012234	0.000054	0.000715	0.000574	1.305374	0.005755	0.089881	0.079332	112.784	5.01	7.476	6.593	9#650	1.76	0.02	0.15	0.11	759.20	757.46	757.50	757.55
9#500	0.013341	0.000000	0.000891	0.000787	1.273099	0.000008	0.085555	0.075099	109.998	1	7.349	6.488	9#500	0.13	0.02	0.01	0.01	754.06	753.95	753.94	753.93
9#400	0.008580	0.000017	0.000678	0.000563	1.362929	0.000261	0.075528	0.071679	117.679	0.81	6.958	6.267	9#450	0.00	0.00	0.00	0.00	750.59	750.67	750.69	750.67
9#300	0.014571	0.000027	0.000968	0.000821	1.010350	0.027358	0.084818	0.076285	89.4	5.249	6.545	5.844	9#350	-0.14	0.01	0.01	0.01	747.82	747.82	747.82	747.82
9#200	0.009584	0.000049	0.000747	0.000623	1.324833	0.001792	0.084529	0.074466	114.466	1.58	5.869	5.570	9#250	0.51	0.01	0.02	0.02	744.13	744.04	744.05	744.05
9#100	0.008547	0.000040	0.000743	0.000623	2.221963	0.004875	0.158278	0.131883	191.978	2.132	13.675	11.395	9#150	-0.99	0.00	-0.31	-0.23	737.95	741.04	740.72	740.80
8#900	0.009147	0.000019	0.000656	0.000546	1.199777	0.000926	0.078387	0.071301	103.881	0.91	6.838	6.221	9#100	-0.81	0.01	0.01	0.01	733.29	733.29	733.29	733.29
8#800	0.010818	0.000017	0.000586	0.000464	1.253858	0.001961	0.087206	0.083320	108.333	1.69	5.844	5.463	8#850	-0.19	0.02	0.00	0.01	735.34	735.55	735.52	735.51
8#700	0.016226	0.000042	0.000798	0.000638	1.062407	0.002900	0.076850	0.069489	91.792	2.51	6.623	6.052	8#750	0.85	0.00	-0.04	-0.02	734.70	735.55	735.51	735.57
8#600	0.022110	0.000058	0.000984	0.000803	1.051886	0.004466	0.084658	0.076850	90.865	3.90	6.863	6.052	8#650	0.25	0.00	0.00	0.00	731.19	731.19	731.19	731.19
8#500	0.039970	0.000533	0.003547	0.002821	1.512831	0.021801	0.149230	0.103144	130.709	1.884	12.893	8.912	8#500	-0.44	-0.17	-0.59	-0.38	727.73	726.96	726.54	726.75
8#400	0.017338	0.000148	0.000503	0.000397	1.070487	0.009169	0.083079	0.076037	92.490	7.92	7.178	5.212	8#450	3.55	0.10	0.53	0.34	727.90	724.58	724.58	724.69
8#300	0.004868	0.000000	0.000258	0.000204	1.062407	0.000000	0.075528	0.069090	80.990	0.871	3.815	3.841	8#350	0.01	0.01	0.01	0.01	722.22	722.17	722.28	722.21
8#200	0.014338	0.000120	0.000498	0.000397	1.081241	0.009054	0.076817	0.071301	91.419	7.82	6.815	6.058	8#250	-0.08	0.00	-0.10	-0.04	719.28	719.28	719.28	719.28
8#100	0.010942	0.000017	0.000678	0.000563	1.078446	0.006654	0.085529	0.078387	93.178	5.71	5.801	4.800	8#100	0.01	0.00	0.00	0.00	716.09	716.08	716.08	716.09
8#000	0.030006	0.000032	0.001245	0.001011	1.86113																

d) Ejemplo de Salida: T=10 años; T_S= 8 horas; Capas Promedio; Todos los Modelos, Excepto M-P&M:

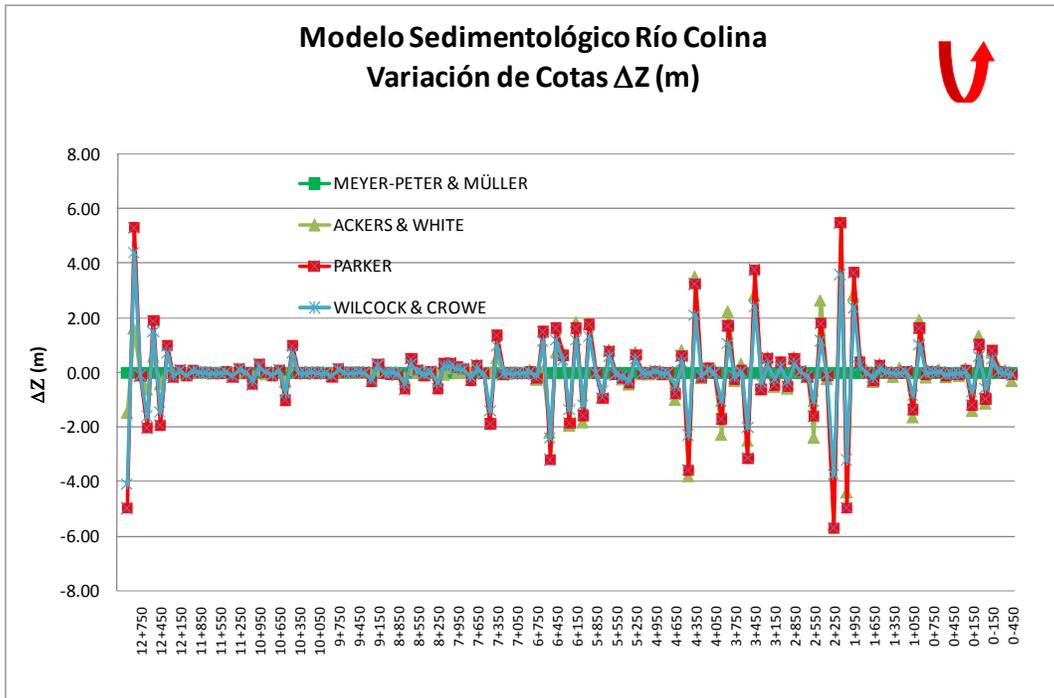


Figura N°50

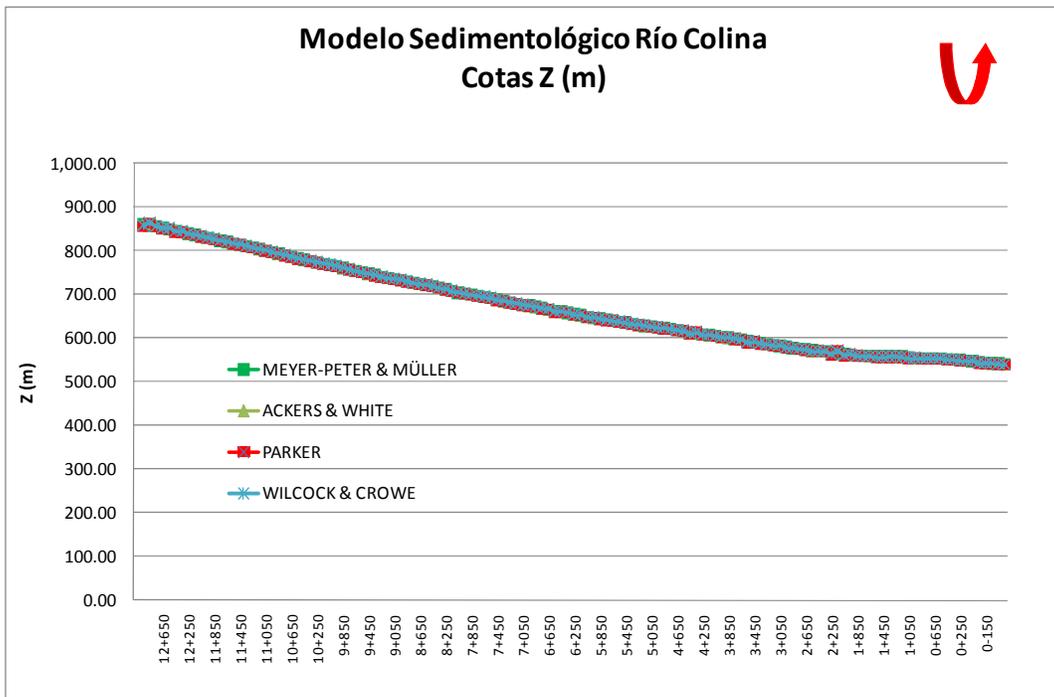


Figura N°51

4.6. ESTIMACIÓN TRANSPORTE REAL DE SEDIMENTOS

En la Sección Implementación del Modelo se señaló que una de las restricciones de éste era la ausencia de datos de terreno para establecer relaciones gasto sólido - gasto líquido y, por ende, el uso exclusivo de gastos sólidos potenciales asociados a las crecidas seleccionadas. No obstante corresponder la presente memoria a un trabajo de aplicación en un caso real de ingeniería, resulta necesario cotejar los resultados con situaciones verídicas.

En los registros fotográficos se cuentan numerosas imágenes del estado del Sifón El Molino, ubicado en el Km 7+400, en diferentes épocas. Asimismo, se cuenta no sólo con la aerofotogrametría y su ensamble con las topografías de los puentes más importantes, sino que, además, existe un levantamiento topográfico de detalle, ordenado por la I. Municipalidad de Colina, de 6 Km de extensión, ejecutado con anterioridad al reemplazo del Sifón El Molino y donde se puede establecer con suficiente precisión la magnitud de los volúmenes acumulados aguas abajo de este sifón en la recesión de las crecidas.

Con la información fluviométrica de la Estación Río Colina en Peldehue se pudieron determinar dos episodios de crecidas pluviales, cuyos efectos en el cauce quedaron plasmados en sus fotografías.

Realizadas las estimaciones respectivas de q_s y Q_s en el Km 7+400 y, comparadas con las tasas potenciales de Parker y Wilcock & Crowe, se establece la concordancia entre los resultados teóricos y reales.

Fecha Foto	Fecha Crecida	T asociado (años)	V acumulado (m ³)	Ts (horas)	Qs (m/s)	L asociado (m)	qs (m ³ /s/m)	Ts (horas)	Qs (m/s)	L asociado (m)	qs (m ³ /s/m)	qs Parker (m ³ /s/m)	qs W & C (m ³ /s/m)
08/03/2006	28/08/2005	5	2160	4	0.150	59.2	0.002534	6	0.10	59.2	0.001689	0.003362	0.002612
11/11/2006	15/07/2006	2	1350	4	0.094	55.0	0.001705	6	0.06	55.0	0.001136	0.000889	0.000820

Tabla N°52: Transporte Real de Sedimentos en Perfil Km 7+400

5. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

De acuerdo a los resultados obtenidos, se establece la inestabilidad del cauce, principalmente en la zona sometida a escisión, que comprende el tramo entre Puente Esmeralda y Puente Colina. En este sector, fluctúan erosiones y depósitos de gran magnitud. Este efecto es marcado en torno al sector de máximo estrechamiento (15 m), a la altura del Km 2+250. En este perfil transversal atraviesa en forma aérea una tubería. Así se explica tal singularidad. El cauce se presenta profundo, alcanzando su máxima profundidad después de los socavones del Sifón El Molino, con 7 m.

Ya se indicó que los resultados en el Tramo Km 13+000 a Km 12+500 no deben ser tomados en consideración por corresponder ese sector a la salida del cajón cordillerano. En los subtramos Km 12+400 a Km 7+000 y Km 6+500 a Km 0+500 a Km -0+500, los resultados de arrastre exhiben regularidad y variaciones de cota físicamente probables.

En general, los resultados según M-P&M se consideran excesivos; mientras que Ackers & White arroja valores comparables con Parker y Wilcock & Crowe. Se estima que dicha concordancia es casual, ya que las hipótesis y consideraciones de estos últimos dos métodos son radicalmente diferentes a Ackers. En una primera etapa se incluyó una versión modificada de M-P&M, pero rápidamente se desestimó porque esos cálculos superaban en dos y tres órdenes de magnitud al resto de los métodos. El problema estaba en la evaluación de los esfuerzos de corte adimensionales para diámetros inferiores a 1", por un lado; por el otro, en los intentos que hacen algunos autores de homologar métodos que tienen fundamentos inconciliables.

Es interesante observar que en las inmediaciones de las secciones que corresponden a los atravesos de los sifones Peldehue y El Molino, el cauce responde con un comportamiento altamente erosivo, lo que explica por qué se produjo el destape de esas obras de riego. En el caso del Sifón El Molino es importante mencionar que más que el efecto de erosión por aguas claras, fue la erosión retrógrada lo que colapsó la obra, sumado el efecto de vertedero sin protección al pie.

La campaña granulométrica resultó una experiencia que estuvo lejos de ser liviana. Surge nítido que es intransable la supervisión permanente en terreno de un profesional especialista, tarea que para esta memoria fue desarrollada por el alumno. Respecto a los muestreos, éstos dan cuenta de la pérdida de capacidad de arrastre, a medida que el cauce se abre hacia el cono de deyección de Colina, presentándose una disminución gradual de los tamaños desde aguas arriba hacia aguas abajo. En profundidad las variaciones son inferiores al 5 %, con acorazamiento superficial. Se consideró que las curvas granulométricas medias son representativas de cada pozo. Se debe advertir que el estado de alteración del cauce, que incluye incisiones entre 3 a 7 m en tiempos relativamente breves, no permite examinar una condición equilibrada del cauce en cuanto a la distribución de tamaños; no obstante, persiste la concordancia de los datos espacialmente.

En la determinación del tiempo base de los hidrogramas cabe la mayor observación a la metodología de esta memoria. La introducción de la Bocatoma del Canal Colina alteró tajantemente la hidrología del Río Colina. Su presencia data de unos 100 años, según lo informado por la Asociación de Canalistas del Río Colina. Este efecto, sumado a la

presencia de una estación fluviométrica del tipo limnimétrica no permite contar con información precisa respecto a caudales estacionales ni conocer la forma real de los hidrogramas de crecida. Por esta razón, y atendida la magnitud de la variación estacional de los caudales, esta memoria se concentró en el análisis de las crecidas pluviales.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Respecto a las normas aplicables a la actividad extracción de áridos, de la cual se incluyó recopilación pormenorizada, llaman la atención dos aspectos concomitantes: el primero de ellos, tiene relación con el manejo ambiental y uso de suelo de las áreas ribereñas inundables. Si bien en la Región Metropolitana el PRMS indica algunas restricciones, no existe norma precisa ni procedimientos que se refieran al dominio y administración que ameritan estas áreas. En segundo lugar, la actividad incentiva el avance de los deslindes ribereños sobre el bien nacional de uso público, problema enorme que están incubando las comunas con ríos de alta oferta de áridos, tales como San Bernardo, Buin, Isla de Maipo, entre otras. El fenómeno de “aluvión” junto al requisito de “acesión” es el único medio por el cual los propietarios ribereños pueden extender el dominio privado. Ante la falta de atención a este problema, los propietarios ribereños acceden de facto a la ocupación del bien nacional, sin que la autoridad administrativa ejerza la menor oposición a tales actos, disuadidas probablemente por los intereses económicos que acompañan esas apropiaciones. Un ejemplo extremo de este tipo de problemas se tiene en el caso de la Viña Concha y Toro, la cual ocupa arbitraria e ilegalmente 135 há de bien nacional de uso público en la Comuna de Buin, aguas arriba de Puente Lonquén. Estos problemas están proliferando en San Bernardo y Buin. De no mediar una definición de deslindes con iniciativa de la autoridad municipal y el MOP, se generará una situación caótica que conviene abordar desde ya, con la participación del Consejo de Defensa del Estado. Asimismo, es evidente la falta de un procedimiento técnico de aplicabilidad general y específica que complemente el DS N°609 del MBN, puesto que su indeterminación en un tema tan trascendente y las limitadas facultades reales de la Dirección de Obras Hidráulicas no aportan a la solución de una materia tan fundamental en el manejo de cuencas, ríos y sus usos.

En cuanto a los resultados del análisis de la caracterización y modelación del tramo del Río Colina en estudio, se estableció una clara concordancia con la evidencia de terreno. Se recomienda la paralización de la actividad extractiva en el tramo Puente Esmeralda - Puente Colina. El tramo de aguas arriba es factible de explotar, dada la amplitud de los perfiles transversales. Se sugiere un encauzamiento del tramo Sifón Peldehue - Puente Esmeralda, en virtud del desnivel que provocó la escisión en el tramo de aguas abajo. Dicha propuesta debería considerar las siguientes obras de mitigación: el reemplazo del Sifón Peldehue por una obra alternativa; mejoramiento del Badén Peldehue y; a lo menos obras de protección para las estructuras soportantes de los Puentes Esmeralda y San Luis. El Proyecto Cruce Aéreo Canal Colina fue concebido con la idea municipal de acceder a la explotación de áridos remanentes aguas arriba del Puente Esmeralda, por lo que su diseño se hizo en base a las cotas de regularización y mediando un espigón transversal enterrado para independizar la obra de los fenómenos de aguas claras y erosión retrógrada. En las situaciones consideradas por la I. Municipalidad de Colina, la escisión en el tramo Km 6+500 a Km 0+500 se prolonga gradualmente hacia aguas arriba, con lo que se atenuaría el segundo fenómeno.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

1. ARCE Gerardo, NIÑO Yarko. *HEC-RAS, Hacia la Estandarización del Cálculo de los Ejes Hidráulicos en Cauces Naturales y Artificiales*. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. U. de Chile, 1998.
2. BZDIGIAN Kricor, LÓPEZ Alejandro. *Patrones Sedimentológicos de los Principales Ríos de la Zona Central de Chile*. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. U. de Chile, 1989.
3. CENTRO DE RECURSOS HIDRÁULICOS, AYALA Luis, CABRERA Guillermo, LÓPEZ Alejandro, NIÑO Yarko. *Hidrología e Hidráulica de Estructuras Viales. Curso de Capacitación para la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas*. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, U. de Chile. 1989.
4. CORRAL M., BALDISSONE M., RODRÍGUEZ A., LÓPEZ F., GONZÁLEZ J., DÍAZ A., FARIÁS H., PAGOT M., PLENKOVICH G., MOYA G. y MURATORE H. *Análisis de la Extracción de Áridos en Ríos. Caso del Río Chocancharagua, Córdoba, Argentina*. XXII Congreso Latinoamericano de Hidráulica. Ciudad Guayana, Venezuela, Octubre 2006.
5. GOMEZ Rodrigo, LÓPEZ Alejandro. *Metodología para Identificar Fuentes de Producción de Sedimentos en la Alta Cordillera. Aplicación a la Hoya del Río Maipo*. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. U. de Chile. 1990.
6. GONZÁLEZ Javier, TAMBURRINO Aldo. *Sedimentación en Embalses Considerando el Efecto de Corrientes de Turbidez, Desarrollo e Implementación de un Modelo Matemático y Numérico*. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. U. de Chile, 2006.
7. INSTITUTO NACIONAL DE HIDRÁULICA, LÓPEZ Alejandro. *Impacto de la Extracción de Áridos en la Estabilidad de Cauces Naturales*. 2004.
8. MAZA José Antonio, GARCÍA Manuel. *Estabilidad de Cauces. Capítulo 12 del Manual de Ingeniería de Ríos*. Series del Instituto de Ingeniería UNAM, Octubre 1996, México.
9. MAZA José Antonio, GARCÍA Manuel. *Transporte de Sedimentos. Capítulo 10 del Manual de Ingeniería de Ríos*. Series del Instituto de Ingeniería UNAM, Diciembre 1996, México.
10. MAZA José Antonio, GRACIA Jesús. *Morfología de Ríos. Capítulo 11 del Manual de Ingeniería de Ríos*. Series del Instituto de Ingeniería UNAM, Junio 1997, México.

11. MAZA José Antonio, GARCÍA Manuel. *Origen y Propiedades de los Sedimentos. Capítulo 7 del Manual de Ingeniería de Ríos*. Series del Instituto de Ingeniería UNAM, Enero 1998, México.
12. NIÑO Yarko. *Hidráulica Fluvial y Transporte de Sedimentos*. Apuntes para el Curso CI61F Transporte Hidráulico de Sólidos. Depto. de Ingeniería Civil, U. de Chile, 2005.
13. PARKER Gary. *Transporte de Gravas y Mezcla de Sedimentos*. Manual ASCE, Capítulo 3, 1992.
14. QUIROZ Alexis, NIÑO Yarko. *Metodología para el Análisis de Extracción de Áridos en Cauces Naturales Chilenos. Aplicación al Río Aconcagua*. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. U. de Chile, 2001.
15. RUZ Alejandro, TAMBURRINO Aldo. *Curvas Granulométricas en Ríos Chilenos*. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. U. de Chile, 1999.

Anexo Fotogramas SAF

FCNDEF 1:20,000 S 09 SANTIAGO L 33 N □ SAF 95 Nº 039455



FONDEF 1:20,000 S 09 SANTIAGO L 38 N □ SAF 95 N° 039456





FONDEF 1:20,000 S 09 SANTIAGO L 40 N □ SAF 95 N° 039468

SAF 80

CH30 S. 15

№ 019610



1441 0000 1000

Anexo Registro Fotográfico

Fotografías Aéreas 2005



Foto N°1: Descalce del Sifón El Molino, Julio 2005



Foto N°2: Tramo Aguas Arriba del Sifón El Molino, Julio 2005



Foto N°3: Tramo Aguas Abajo del Badén Peldehue, Julio 2005



Foto N°4: Badén Peldehue, Julio 2005



Foto N°5: Tramo Aguas Arriba del Badén Peldehue, Julio 2005



Foto N°6: Descalce del Sifón Peldehue, Julio 2005



Foto N°7: Puente Esmeralda, Noviembre 2005



Foto N°8: Sifón El Molino, Noviembre 2005

Fotografías Aéreas 2008



Foto N°1: Río Colina en Puente Colina



Foto N°2: Tramo Aguas Abajo Puente San Luis



Foto N°3: Tramo Aguas Arriba Puente San Luis



Foto N°4: Cerro "Isla", Sector Aguas Arriba de Puente San Luis



Foto N°5: Tramo Aguas Arriba Puente Esmeralda

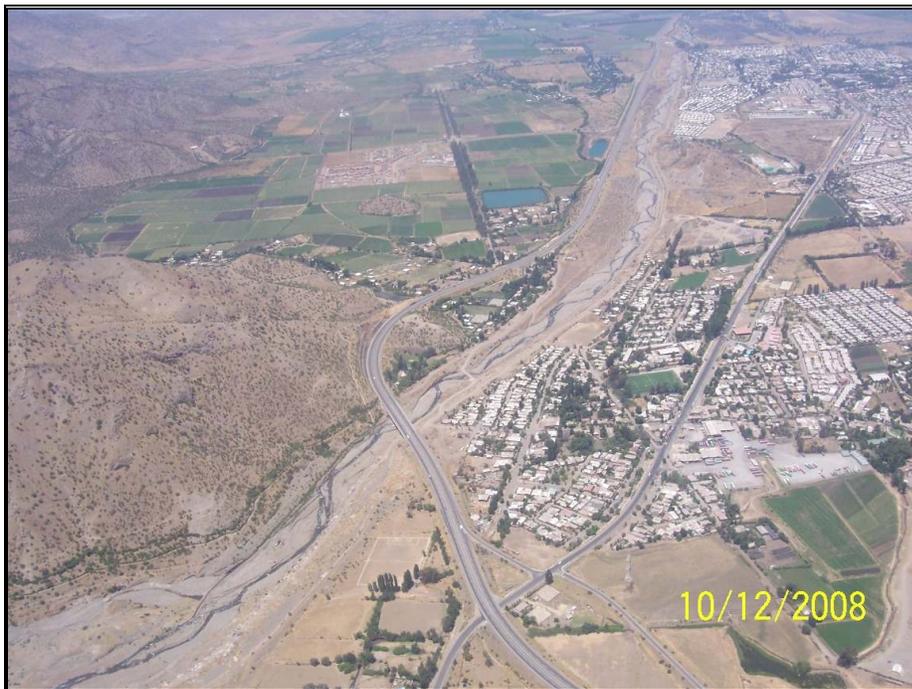


Foto N°6: Vista Sobre Puente Esmeralda



Foto N°7: Sector Puente Esmeralda - Junta con Estero La Leonera



Foto N°8: Sector Badén Peldehue



Foto N°9: Tramo Aguas Arriba Badén Peldehue

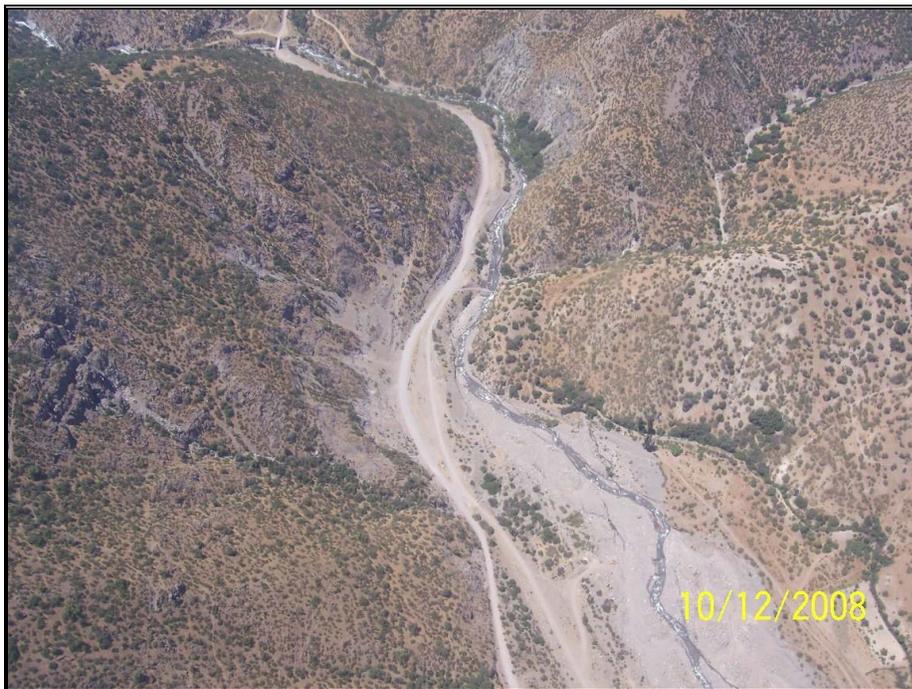


Foto N°10: Sector Bocatoma Canal Colina - Ensanchamiento Cauce



Foto N°11: Vista Desde Aguas Arriba Bocatoma Canal Colina



Foto N°12: Vista Cruce Aéreo Canal Colina



Foto N°13: Inmediaciones Puente Esmeralda



Foto N°14: Tramo Aguas Arriba Puente Esmeralda



Foto N°15: Tramo Aguas Arriba Puente Colina



Foto N°16: Tramo Aguas Abajo Puente San Luis

Fotografías Terrestres



Foto N°1: Puente Esmeralda, Vista Desde Ribera Sur a Ribera Norte



Foto N°2: Puente Esmeralda, Vista Desde Aguas Arriba



Foto N°3: Vista Tramo Superior Tramo en Estudio



Foto N°4: Sifón El Molino, Vista Desde Aguas Abajo



Foto N°5: Sifón El Molino, Vista Desde Ribera Sur a Ribera Norte



Foto N°6: Vista Aguas Abajo Sifón El Molino



Foto N°7: Sector Bocatoma Canal Colina, Vista Desde Aguas Abajo



Foto N°8: Sector Aguas Abajo Bocatoma Canal Colina



Foto N°9: Estado del Cauce Aguas Arriba del Sifón El Molino



Foto N°10: Estado del Cauce Aguas Abajo del Sifón El Molino



Foto N°11: Sifón El Molino, Como Vertedero Sin Protección al Pie



Foto N°12: Sifón El Molino, Vista Desde Aguas Abajo



Foto N°13: Calicatas DICTUC, Proyecto Cruce Aéreo Canal Colina



Foto N°14: Ingeniero del DICTUC Caracterizando Calicata

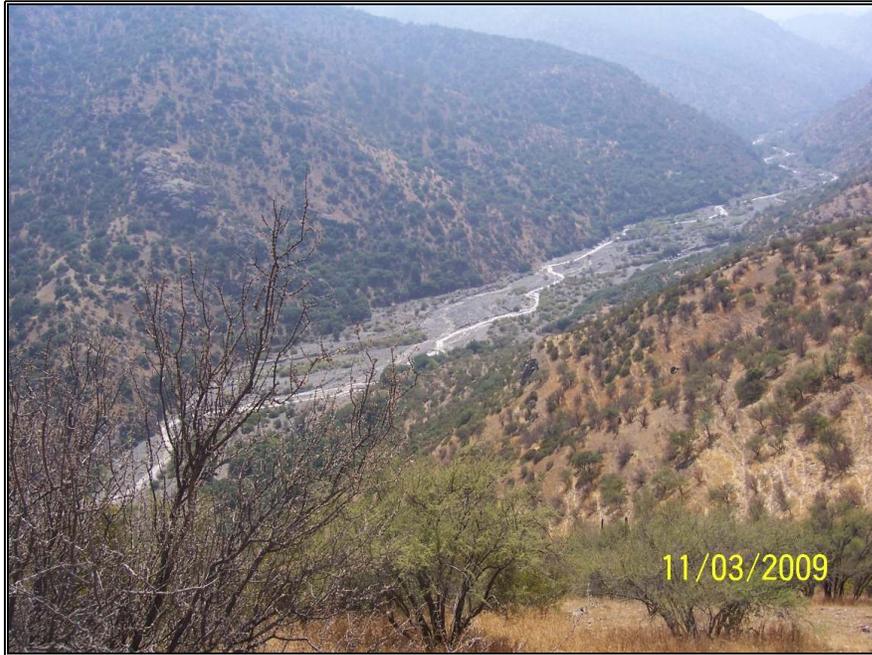


Foto N°15: Vista Valle Colgado Aguas Arriba Bocatoma Canal Colina



Foto N°16: Estado del Lecho en Valle Colgado



Foto N°17: Estado del Lecho en Sector Junta Quebrada Santa Filomena



Foto N°18: Sector Aguas Arriba Junta Quebrada Santa Filomena

Fotografías Campañas Topográfica y Granulométrica



Foto N°1: Levantamiento Topográfico (ensamble) Puente San Luis



Foto N°2: Vista Aguas Arriba Puente San Luis



Foto N°3: Campaña Granulométrica - Pozo 1



Foto N°4: Campaña Granulométrica - Pozo 1



Foto N°5: Campaña Granulométrica - Pozo 2



Foto N°6: Campaña Granulométrica - Pozo 2



Foto N°7: Campaña Granulométrica - Pozo 3



Foto N°8: Campaña Granulométrica - Pozo 3



Foto N°9: Campaña Granulométrica - Pozo 4



Foto N°10: Campaña Granulométrica - Pozo 4



Foto N°11: Campaña Granulométrica - Pozo 5



Foto N°12: Campaña Granulométrica - Pozo 5



Foto N°13: Campaña Granulométrica - Pozo 6



Foto N°14: Campaña Granulométrica - Pozo 6

Fotografías Crecida 23/05/2008



Foto N°1: Vista Aguas Arriba Puente Colina



Foto N°2: Vista Aguas Abajo Puente Colina



Foto N°3: Puente Colina, Desde Aguas Arriba



Foto N°4: Vista Aguas Arriba Puente San Luis



Foto N°5: Vista Aguas Abajo Puente San Luis



Foto N°6: Puente San Luis, Desde Aguas Arriba



Foto N°7: Enrocados Socavados Aguas Arriba Puente San Luis



Foto N°8: Vista Aguas Abajo Puente Esmeralda



Foto N°9: Vista Aguas Arriba Puente Esmeralda



Foto N°10: Columnas Soportantes Puente Esmeralda



Foto N°11: Lecho Aguas Abajo Puente Esmeralda



Foto N°12: Descalce Zapata Corrida - Columna, Puente Esmeralda



Foto N°13: Socavón Aguas Abajo Sifón El Molino



Foto N°14: Sifón El Molino Como Vertedero en Recesión Crecida



Foto N°15: Vista Lecho Aguas Arriba Atravieso Sifón El Molino



Foto N°16: Badén Peldehue Arrasado

Fotografías Crecida 15/08/2008



Foto N°1: Vista Tramo Superior Tramo en Estudio



Foto N°2: Junta con Quebrada El Carrizo y Bocatoma Canal Colina



Foto N°3: Vista Aguas Abajo Bocatoma Canal Colina



Foto N°4: Carro Hidromensor, Sección E.F. Río Colina en Peldehue



Foto N°5: Columnas Cruce Aéreo Canal Colina, en Construcción



Foto N°6: Detalle Columna Cruce Aéreo Canal Colina

Anexo Ejes Hidráulicos

PERFIL (Km)	ID RS N°	CAUDAL (m3/s)	COTA FONDO (m)	COTA EJE H (m)	COTA CRISIS (m)	BERNOULLI (m)	J (m/m)	V _M (m/s)	A _T (m2)	R _H (m)	ζ (N/m2)	L (m)	FROUDE N°
13+000	136	17	864,74	865,24	865,24	865,44	0,033680	2,0	8,5	0,41	134,1	20,7	1,01
12+900	135	17	859,99	860,80	860,90	861,20	0,054614	2,8	6,1	0,46	248,2	12,8	1,30
12+800	134	17	857,76	858,44	858,44	858,67	0,032911	2,2	7,9	0,46	147,6	17,1	1,01
12+700	133	17	855,27	855,95	855,95	856,16	0,034010	2,1	8,2	0,42	139,6	19,5	1,01
12+600	132	17	851,63	852,36	852,39	852,66	0,035917	2,4	7,0	0,52	181,5	13,4	1,08
12+500	131	17	847,97	848,82	848,84	849,14	0,034435	2,5	6,7	0,56	189,0	11,8	1,07
12+400	130	17	845,02	845,42	845,42	845,57	0,038526	1,7	10,2	0,28	105,1	36,5	1,01
12+300	129	17	841,62	842,07	842,07	842,18	0,041928	1,5	11,4	0,22	90,1	52,1	1,01
12+200	128	17	837,92	838,44	838,44	838,56	0,041104	1,6	10,8	0,24	97,6	44,5	1,02
12+100	127	17	835,40	835,75	835,75	835,86	0,041913	1,4	11,8	0,21	85,7	56,6	1,01
12+000	126	17	831,68	832,01	832,01	832,10	0,043947	1,3	12,9	0,18	76,4	72,5	1,00
11+900	125	17	828,42	828,83	828,83	828,94	0,042529	1,5	11,7	0,21	87,2	55,9	1,01
11+800	124	17	825,42	825,68	825,68	825,75	0,051323	1,1	15,3	0,12	61,3	125,4	1,02
11+700	123	17	822,32	822,65	822,65	822,72	0,048549	1,2	14,0	0,15	69,2	96,0	1,02
11+600	122	17	818,94	819,20	819,20	819,29	0,044081	1,3	12,7	0,18	78,1	70,1	1,01
11+500	121	17	815,84	816,27	816,27	816,37	0,043350	1,4	12,2	0,19	82,3	63,1	1,01
11+400	120	17	813,04	813,55	813,55	813,63	0,050843	1,3	13,6	0,15	72,9	92,8	1,04
11+300	119	17	809,19	809,48	809,48	809,57	0,046426	1,3	13,1	0,17	75,7	78,5	1,02
11+200	118	17	806,46	806,83	806,83	806,94	0,041194	1,5	11,7	0,21	86,5	54,6	1,00
11+100	117	17	803,10	803,54	803,54	803,65	0,043227	1,4	12,0	0,20	84,9	59,6	1,01
11+000	116	17	799,27	799,59	799,59	799,67	0,044905	1,3	13,0	0,17	75,7	75,4	1,01
10+900	115	17	794,93	795,43	795,43	795,56	0,040845	1,6	10,6	0,25	99,6	42,8	1,02
10+800	114	17	792,01	792,37	792,37	792,48	0,042266	1,5	11,7	0,21	87,0	55,7	1,01
10+700	113	17	788,23	788,77	788,77	788,94	0,036467	1,8	9,4	0,33	117,1	28,6	1,01
10+600	112	17	785,28	785,91	785,91	786,07	0,037176	1,7	9,8	0,30	110,8	32,1	1,01
10+500	111	17	781,55	781,97	781,97	782,10	0,042268	1,6	10,6	0,24	101,1	43,4	1,04
10+400	110	17	778,05	778,59	778,59	778,74	0,038801	1,7	10,2	0,28	105,4	36,6	1,01
10+300	109	17	775,29	775,68	775,68	775,80	0,041342	1,5	11,2	0,23	92,0	49,5	1,01
10+200	108	17	771,96	772,57	772,57	772,68	0,041653	1,5	11,2	0,23	92,8	49,2	1,02
10+100	107	17	769,28	769,55	769,55	769,64	0,043154	1,4	12,4	0,19	80,4	65,2	1,01
10+000	106	17	767,03	767,32	767,32	767,40	0,048105	1,2	13,7	0,15	71,3	90,4	1,02
9+900	105	17	763,41	763,65	763,65	763,73	0,047736	1,2	13,8	0,15	70,0	92,4	1,02
9+800	104	17	759,19	759,50	759,50	759,57	0,044278	1,2	14,2	0,15	66,2	93,0	0,98
9+700	103	17	755,69	756,03	756,03	756,11	0,049349	1,2	13,9	0,14	69,9	96,2	1,03
9+600	102	17	752,16	752,84	752,84	752,97	0,038612	1,6	10,6	0,26	98,7	40,6	1,00
9+500	101	17	749,18	749,54	749,54	749,64	0,040662	1,4	12,3	0,20	80,4	60,8	0,99
9+400	100	17	745,86	746,13	746,13	746,23	0,042518	1,4	12,0	0,20	83,6	60,0	1,01
9+300	99	17	743,41	743,71	743,71	743,79	0,046530	1,3	13,4	0,16	72,8	83,9	1,01
9+200	98	17	738,66	739,02	739,02	739,11	0,047086	1,3	13,0	0,17	76,3	78,7	1,03
9+100	97	17	735,81	735,98	735,98	736,05	0,050036	1,1	15,0	0,13	62,7	117,1	1,01
9+000	96	17	735,24	735,51	735,51	735,61	0,043877	1,4	12,5	0,18	79,5	67,6	1,01
8+900	95	17	731,86	732,30	732,30	732,44	0,039159	1,6	10,4	0,27	102,1	39,0	1,01
8+800	94	17	728,79	729,59	729,59	729,84	0,032339	2,2	7,8	0,47	150,0	16,3	1,01
8+700	93	17	725,47	726,29	726,29	726,49	0,035176	2,0	8,7	0,38	129,6	23,1	1,02
8+600	92	17	723,23	723,62	723,62	723,74	0,041088	1,5	11,1	0,23	93,7	47,7	1,01

8+500	91	17	721,10	721,57	721,57	721,69	0,041483	1,5	11,3	0,22	91,3	50,4	1,01
8+400	90	17	717,65	717,94	717,94	718,04	0,042974	1,4	12,1	0,20	83,0	61,5	1,01
8+300	89	17	714,51	714,94	714,94	715,09	0,037414	1,7	9,9	0,30	108,6	33,4	1,01
8+200	88	17	710,12	710,66	710,68	710,84	0,048462	1,9	8,9	0,29	136,2	30,8	1,14
8+100	87	17	705,87	706,28	706,29	706,43	0,040148	1,7	9,9	0,28	111,0	34,9	1,03
8+000	86	17	703,12	703,56	703,56	703,69	0,039562	1,6	10,8	0,25	96,7	43,3	1,01
7+900	85	17	701,03	701,36	701,36	701,46	0,043509	1,4	12,2	0,19	81,9	63,8	1,01
7+800	84	17	698,46	698,85	698,85	698,95	0,027512	1,4	12,0	0,20	54,1	59,7	1,01
7+700	83	17	695,76	696,07	696,07	696,18	0,027852	1,5	11,5	0,21	57,6	54,6	1,03
7+600	82	17	693,62	693,98	693,98	694,09	0,025881	1,5	11,3	0,23	58,2	49,1	1,00
7+500	81	17	691,23	691,77	691,77	691,88	0,026956	1,5	11,3	0,22	58,3	51,4	1,02
7+400	80	32	687,13	687,62	687,66	687,83	0,052182	2,0	16,0	0,29	148,5	55,0	1,19
7+300	79	32	683,46	683,90	683,90	684,05	0,037980	1,7	18,9	0,29	107,1	65,6	1,01
7+200	78	32	680,25	680,81	680,81	680,99	0,034912	1,9	16,7	0,37	125,4	45,6	1,01
7+100	77	32	678,00	678,49	678,49	678,68	0,034734	1,9	16,6	0,37	126,6	44,7	1,01
7+000	76	32	675,26	676,06	676,06	676,30	0,033128	2,1	15,0	0,45	146,3	32,8	1,01
6+900	75	32	672,86	673,90	673,90	674,14	0,032354	2,2	14,6	0,48	150,8	30,5	1,01
6+800	74	32	670,72	671,44	671,44	671,63	0,034129	2,0	16,3	0,39	129,2	41,9	1,00
6+700	73	32	667,10	668,11	668,11	668,44	0,029760	2,5	12,6	0,63	183,5	19,6	1,01
6+600	72	32	664,03	665,63	665,64	666,12	0,018405	3,1	10,4	0,86	155,9	11,1	1,02
6+500	71	32	662,01	663,28	663,39	663,82	0,029416	3,2	9,9	0,66	189,1	13,6	1,21
6+400	70	32	659,11	659,80	659,95	660,32	0,042093	3,2	10,0	0,49	203,0	20,1	1,45
6+300	69	32	657,09	657,87	657,87	658,12	0,020501	2,2	14,4	0,49	98,8	29,0	1,01
6+200	68	32	654,07	654,58	654,70	655,00	0,052254	2,9	11,2	0,35	181,1	31,5	1,53
6+100	67	32	650,39	651,61	651,61	651,83	0,021104	2,1	15,3	0,44	90,9	34,4	1,01
6+000	66	32	647,56	648,01	648,13	648,42	0,062980	2,8	11,3	0,30	187,5	37,2	1,64
5+900	65	32	645,41	645,99	645,99	646,19	0,021869	2,0	16,3	0,39	83,3	41,9	1,01
5+800	64	32	643,76	644,32	644,32	644,53	0,021993	2,0	16,1	0,39	84,9	40,7	1,01
5+700	63	32	641,10	641,65	641,70	641,91	0,031540	2,2	14,3	0,36	110,4	40,1	1,19
5+600	62	32	639,39	639,93	639,93	640,09	0,023227	1,8	17,8	0,32	73,7	55,1	1,01
5+500	61	32	637,22	637,86	637,86	638,03	0,023619	1,8	17,6	0,33	75,6	53,9	1,02
5+400	60	32	634,80	635,32	635,34	635,53	0,026475	2,0	15,7	0,35	92,0	44,3	1,09
5+300	59	32	631,61	632,10	632,17	632,38	0,037905	2,3	13,8	0,33	122,6	41,8	1,29
5+200	58	32	629,15	629,78	629,78	629,98	0,022420	2,0	16,3	0,38	83,6	42,8	1,02
5+100	57	32	627,64	628,07	628,07	628,25	0,022710	1,9	17,1	0,35	78,1	48,6	1,01
5+000	56	32	625,72	626,18	626,18	626,37	0,021809	2,0	16,3	0,39	83,3	41,6	1,01
4+900	55	32	623,80	624,28	624,28	624,50	0,021044	2,1	15,5	0,43	88,8	35,9	1,00
4+800	54	32	621,87	622,40	622,40	622,64	0,020449	2,2	14,7	0,47	95,1	30,9	1,01
4+700	53	32	619,95	620,53	620,53	620,80	0,019816	2,3	14,0	0,53	102,3	26,3	1,01
4+600	52	32	617,77	618,29	618,33	618,58	0,025071	2,4	13,5	0,46	114,0	29,0	1,11
4+500	51	32	615,53	616,04	616,05	616,27	0,021066	2,1	15,3	0,44	90,8	34,6	1,01
4+400	50	32	611,90	612,28	612,41	612,74	0,069583	3,0	10,6	0,31	210,8	34,4	1,73
4+300	49	32	609,74	610,16	610,16	610,35	0,022062	1,9	16,7	0,37	80,6	44,6	1,00
4+200	48	32	607,63	608,13	608,13	608,34	0,021493	2,0	15,9	0,41	85,9	38,9	1,01
4+100	47	32	605,94	606,38	606,38	606,59	0,021612	2,0	16,0	0,40	85,4	39,6	1,01
4+000	46	32	604,62	605,29	605,29	605,49	0,022314	2,0	16,2	0,38	84,2	42,0	1,02
3+900	45	32	601,92	602,24	602,30	602,51	0,041711	2,3	14,0	0,30	122,5	46,7	1,33
3+800	44	32	599,70	600,18	600,18	600,38	0,021780	2,0	16,2	0,39	84,0	41,1	1,01
3+700	43	32	597,71	598,16	598,16	598,35	0,022094	1,9	16,6	0,37	81,1	44,2	1,01
3+600	42	32	594,61	595,76	595,78	596,01	0,024655	2,2	14,4	0,43	102,9	32,6	1,07
3+500	41	32	590,89	591,96	592,10	592,46	0,054845	3,1	10,3	0,39	208,9	25,3	1,56
3+400	40	32	589,27	590,22	590,22	590,50	0,020280	2,4	13,6	0,53	106,3	24,8	1,01

3+300	39	32	587,49	588,34	588,34	588,54	0,021891	2,0	16,1	0,40	85,0	39,8	1,00
3+200	38	32	585,15	586,30	586,30	586,59	0,020181	2,4	13,4	0,55	109,0	23,6	1,01
3+100	37	32	583,63	584,16	584,17	584,34	0,024401	1,9	17,3	0,33	78,2	52,7	1,03
3+000	36	32	581,14	581,74	581,74	581,93	0,023770	1,9	16,5	0,36	83,3	46,1	1,04
2+900	35	32	578,23	578,92	578,99	579,26	0,029904	2,6	12,5	0,46	133,6	27,3	1,21
2+800	34	32	576,00	576,68	576,68	576,91	0,021218	2,1	15,2	0,44	91,8	34,2	1,01
2+700	33	32	575,32	575,87	575,87	576,06	0,022290	1,9	16,9	0,36	79,0	46,8	1,01
2+600	32	32	573,13	573,83	573,83	574,02	0,022143	2,0	16,3	0,38	83,6	42,2	1,01
2+500	31	32	570,00	570,27	570,36	570,59	0,059592	2,5	12,7	0,26	154,7	47,9	1,56
2+400	30	32	570,00	570,71	570,71	570,92	0,022563	2,0	15,9	0,39	86,5	39,7	1,01
2+300	29	32	569,23	570,10	570,10	570,40	0,018940	2,4	13,2	0,59	110,3	21,9	1,00
2+200	28	32	566,00	566,61	566,79	567,23	0,061929	3,5	9,1	0,42	256,5	21,0	1,69
2+100	27	32	566,00	567,09	567,09	567,39	0,019306	2,4	13,2	0,58	109,8	22,3	1,00
2+000	26	32	563,12	563,87	564,01	564,36	0,053326	3,1	10,3	0,39	206,3	26,0	1,58
1+900	25	32	560,00	560,43	560,46	560,69	0,025941	2,3	14,2	0,42	106,5	33,7	1,11
1+800	24	32	560,00	560,42	560,42	560,63	0,021547	2,0	15,8	0,41	86,7	38,3	1,01
1+700	23	32	559,34	559,99	559,99	560,21	0,021284	2,1	15,6	0,42	88,3	36,7	1,01
1+600	22	32	557,36	558,01	558,01	558,23	0,021584	2,1	15,4	0,42	89,9	36,1	1,01
1+500	21	32	557,43	558,56	558,56	558,91	0,018061	2,6	12,1	0,70	123,2	17,1	1,00
1+400	20	32	558,00	558,98	558,98	559,28	0,019405	2,4	13,2	0,58	110,9	21,9	1,00
1+300	19	32	558,00	558,66	558,66	558,94	0,019983	2,3	13,8	0,53	104,1	25,5	1,01
1+200	18	32	558,00	559,11	559,11	559,40	0,019889	2,4	13,6	0,55	106,7	24,2	1,00
1+100	17	32	557,00	557,71	557,71	557,96	0,020276	2,2	14,3	0,50	98,7	28,8	1,01
1+000	16	32	554,00	554,71	554,86	555,32	0,034739	3,5	9,3	0,64	217,7	14,0	1,36
0+900	15	32	554,00	554,88	554,88	555,24	0,018092	2,7	12,0	0,71	125,8	16,6	1,00
0+800	14	32	554,00	554,82	554,82	555,18	0,018301	2,7	11,9	0,71	127,3	16,3	1,01
0+700	13	32	554,00	554,66	554,66	554,97	0,019028	2,5	12,9	0,61	114,0	20,8	1,01
0+600	12	32	553,54	554,21	554,21	554,47	0,020073	2,3	14,2	0,51	100,4	27,6	1,01
0+500	11	32	552,00	552,75	552,75	553,10	0,018407	2,6	12,3	0,68	122,0	17,7	1,00
0+400	10	32	551,54	552,46	552,46	552,84	0,018347	2,7	11,7	0,73	130,6	15,6	1,01
0+300	9	32	550,00	550,88	550,88	551,29	0,018033	2,8	11,3	0,78	137,7	13,8	1,00
0+200	8	32	549,64	550,51	550,51	550,87	0,018502	2,6	12,2	0,68	123,7	17,3	1,00
0+100	7	32	547,82	548,53	548,56	548,89	0,021109	2,7	12,1	0,63	129,5	19,0	1,06
0+000	6	32	545,82	546,70	546,70	547,00	0,019145	2,4	13,2	0,59	110,8	22,2	1,01
0-100	5	32	543,41	544,29	544,38	544,75	0,026511	3,0	10,7	0,63	164,6	16,6	1,20
0-200	4	32	542,00	542,54	542,54	542,80	0,020065	2,3	14,0	0,52	101,9	26,7	1,01
0-300	3	32	541,70	542,56	542,56	542,90	0,018788	2,6	12,4	0,66	120,9	18,4	1,01
0-400	2	32	541,05	542,21	542,21	542,55	0,018819	2,6	12,3	0,66	122,2	18,2	1,01
0-500	1	32	540,00	540,80	540,80	541,18	0,018403	2,7	11,7	0,73	130,9	15,5	1,00

PERFIL (Km)	ID RS Nº	CAUDAL (m3/s)	COTA FONDO (m)	COTA EJE H (m)	COTA CRISIS (m)	BERNOULLI (m)	J (m/m)	V _M (m/s)	A _T (m2)	R _H (m)	ζ (N/m2)	L (m)	FROUDE Nº
13+000	136	45	864,74	865,62	865,62	865,99	0,027965	2,7	16,6	0,73	199,7	22,5	1,01
12+900	135	45	859,99	861,17	861,40	861,95	0,061955	3,9	11,5	0,69	421,7	16,2	1,47
12+800	134	45	857,76	858,87	858,87	859,28	0,027115	2,9	15,8	0,80	214,0	19,3	1,00
12+700	133	45	855,27	856,34	856,34	856,73	0,027756	2,8	16,3	0,75	205,1	21,3	1,01
12+600	132	45	851,63	852,77	852,90	853,35	0,041557	3,4	13,4	0,75	305,7	17,6	1,23
12+500	131	45	847,97	849,37	849,40	849,85	0,029404	3,1	14,6	0,86	246,7	16,7	1,06
12+400	130	45	845,02	845,62	845,68	845,91	0,053617	2,4	18,9	0,37	194,4	51,0	1,25
12+300	129	45	841,62	842,29	842,29	842,42	0,039033	1,6	27,8	0,26	100,6	105,7	1,01
12+200	128	45	837,92	838,67	838,67	838,88	0,033184	2,1	22,0	0,42	137,1	52,1	1,01
12+100	127	45	835,40	835,95	835,95	836,12	0,036083	1,8	24,6	0,33	118,2	73,6	1,01
12+000	126	45	831,68	832,17	832,18	832,31	0,040044	1,6	27,4	0,26	103,0	104,6	1,02
11+900	125	45	828,42	829,03	829,03	829,18	0,037848	1,7	26,1	0,29	109,3	88,6	1,01
11+800	124	45	825,42	825,79	825,79	825,90	0,042605	1,5	30,6	0,21	88,9	143,6	1,02
11+700	123	45	822,32	822,79	822,79	822,90	0,041282	1,5	29,8	0,23	91,6	131,9	1,01
11+600	122	45	818,94	819,37	819,37	819,52	0,037405	1,7	26,2	0,30	108,5	88,6	1,01
11+500	121	45	815,84	816,46	816,46	816,61	0,038396	1,7	26,3	0,29	108,9	90,7	1,02
11+400	120	45	813,04	813,69	813,69	813,82	0,039350	1,6	28,7	0,25	95,7	115,9	1,00
11+300	119	45	809,19	809,63	809,64	809,77	0,041565	1,7	27,3	0,26	104,9	106,1	1,04
11+200	118	45	806,46	807,05	807,05	807,18	0,039712	1,6	27,9	0,26	100,3	108,3	1,01
11+100	117	45	803,10	803,73	803,73	803,89	0,038100	1,8	25,6	0,30	112,8	84,6	1,02
11+000	116	45	799,27	799,73	799,75	799,90	0,041876	1,8	25,1	0,29	119,3	86,3	1,06
10+900	115	45	794,93	795,65	795,67	795,86	0,038893	2,0	22,2	0,37	140,7	60,1	1,07
10+800	114	45	792,01	792,57	792,57	792,75	0,035256	1,9	23,9	0,35	122,7	67,3	1,01
10+700	113	45	788,23	789,10	789,11	789,32	0,033092	2,1	21,6	0,43	140,5	49,9	1,01
10+600	112	45	785,28	786,20	786,20	786,42	0,033325	2,1	21,3	0,44	143,5	48,5	1,01
10+500	111	45	781,55	782,16	782,21	782,42	0,048874	2,3	19,6	0,37	178,7	52,6	1,20
10+400	110	45	778,05	778,85	778,85	779,08	0,033178	2,1	21,3	0,44	143,8	48,1	1,01
10+300	109	45	775,29	775,90	775,90	776,09	0,034301	2,0	23,1	0,38	128,2	60,6	1,01
10+200	108	45	771,96	772,77	772,77	772,96	0,036111	1,9	23,3	0,36	127,9	64,5	1,02
10+100	107	45	769,28	769,73	769,73	769,89	0,036435	1,8	25,6	0,31	111,4	82,3	1,00
10+000	106	45	767,03	767,46	767,46	767,60	0,038493	1,7	26,7	0,28	106,4	94,6	1,01
9+900	105	45	763,41	763,79	763,79	763,93	0,038974	1,6	27,5	0,27	102,3	102,6	1,01
9+800	104	45	759,19	759,62	759,63	759,75	0,044836	1,6	28,1	0,23	102,5	120,3	1,06
9+700	103	45	755,69	756,17	756,17	756,30	0,039437	1,6	27,4	0,27	102,8	103,2	1,02
9+600	102	45	752,16	753,09	753,09	753,24	0,037042	1,7	26,3	0,30	107,8	88,4	1,00
9+500	101	45	749,18	749,73	749,73	749,85	0,040561	1,5	29,5	0,23	92,6	126,8	1,01
9+400	100	45	745,86	746,32	746,32	746,49	0,036397	1,8	24,8	0,33	116,8	75,8	1,01
9+300	99	45	743,41	743,86	743,86	743,99	0,040437	1,6	29,0	0,24	95,2	120,6	1,01
9+200	98	45	738,66	739,16	739,18	739,33	0,054185	1,8	24,7	0,25	130,4	100,4	1,18
9+100	97	45	735,81	736,10	736,10	736,22	0,040038	1,6	29,0	0,24	94,8	120,1	1,01
9+000	96	45	735,24	735,68	735,68	735,81	0,039613	1,6	28,0	0,26	99,8	108,9	1,01
8+900	95	45	731,86	732,57	732,57	732,77	0,033334	2,0	22,3	0,41	134,4	54,0	1,00
8+800	94	45	728,79	730,10	730,10	730,39	0,030181	2,4	18,9	0,57	168,1	33,0	1,00
8+700	93	45	725,47	726,60	726,65	726,94	0,039615	2,6	17,4	0,53	204,2	32,9	1,14
8+600	92	45	723,23	723,84	723,84	724,05	0,033682	2,0	22,2	0,41	135,8	53,9	1,01
8+500	91	45	721,10	721,82	721,82	721,92	0,044289	1,4	32,5	0,19	82,0	171,9	1,02
8+400	90	45	717,65	718,12	718,12	718,29	0,035923	1,8	24,4	0,34	119,4	72,1	1,01
8+300	89	45	714,51	715,24	715,24	715,40	0,037299	1,8	25,5	0,31	113,2	82,3	1,01

8+200	88	45	710,12	710,95	710,98	711,17	0,048271	2,1	21,4	0,33	156,5	64,5	1,16
8+100	87	45	705,87	706,52	706,55	706,78	0,040076	2,3	20,0	0,42	165,5	47,3	1,10
8+000	86	45	703,12	703,79	703,79	704,00	0,034257	2,0	22,6	0,39	132,6	57,2	1,01
7+900	85	45	701,03	701,54	701,54	701,69	0,037570	1,7	26,1	0,30	109,2	88,1	1,01
7+800	84	45	698,46	699,04	699,04	699,21	0,023253	1,8	24,4	0,34	76,7	72,5	1,01
7+700	83	45	695,76	696,23	696,27	696,48	0,032298	2,2	20,1	0,35	111,2	57,3	1,20
7+600	82	45	693,62	694,19	694,19	694,39	0,022050	2,0	23,0	0,38	82,9	59,9	1,01
7+500	81	45	691,23	691,96	691,97	692,15	0,024952	1,9	23,3	0,34	83,7	68,1	1,05
7+400	80	68	687,13	687,78	687,87	688,16	0,058203	2,7	25,0	0,42	241,2	59,2	1,33
7+300	79	68	683,46	684,09	684,09	684,32	0,032823	2,1	32,6	0,44	140,6	74,6	1,01
7+200	78	68	680,25	681,05	681,05	681,34	0,030355	2,4	28,7	0,56	166,8	51,2	1,01
7+100	77	68	678,00	678,74	678,74	679,03	0,030337	2,4	28,6	0,56	167,7	50,7	1,01
7+000	76	68	675,26	676,38	676,38	676,72	0,028435	2,6	26,3	0,67	187,4	38,5	1,00
6+900	75	68	672,86	674,23	674,23	674,59	0,027819	2,7	25,5	0,71	194,7	35,5	1,00
6+800	74	68	670,72	671,70	671,70	672,00	0,030676	2,4	28,0	0,58	173,6	48,0	1,01
6+700	73	68	667,10	668,53	668,55	669,01	0,028877	3,1	22,3	0,85	241,1	25,4	1,04
6+600	72	68	664,03	666,30	666,30	666,97	0,016097	3,6	18,8	1,22	192,9	14,0	1,00
6+500	71	68	662,01	663,74	663,96	664,50	0,042211	3,9	17,6	0,65	270,3	24,6	1,46
6+400	70	68	659,11	660,19	660,36	660,84	0,031433	3,6	19,1	0,72	222,1	26,1	1,33
6+300	69	68	657,09	658,20	658,20	658,59	0,018036	2,8	24,5	0,75	132,8	32,3	1,02
6+200	68	68	654,07	654,77	655,03	655,57	0,058310	4,0	17,2	0,53	303,0	32,2	1,73
6+100	67	68	650,39	651,90	651,91	652,21	0,020323	2,5	27,7	0,57	113,7	47,8	1,03
6+000	66	68	647,56	648,20	648,41	648,88	0,062091	3,7	18,6	0,45	274,4	41,2	1,74
5+900	65	68	645,41	646,25	646,25	646,56	0,018882	2,5	27,5	0,61	113,4	44,6	1,01
5+800	64	68	643,76	644,59	644,59	644,91	0,018702	2,5	27,3	0,62	113,9	43,8	1,01
5+700	63	68	641,10	641,85	641,97	642,31	0,037876	3,0	22,5	0,49	181,6	46,0	1,38
5+600	62	68	639,39	640,14	640,14	640,39	0,020370	2,2	30,4	0,50	99,0	61,4	1,01
5+500	61	68	637,22	638,08	638,08	638,34	0,020713	2,3	30,1	0,50	101,1	60,4	1,02
5+400	60	68	634,80	635,52	635,59	635,89	0,029247	2,7	25,4	0,50	142,5	51,0	1,21
5+300	59	68	631,61	632,32	632,42	632,74	0,033804	2,9	23,7	0,49	163,8	47,9	1,30
5+200	58	68	629,15	630,04	630,04	630,34	0,019024	2,4	27,9	0,60	111,2	46,6	1,01
5+100	57	68	627,64	628,31	628,31	628,60	0,019153	2,4	28,6	0,57	107,2	49,9	1,00
5+000	56	68	625,72	626,43	626,43	626,75	0,018826	2,5	27,4	0,61	113,4	44,5	1,01
4+900	55	68	623,80	624,55	624,57	624,91	0,020158	2,7	25,5	0,65	128,6	39,1	1,05
4+800	54	68	621,87	622,72	622,72	623,09	0,017628	2,7	25,1	0,74	127,3	33,9	1,00
4+700	53	68	619,95	620,88	620,89	621,31	0,017968	2,9	23,4	0,81	141,9	28,8	1,03
4+600	52	68	617,77	618,55	618,66	619,08	0,028040	3,2	21,0	0,68	187,1	30,7	1,25
4+500	51	68	615,53	616,32	616,34	616,70	0,019792	2,7	24,8	0,69	133,4	35,9	1,05
4+400	50	68	611,90	612,46	612,70	613,26	0,071162	4,0	17,1	0,46	321,2	37,1	1,87
4+300	49	68	609,74	610,41	610,41	610,71	0,018904	2,5	27,7	0,60	112,1	45,6	1,01
4+200	48	68	607,63	608,38	608,41	608,74	0,020656	2,6	25,8	0,63	127,5	40,8	1,06
4+100	47	68	605,94	606,65	606,65	606,97	0,018446	2,5	27,0	0,64	115,9	41,9	1,00
4+000	46	68	604,62	605,55	605,55	605,86	0,019141	2,5	27,7	0,60	112,1	46,3	1,01
3+900	45	68	601,92	602,39	602,54	602,92	0,049800	3,2	21,1	0,44	215,2	47,6	1,55
3+800	44	68	599,70	600,44	600,44	600,76	0,018645	2,5	27,3	0,63	114,3	43,5	1,01
3+700	43	68	597,71	598,38	598,41	598,72	0,022327	2,6	26,4	0,57	125,6	45,8	1,09
3+600	42	68	594,61	596,04	596,08	596,46	0,022693	2,9	23,6	0,67	148,5	33,9	1,10
3+500	41	68	590,89	592,20	592,45	593,06	0,054711	4,1	16,6	0,59	316,1	26,6	1,66
3+400	40	68	589,27	590,58	590,58	591,04	0,017299	3,0	22,8	0,86	146,6	25,2	1,00
3+300	39	68	587,49	588,54	588,60	588,94	0,025353	2,8	24,3	0,59	146,9	40,1	1,15
3+200	38	68	585,15	586,70	586,70	587,02	0,019199	2,5	27,2	0,61	115,3	43,2	1,00
3+100	37	68	583,63	584,33	584,39	584,66	0,029702	2,5	26,8	0,45	131,8	58,9	1,20
3+000	36	68	581,14	582,00	582,00	582,25	0,020288	2,2	30,3	0,50	99,5	60,6	1,01
2+900	35	68	578,23	579,21	579,34	579,73	0,031340	3,2	21,2	0,62	190,2	34,1	1,30
2+800	34	68	576,00	576,97	577,00	577,32	0,021315	2,6	26,0	0,61	126,7	42,7	1,07

2+700	33	68	575,32	576,11	576,11	576,39	0,019179	2,3	29,1	0,56	104,4	52,3	1,00
2+600	32	68	573,13	574,07	574,09	574,39	0,020887	2,5	27,1	0,58	118,8	46,6	1,05
2+500	31	68	570,00	570,42	570,59	571,01	0,062066	3,4	19,9	0,41	247,7	48,6	1,71
2+400	30	68	570,00	570,98	570,98	571,32	0,018854	2,6	26,6	0,64	118,9	39,9	1,00
2+300	29	68	569,23	570,49	570,49	570,99	0,017018	3,1	21,7	0,94	157,6	21,9	1,01
2+200	28	68	566,00	566,86	567,20	567,98	0,062861	4,7	14,5	0,65	400,7	21,3	1,82
2+100	27	68	566,00	567,48	567,48	567,97	0,017093	3,1	22,0	0,92	154,2	23,1	1,01
2+000	26	68	563,12	564,08	564,35	564,99	0,061371	4,2	16,0	0,57	341,3	28,1	1,79
1+900	25	68	560,00	560,68	560,75	561,14	0,024952	3,0	22,8	0,66	160,4	34,4	1,17
1+800	24	68	560,00	560,69	560,69	561,03	0,018410	2,6	26,3	0,66	120,0	39,1	1,01
1+700	23	68	559,34	560,27	560,27	560,62	0,017947	2,6	26,1	0,69	120,8	37,8	1,00
1+600	22	68	557,36	558,26	558,29	558,65	0,021532	2,8	24,4	0,66	139,9	36,3	1,08
1+500	21	68	557,43	559,04	559,04	559,58	0,015890	3,3	20,8	1,05	164,2	19,2	1,00
1+400	20	68	558,00	559,38	559,38	559,85	0,016833	3,0	22,5	0,90	148,5	24,2	1,00
1+300	19	68	558,00	559,02	559,02	559,46	0,017267	2,9	23,1	0,85	143,5	26,5	1,01
1+200	18	68	558,00	559,49	559,49	559,94	0,017139	3,0	22,9	0,86	145,4	25,5	1,00
1+100	17	68	557,00	558,05	558,05	558,43	0,017350	2,7	24,9	0,75	128,3	32,9	1,00
1+000	16	68	554,00	555,15	555,39	556,10	0,031006	4,3	15,8	0,97	295,1	15,5	1,37
0+900	15	68	554,00	555,37	555,37	555,91	0,016120	3,3	20,9	1,04	163,6	19,7	1,01
0+800	14	68	554,00	555,30	555,30	555,88	0,016108	3,4	20,2	1,09	172,2	17,8	1,01
0+700	13	68	554,00	555,08	555,08	555,57	0,016542	3,1	22,0	0,95	153,4	22,7	1,01
0+600	12	68	553,54	554,55	554,55	554,96	0,017364	2,8	24,0	0,80	136,2	29,6	1,01
0+500	11	68	552,00	553,21	553,21	553,75	0,016189	3,3	20,8	1,04	165,2	19,4	1,01
0+400	10	68	551,54	552,96	552,96	553,56	0,016132	3,4	19,8	1,12	177,7	16,6	1,00
0+300	9	68	550,00	551,43	551,43	552,07	0,016036	3,6	19,1	1,19	187,0	15,0	1,00
0+200	8	68	549,64	550,98	550,98	551,54	0,016126	3,3	20,6	1,06	167,4	18,7	1,00
0+100	7	68	547,82	548,87	549,00	549,55	0,024853	3,7	18,6	0,89	217,6	20,4	1,22
0+000	6	68	545,82	547,11	547,11	547,54	0,016949	2,9	23,4	0,84	140,3	27,6	1,01
0-100	5	68	543,41	544,69	544,86	545,44	0,025901	3,8	17,7	0,93	236,1	18,7	1,26
0-200	4	68	542,00	542,89	542,89	543,31	0,017267	2,9	23,4	0,83	140,5	27,7	1,01
0-300	3	68	541,70	543,01	543,01	543,55	0,016151	3,2	21,0	1,03	163,4	19,6	1,00
0-400	2	68	541,05	542,67	542,67	543,20	0,015977	3,2	21,1	1,03	162,0	19,8	1,00
0-500	1	68	540,00	541,31	541,31	541,91	0,016082	3,4	19,8	1,13	177,9	16,5	1,00

PERFIL (Km)	ID RS N°	CAUDAL (m3/s)	COTA FONDO (m)	COTA EJE H (m)	COTA CRISIS (m)	BERNOULLI (m)	J (m/m)	V _M (m/s)	A _T (m2)	R _H (m)	ζ (N/m2)	L (m)	FROUDE N°
13+000	136	63	864,74	865,81	865,81	866,27	0,026212	3,0	21,1	0,88	227,5	23,5	1,01
12+900	135	63	859,99	861,34	861,63	862,32	0,063921	4,4	14,4	0,80	504,3	17,4	1,53
12+800	134	63	857,76	859,09	859,09	859,59	0,025652	3,1	20,1	0,97	243,4	20,3	1,01
12+700	133	63	855,27	856,53	856,54	857,02	0,026899	3,1	20,4	0,92	241,8	21,7	1,02
12+600	132	63	851,63	852,97	853,13	853,67	0,042283	3,7	17,0	0,86	354,9	19,6	1,27
12+500	131	63	847,97	849,60	849,64	850,18	0,028669	3,4	18,6	1,00	281,6	18,1	1,07
12+400	130	63	845,02	845,70	845,80	846,09	0,061026	2,8	22,7	0,42	251,6	54,0	1,36
12+300	129	63	841,62	842,36	842,36	842,52	0,035724	1,8	36,0	0,32	110,5	114,1	1,00
12+200	128	63	837,92	838,77	838,78	839,04	0,033667	2,3	27,4	0,50	163,7	55,2	1,04
12+100	127	63	835,40	836,04	836,04	836,24	0,034443	2,0	31,7	0,39	132,3	80,8	1,01
12+000	126	63	831,68	832,23	832,25	832,41	0,042742	1,9	33,8	0,30	127,1	111,2	1,08
11+900	125	63	828,42	829,11	829,11	829,29	0,036717	1,8	34,3	0,33	119,6	103,1	1,02
11+800	124	63	825,42	825,85	825,85	825,98	0,039413	1,6	38,7	0,26	101,4	147,5	1,01
11+700	123	63	822,32	822,85	822,85	822,99	0,038486	1,7	38,2	0,27	102,9	140,0	1,01
11+600	122	63	818,94	819,46	819,46	819,63	0,035973	1,8	34,9	0,33	115,8	106,3	1,01
11+500	121	63	815,84	816,54	816,54	816,71	0,036598	1,8	34,6	0,33	117,7	105,6	1,01
11+400	120	63	813,04	813,76	813,76	813,91	0,037139	1,7	36,9	0,29	107,2	125,5	1,00
11+300	119	63	809,19	809,69	809,71	809,87	0,043974	1,9	33,4	0,30	129,8	111,1	1,10
11+200	118	63	806,46	807,12	807,12	807,28	0,036432	1,7	36,1	0,31	110,4	116,9	1,00
11+100	117	63	803,10	803,82	803,82	804,01	0,033337	1,9	33,2	0,37	122,5	88,4	0,99
11+000	116	63	799,27	799,79	799,83	800,02	0,048515	2,1	29,9	0,33	157,6	90,2	1,17
10+900	115	63	794,93	795,79	795,79	795,98	0,035963	1,9	32,5	0,37	128,8	89,0	1,02
10+800	114	63	792,01	792,66	792,66	792,88	0,033521	2,1	30,6	0,42	138,7	72,4	1,01
10+700	113	63	788,23	789,22	789,24	789,48	0,034306	2,3	27,9	0,48	160,5	58,3	1,04
10+600	112	63	785,28	786,33	786,33	786,58	0,031330	2,2	28,2	0,50	154,4	55,8	1,01
10+500	111	63	781,55	782,24	782,32	782,59	0,052532	2,6	24,2	0,43	220,3	56,5	1,27
10+400	110	63	778,05	778,98	778,98	779,24	0,031152	2,3	27,9	0,51	156,6	54,2	1,01
10+300	109	63	775,29	776,00	776,00	776,23	0,032719	2,1	29,6	0,45	144,8	65,6	1,01
10+200	108	63	771,96	772,87	772,87	773,10	0,033505	2,1	29,7	0,44	144,8	67,3	1,02
10+100	107	63	769,28	769,81	769,81	770,00	0,034830	1,9	32,9	0,37	125,8	89,2	1,01
10+000	106	63	767,03	767,53	767,53	767,71	0,035368	1,9	33,8	0,35	121,0	96,8	1,01
9+900	105	63	763,41	763,86	763,86	764,03	0,038357	1,8	34,2	0,32	121,5	105,7	1,04
9+800	104	63	759,19	759,67	759,69	759,84	0,045829	1,8	34,6	0,28	124,8	124,5	1,10
9+700	103	63	755,69	756,24	756,24	756,40	0,036920	1,8	34,7	0,32	117,7	106,7	1,02
9+600	102	63	752,16	753,17	753,17	753,35	0,035226	1,9	33,7	0,35	121,6	95,4	1,01
9+500	101	63	749,18	749,80	749,80	749,94	0,039338	1,7	37,8	0,27	104,9	139,1	1,02
9+400	100	63	745,86	746,41	746,41	746,61	0,033985	2,0	32,0	0,39	130,3	81,7	1,01
9+300	99	63	743,41	743,93	743,93	744,07	0,039069	1,7	37,7	0,28	105,5	136,7	1,02
9+200	98	63	738,66	739,21	739,25	739,43	0,055851	2,1	30,2	0,29	160,9	102,6	1,23
9+100	97	63	735,81	736,16	736,16	736,31	0,036932	1,7	36,4	0,30	109,5	120,3	1,00
9+000	96	63	735,24	735,75	735,75	735,90	0,037102	1,8	35,8	0,31	112,4	115,9	1,01
8+900	95	63	731,86	732,70	732,70	732,92	0,032895	2,1	30,3	0,43	139,7	69,8	1,01
8+800	94	63	728,79	730,29	730,29	730,58	0,029969	2,4	26,3	0,58	169,1	45,4	1,00
8+700	93	63	725,47	726,76	726,86	727,14	0,039692	2,7	23,2	0,56	219,6	40,9	1,15
8+600	92	63	723,23	723,96	723,96	724,20	0,032023	2,2	29,1	0,47	147,8	61,8	1,01

8+500	91	63	721,10	721,88	721,88	721,99	0,042014	1,4	44,2	0,21	84,5	215,3	1,00
8+400	90	63	717,65	718,21	718,21	718,42	0,033541	2,0	31,1	0,41	135,5	75,4	1,01
8+300	89	63	714,51	715,34	715,34	715,51	0,035777	1,9	33,9	0,34	120,7	98,6	1,01
8+200	88	63	710,12	711,02	711,08	711,31	0,049690	2,4	26,2	0,40	192,8	66,0	1,22
8+100	87	63	705,87	706,62	706,66	706,95	0,038603	2,5	25,0	0,51	194,7	48,4	1,12
8+000	86	63	703,12	703,91	703,91	704,14	0,032103	2,1	29,4	0,46	145,3	63,8	1,01
7+900	85	63	701,03	701,62	701,62	701,80	0,035520	1,9	33,5	0,35	122,9	94,9	1,01
7+800	84	63	698,46	699,13	699,13	699,34	0,021775	2,0	31,1	0,41	87,0	76,3	1,01
7+700	83	63	695,76	696,30	696,37	696,64	0,033906	2,6	24,5	0,42	139,0	58,5	1,27
7+600	82	63	693,62	694,30	694,30	694,53	0,020745	2,1	29,5	0,46	92,9	64,6	1,01
7+500	81	63	691,23	692,05	692,07	692,28	0,024327	2,2	29,2	0,41	98,3	70,8	1,07
7+400	80	91	687,13	687,87	687,98	688,33	0,059561	3,0	30,1	0,49	284,8	61,7	1,38
7+300	79	91	683,46	684,19	684,19	684,46	0,030733	2,3	39,9	0,52	158,1	76,1	1,00
7+200	78	91	680,25	681,18	681,18	681,52	0,028681	2,6	35,6	0,66	184,4	54,2	1,01
7+100	77	91	678,00	678,87	678,87	679,21	0,028622	2,6	35,5	0,66	184,8	53,9	1,01
7+000	76	91	675,26	676,54	676,54	676,94	0,027605	2,8	32,8	0,76	206,9	42,3	1,01
6+900	75	91	672,86	674,39	674,39	674,82	0,026849	2,9	31,4	0,83	219,1	37,4	1,01
6+800	74	91	670,72	671,87	671,87	672,18	0,030013	2,5	37,1	0,60	175,2	61,7	1,01
6+700	73	91	667,10	668,73	668,76	669,29	0,027310	3,3	27,5	1,00	268,6	26,5	1,04
6+600	72	91	664,03	666,65	666,65	667,38	0,015173	3,8	24,0	1,37	203,2	16,0	0,99
6+500	71	91	662,01	663,85	664,17	664,86	0,048578	4,5	20,4	0,73	346,8	25,7	1,60
6+400	70	91	659,11	660,38	660,55	661,10	0,028749	3,8	24,1	0,84	236,9	28,3	1,30
6+300	69	91	657,09	658,40	658,42	658,80	0,019356	2,8	32,8	0,71	135,4	45,5	1,04
6+200	68	91	654,07	654,93	655,19	655,77	0,052055	4,1	22,5	0,60	305,3	37,2	1,66
6+100	67	91	650,39	652,02	652,08	652,40	0,021958	2,7	33,7	0,62	134,2	53,1	1,08
6+000	66	91	647,56	648,32	648,55	649,08	0,054297	3,9	23,6	0,54	286,9	43,7	1,68
5+900	65	91	645,41	646,39	646,39	646,76	0,017767	2,7	33,7	0,73	126,9	46,1	1,01
5+800	64	91	643,76	644,73	644,73	645,10	0,017641	2,7	33,6	0,74	127,4	45,4	1,00
5+700	63	91	641,10	641,94	642,10	642,52	0,040583	3,4	26,9	0,55	218,9	48,9	1,45
5+600	62	91	639,39	640,25	640,25	640,55	0,019078	2,5	37,1	0,60	112,1	61,7	1,01
5+500	61	91	637,22	638,17	638,19	638,50	0,022057	2,6	35,4	0,58	124,5	61,5	1,08
5+400	60	91	634,80	635,64	635,72	636,06	0,027089	2,9	31,9	0,58	153,6	55,0	1,20
5+300	59	91	631,61	632,41	632,55	632,95	0,035731	3,3	28,0	0,57	199,7	49,1	1,37
5+200	58	91	629,15	630,17	630,17	630,53	0,017971	2,7	34,1	0,71	125,2	47,8	1,01
5+100	57	91	627,64	628,43	628,43	628,78	0,018107	2,6	34,8	0,69	121,6	50,6	1,01
5+000	56	91	625,72	626,56	626,57	626,94	0,018516	2,8	33,0	0,73	132,3	45,2	1,03
4+900	55	91	623,80	624,71	624,72	625,13	0,017829	2,9	31,9	0,79	138,4	40,1	1,02
4+800	54	91	621,87	622,87	622,89	623,33	0,017991	3,0	30,1	0,86	150,9	35,0	1,04
4+700	53	91	619,95	621,06	621,08	621,57	0,017209	3,2	28,9	0,94	159,1	30,3	1,03
4+600	52	91	617,77	618,67	618,83	619,35	0,029211	3,6	25,0	0,78	224,8	31,7	1,30
4+500	51	91	615,53	616,46	616,49	616,93	0,019447	3,0	29,9	0,81	155,2	36,5	1,07
4+400	50	91	611,90	612,55	612,86	613,53	0,070470	4,4	20,7	0,54	371,4	38,5	1,91
4+300	49	91	609,74	610,54	610,54	610,91	0,017791	2,7	33,7	0,73	127,0	46,1	1,01
4+200	48	91	607,63	608,50	608,55	608,95	0,021529	3,0	30,6	0,73	154,5	41,6	1,11
4+100	47	91	605,94	606,79	606,79	607,18	0,017448	2,8	33,0	0,76	130,7	43,0	1,01
4+000	46	91	604,62	605,69	605,69	606,05	0,017657	2,7	34,2	0,72	124,1	47,6	1,00
3+900	45	91	601,92	602,46	602,67	603,16	0,053920	3,7	24,6	0,51	269,4	48,1	1,65
3+800	44	91	599,70	600,58	600,58	600,96	0,017509	2,7	33,5	0,75	128,0	44,8	1,00
3+700	43	91	597,71	598,48	598,54	598,92	0,023881	2,9	31,0	0,66	155,4	46,5	1,15
3+600	42	91	594,61	596,20	596,24	596,70	0,020685	3,1	29,1	0,81	164,5	34,2	1,08
3+500	41	91	590,89	592,31	592,64	593,42	0,057056	4,7	19,5	0,69	385,5	26,8	1,74
3+400	40	91	589,27	590,78	590,78	591,33	0,016428	3,3	27,8	1,03	166,6	25,4	1,00

3+300	39	91	587,49	588,63	588,75	589,18	0,029218	3,3	27,7	0,67	192,7	40,2	1,26
3+200	38	91	585,15	586,84	586,84	587,22	0,018331	2,8	33,0	0,74	132,3	43,4	1,01
3+100	37	91	583,63	584,41	584,50	584,84	0,032064	2,9	31,2	0,53	165,3	59,0	1,28
3+000	36	91	581,14	582,09	582,11	582,41	0,020095	2,5	36,4	0,59	116,8	61,3	1,04
2+900	35	91	578,23	579,36	579,51	579,95	0,029998	3,4	26,6	0,70	206,8	37,7	1,30
2+800	34	91	576,00	577,11	577,14	577,51	0,019361	2,8	32,4	0,73	137,8	44,3	1,05
2+700	33	91	575,32	576,23	576,23	576,57	0,018018	2,6	35,4	0,67	118,4	52,7	1,00
2+600	32	91	573,13	574,17	574,22	574,58	0,021836	2,9	31,9	0,68	145,2	46,9	1,10
2+500	31	91	570,00	570,51	570,72	571,22	0,057051	3,7	24,4	0,49	276,5	49,0	1,69
2+400	30	91	570,00	571,13	571,13	571,53	0,017780	2,8	32,3	0,78	135,2	40,1	1,00
2+300	29	91	569,23	570,71	570,71	571,31	0,016104	3,4	26,4	1,13	178,6	22,0	1,00
2+200	28	91	566,00	566,99	567,41	568,40	0,062597	5,3	17,3	0,77	471,8	21,5	1,86
2+100	27	91	566,00	567,70	567,70	568,27	0,015942	3,4	27,1	1,10	172,1	23,6	1,00
2+000	26	91	563,12	564,18	564,53	565,36	0,064857	4,8	18,9	0,66	419,0	28,4	1,89
1+900	25	91	560,00	560,81	560,91	561,38	0,024926	3,3	27,3	0,77	189,4	34,8	1,20
1+800	24	91	560,00	560,84	560,84	561,25	0,017330	2,8	32,1	0,80	135,8	39,6	1,00
1+700	23	91	559,34	560,43	560,43	560,84	0,016896	2,9	31,8	0,82	136,7	38,3	1,00
1+600	22	91	557,36	558,38	558,45	558,89	0,022624	3,2	28,7	0,77	171,7	36,3	1,14
1+500	21	91	557,43	559,30	559,30	559,92	0,015211	3,5	26,0	1,21	180,8	20,8	1,00
1+400	20	91	558,00	559,60	559,60	560,14	0,015987	3,3	27,8	1,05	165,3	25,5	1,00
1+300	19	91	558,00	559,21	559,21	559,74	0,016348	3,2	28,2	1,02	162,8	26,8	1,01
1+200	18	91	558,00	559,68	559,68	560,22	0,016331	3,3	28,0	1,03	164,6	26,1	1,00
1+100	17	91	557,00	558,22	558,22	558,67	0,016444	3,0	30,7	0,89	143,3	34,3	1,00
1+000	16	91	554,00	555,40	555,67	556,48	0,028354	4,6	19,7	1,15	319,1	16,3	1,34
0+900	15	91	554,00	555,64	555,64	556,24	0,015505	3,5	26,4	1,17	177,4	22,0	1,01
0+800	14	91	554,00	555,56	555,56	556,24	0,015254	3,7	24,9	1,29	192,4	18,4	1,00
0+700	13	91	554,00	555,30	555,30	555,87	0,015562	3,4	27,1	1,12	171,0	23,5	1,00
0+600	12	91	553,54	554,73	554,73	555,22	0,016165	3,1	29,4	0,96	152,1	30,3	1,00
0+500	11	91	552,00	553,46	553,46	554,10	0,015258	3,5	25,7	1,23	183,4	20,2	1,00
0+400	10	91	551,54	553,23	553,23	553,94	0,015453	3,7	24,5	1,31	198,2	17,5	1,00
0+300	9	91	550,00	551,71	551,71	552,48	0,015480	3,9	23,5	1,39	211,4	15,5	1,01
0+200	8	91	549,64	551,24	551,24	551,89	0,015348	3,6	25,4	1,24	187,1	19,5	1,00
0+100	7	91	547,82	549,04	549,22	549,90	0,026206	4,1	22,1	1,03	263,5	21,0	1,28
0+000	6	91	545,82	547,32	547,32	547,81	0,016047	3,1	29,5	0,96	151,4	30,4	1,00
0-100	5	91	543,41	544,91	545,11	545,79	0,025080	4,2	21,9	1,08	264,7	19,9	1,26
0-200	4	91	542,00	543,04	543,07	543,59	0,017841	3,3	27,9	0,97	169,1	28,1	1,05
0-300	3	91	541,70	543,27	543,27	543,89	0,015626	3,5	26,1	1,18	180,9	21,2	1,01
0-400	2	91	541,05	542,91	542,91	543,54	0,015247	3,5	25,9	1,22	181,7	20,6	1,00
0-500	1	91	540,00	541,57	541,57	542,29	0,015568	3,8	24,2	1,32	202,3	16,9	1,00

PERFIL (Km)	ID RS Nº	CAUDAL (m3/s)	COTA FONDO (m)	COTA EJE H (m)	COTA CRISIS (m)	BERNOULLI (m)	J (m/m)	V _M (m/s)	A _T (m2)	R _H (m)	ζ (N/m2)	L (m)	FROUDE Nº
13+000	136	86	864,74	866,03	866,03	866,57	0,024553	3,3	26,4	1,06	254,8	24,5	1,00
12+900	135	86	859,99	861,53	861,90	862,72	0,065715	4,9	17,7	0,92	592,4	18,7	1,59
12+800	134	86	857,76	859,34	859,34	859,92	0,024363	3,4	25,4	1,13	270,3	21,9	1,01
12+700	133	86	855,27	856,73	856,76	857,34	0,027291	3,5	24,7	1,08	290,1	22,1	1,05
12+600	132	86	851,63	853,18	853,38	854,00	0,041338	4,0	21,4	0,98	397,5	21,5	1,28
12+500	131	86	847,97	849,83	849,90	850,55	0,028818	3,8	22,9	1,17	329,6	19,1	1,10
12+400	130	86	845,02	845,78	845,92	846,28	0,066809	3,2	27,3	0,48	311,5	57,4	1,46
12+300	129	86	841,62	842,43	842,43	842,63	0,033983	1,9	44,5	0,38	126,6	117,0	1,00
12+200	128	86	837,92	838,88	838,91	839,21	0,033995	2,6	33,7	0,58	191,7	58,5	1,07
12+100	127	86	835,40	836,14	836,14	836,37	0,032485	2,1	40,2	0,46	145,6	87,8	1,01
12+000	126	86	831,68	832,29	832,32	832,52	0,046335	2,1	40,5	0,35	157,4	116,8	1,15
11+900	125	86	828,42	829,20	829,20	829,40	0,035212	2,0	44,1	0,38	129,6	117,4	1,02
11+800	124	86	825,42	825,91	825,91	826,07	0,036724	1,8	48,3	0,32	114,0	152,7	1,01
11+700	123	86	822,32	822,91	822,91	823,08	0,036996	1,8	47,3	0,32	117,7	145,9	1,02
11+600	122	86	818,94	819,56	819,56	819,73	0,035659	1,9	46,1	0,35	121,5	132,5	1,01
11+500	121	86	815,84	816,64	816,64	816,82	0,034206	1,9	45,1	0,37	124,3	121,6	1,00
11+400	120	86	813,04	813,83	813,83	814,01	0,035186	1,8	46,8	0,34	118,5	136,1	1,00
11+300	119	86	809,19	809,75	809,79	809,98	0,046311	2,1	40,5	0,35	157,7	116,5	1,15
11+200	118	86	806,46	807,20	807,20	807,38	0,033948	1,9	45,8	0,36	121,1	125,8	0,99
11+100	117	86	803,10	803,93	803,93	804,12	0,034754	2,0	44,2	0,38	128,7	116,7	1,01
11+000	116	86	799,27	799,87	799,92	800,14	0,045919	2,3	37,6	0,39	175,9	96,2	1,17
10+900	115	86	794,93	795,87	795,88	796,10	0,035597	2,2	40,0	0,43	150,3	92,8	1,05
10+800	114	86	792,01	792,77	792,77	793,02	0,031874	2,2	38,6	0,49	154,2	78,1	1,01
10+700	113	86	788,23	789,36	789,38	789,63	0,036134	2,3	37,2	0,47	167,9	78,4	1,07
10+600	112	86	785,28	786,49	786,49	786,74	0,031127	2,2	38,5	0,50	153,6	76,3	1,00
10+500	111	86	781,55	782,35	782,46	782,75	0,052609	2,8	30,7	0,48	246,3	64,2	1,29
10+400	110	86	778,05	779,14	779,14	779,41	0,029850	2,3	37,7	0,54	156,8	70,3	0,99
10+300	109	86	775,29	776,10	776,11	776,39	0,031881	2,4	36,5	0,54	167,9	67,8	1,03
10+200	108	86	771,96	772,95	772,98	773,25	0,037284	2,5	35,2	0,50	184,4	69,5	1,10
10+100	107	86	769,28	769,91	769,91	770,12	0,033107	2,1	41,5	0,43	139,6	96,4	1,01
10+000	106	86	767,03	767,61	767,61	767,83	0,033331	2,1	42,0	0,42	137,5	99,6	1,01
9+900	105	86	763,41	763,92	763,94	764,14	0,040936	2,1	40,6	0,38	151,9	107,3	1,10
9+800	104	86	759,19	759,74	759,76	759,94	0,043003	2,0	43,2	0,33	140,3	129,8	1,10
9+700	103	86	755,69	756,32	756,32	756,52	0,033419	2,0	43,8	0,39	129,2	111,0	1,00
9+600	102	86	752,16	753,27	753,27	753,46	0,034195	2,0	43,9	0,39	129,3	113,5	1,01
9+500	101	86	749,18	749,87	749,87	750,03	0,035906	1,8	48,0	0,33	114,6	147,3	1,00
9+400	100	86	745,86	746,51	746,51	746,74	0,032703	2,1	40,2	0,46	146,2	88,0	1,01
9+300	99	86	743,41	744,00	744,00	744,17	0,036290	1,8	46,7	0,34	119,6	138,9	1,01
9+200	98	86	738,66	739,27	739,34	739,56	0,060186	2,4	35,8	0,34	201,8	104,8	1,31
9+100	97	86	735,81	736,23	736,23	736,42	0,034856	1,9	44,7	0,37	126,5	120,6	1,01
9+000	96	86	735,24	735,82	735,82	736,01	0,034910	1,9	45,1	0,36	124,8	123,8	1,01
8+900	95	86	731,86	732,81	732,81	733,05	0,032457	2,2	39,6	0,47	148,7	84,5	1,01
8+800	94	86	728,79	730,46	730,46	730,76	0,029299	2,5	35,1	0,61	174,1	57,6	1,00
8+700	93	86	725,47	726,96	727,03	727,29	0,041868	2,5	33,9	0,49	200,4	69,3	1,16
8+600	92	86	723,23	724,08	724,08	724,36	0,030557	2,3	37,0	0,54	162,3	68,3	1,01
8+500	91	86	721,10	721,94	721,94	722,06	0,040172	1,5	56,5	0,23	92,3	240,9	1,00
8+400	90	86	717,65	718,31	718,31	718,56	0,031672	2,2	38,9	0,49	152,4	79,2	1,01
8+300	89	86	714,51	715,42	715,42	715,63	0,034803	2,0	42,8	0,39	134,8	108,4	1,02

8+200	88	86	710,12	711,11	711,19	711,47	0,050070	2,7	32,4	0,46	224,7	70,5	1,25
8+100	87	86	705,87	706,74	706,79	707,14	0,037690	2,8	30,6	0,62	227,4	49,6	1,14
8+000	86	86	703,12	704,02	704,02	704,29	0,031121	2,3	37,1	0,53	162,9	69,4	1,01
7+900	85	86	701,03	701,72	701,72	701,92	0,033504	2,0	43,0	0,40	132,9	106,2	1,00
7+800	84	86	698,46	699,23	699,23	699,47	0,020487	2,2	39,0	0,48	97,3	80,4	1,01
7+700	83	86	695,76	696,39	696,49	696,82	0,035192	2,9	29,5	0,49	169,5	59,9	1,33
7+600	82	86	693,62	694,41	694,41	694,68	0,019727	2,3	37,2	0,54	103,6	69,4	1,01
7+500	81	86	691,23	692,13	692,17	692,44	0,025686	2,5	34,7	0,49	122,5	71,3	1,13
7+400	80	120	687,13	687,97	688,11	688,52	0,056018	3,3	36,7	0,58	316,0	63,6	1,38
7+300	79	120	683,46	684,30	684,30	684,61	0,029231	2,5	48,2	0,62	177,9	77,6	1,01
7+200	78	120	680,25	681,32	681,33	681,71	0,028665	2,8	43,1	0,75	209,7	57,7	1,03
7+100	77	120	678,00	679,02	679,02	679,40	0,027359	2,8	43,6	0,76	203,6	57,3	1,01
7+000	76	120	675,26	676,72	676,72	677,16	0,026541	3,0	40,6	0,86	224,9	46,4	1,01
6+900	75	120	672,86	674,67	674,67	675,05	0,027084	2,7	44,1	0,75	199,6	58,2	1,00
6+800	74	120	670,72	672,00	672,00	672,35	0,028186	2,6	45,7	0,69	191,4	65,2	1,00
6+700	73	120	667,10	668,95	669,13	669,61	0,026140	3,6	33,3	1,18	301,6	27,2	1,04
6+600	72	120	664,03	667,05	667,05	667,78	0,015517	3,8	31,7	1,34	203,6	22,1	1,01
6+500	71	120	662,01	664,02	664,39	665,20	0,048663	4,8	24,9	0,82	389,5	28,1	1,63
6+400	70	120	659,11	660,54	660,77	661,42	0,028883	4,1	29,0	0,96	272,9	29,6	1,34
6+300	69	120	657,09	658,56	658,58	659,02	0,018412	3,0	39,8	0,84	151,6	46,8	1,05
6+200	68	120	654,07	655,05	655,36	656,05	0,052842	4,5	27,0	0,68	352,5	39,3	1,71
6+100	67	120	650,39	652,16	652,21	652,57	0,022563	2,8	42,2	0,66	145,6	63,0	1,11
6+000	66	120	647,56	648,44	648,71	649,30	0,050029	4,1	29,2	0,63	308,6	46,4	1,65
5+900	65	120	645,41	646,54	646,54	646,98	0,016836	2,9	41,0	0,86	141,3	47,7	1,01
5+800	64	120	643,76	644,86	644,89	645,33	0,018841	3,1	39,4	0,84	154,6	46,8	1,06
5+700	63	120	641,10	642,06	642,24	642,73	0,037452	3,6	33,2	0,65	237,3	51,3	1,43
5+600	62	120	639,39	640,37	640,37	640,74	0,017858	2,7	44,8	0,72	125,8	62,1	1,01
5+500	61	120	637,22	638,26	638,32	638,69	0,023528	2,9	41,3	0,66	152,0	62,7	1,14
5+400	60	120	634,80	635,78	635,86	636,24	0,025343	3,0	39,6	0,67	165,4	59,4	1,19
5+300	59	120	631,61	632,51	632,69	633,18	0,037175	3,6	33,1	0,65	238,3	50,5	1,43
5+200	58	120	629,15	630,32	630,32	630,75	0,017018	2,9	41,4	0,84	139,8	49,1	1,01
5+100	57	120	627,64	628,56	628,57	628,99	0,018291	2,9	41,2	0,80	143,4	51,3	1,04
5+000	56	120	625,72	626,70	626,72	627,17	0,018018	3,0	39,6	0,86	151,6	45,9	1,04
4+900	55	120	623,80	624,86	624,89	625,37	0,017885	3,2	37,9	0,92	161,7	40,9	1,05
4+800	54	120	621,87	623,04	623,07	623,60	0,017507	3,3	36,3	1,00	171,4	36,1	1,05
4+700	53	120	619,95	621,25	621,29	621,86	0,017197	3,5	34,8	1,08	181,8	31,9	1,05
4+600	52	120	617,77	618,83	619,03	619,64	0,028987	4,0	30,1	0,91	257,8	32,9	1,33
4+500	51	120	615,53	616,61	616,68	617,19	0,019924	3,4	35,4	0,94	183,7	37,3	1,11
4+400	50	120	611,90	612,67	613,02	613,81	0,066348	4,7	25,4	0,63	409,2	40,3	1,90
4+300	49	120	609,74	610,69	610,69	611,13	0,016781	2,9	40,8	0,87	142,7	46,7	1,01
4+200	48	120	607,63	608,63	608,71	609,19	0,022332	3,3	36,0	0,84	184,9	42,3	1,16
4+100	47	120	605,94	606,95	606,95	607,41	0,016544	3,0	40,0	0,90	146,1	44,2	1,01
4+000	46	120	604,62	605,84	605,84	606,27	0,016667	2,9	41,5	0,85	138,4	48,8	1,00
3+900	45	120	601,92	602,55	602,81	603,43	0,055865	4,2	28,8	0,59	323,8	48,6	1,72
3+800	44	120	599,70	600,74	600,74	601,18	0,016648	3,0	40,5	0,88	143,8	45,7	1,01
3+700	43	120	597,71	598,59	598,70	599,15	0,025085	3,3	36,3	0,76	187,8	47,3	1,21
3+600	42	120	594,61	596,38	596,43	596,97	0,019156	3,4	35,4	0,97	182,5	34,5	1,07
3+500	41	120	590,89	592,44	592,85	593,81	0,057245	5,2	23,1	0,81	453,1	26,9	1,78
3+400	40	120	589,27	591,00	591,00	591,66	0,015697	3,6	33,5	1,22	188,1	25,7	1,00
3+300	39	120	587,49	588,73	588,91	589,46	0,032671	3,8	31,7	0,77	245,1	40,3	1,36
3+200	38	120	585,15	587,00	587,00	587,46	0,017063	3,0	39,9	0,88	147,8	43,7	1,00
3+100	37	120	583,63	584,49	584,63	585,06	0,035630	3,4	35,7	0,60	209,7	59,1	1,38
3+000	36	120	581,14	582,21	582,23	582,60	0,019730	2,8	43,4	0,70	135,3	61,9	1,05
2+900	35	120	578,23	579,52	579,69	580,19	0,029072	3,6	32,9	0,79	225,4	41,5	1,31
2+800	34	120	576,00	577,27	577,31	577,74	0,020066	3,0	39,5	0,79	156,2	49,4	1,08

2+700	33	120	575,32	576,37	576,37	576,77	0,017009	2,8	42,7	0,80	133,4	53,1	1,00
2+600	32	120	573,13	574,29	574,36	574,81	0,022619	3,2	37,4	0,79	174,6	47,4	1,15
2+500	31	120	570,00	570,61	570,86	571,46	0,053375	4,1	29,5	0,59	309,6	49,5	1,68
2+400	30	120	570,00	571,28	571,28	571,77	0,017145	3,1	38,7	0,92	154,8	40,3	1,01
2+300	29	120	569,23	570,96	570,96	571,68	0,015518	3,8	31,9	1,33	201,7	22,4	1,00
2+200	28	120	566,00	567,15	567,66	568,84	0,060543	5,8	20,8	0,91	537,8	21,7	1,88
2+100	27	120	566,00	567,94	567,94	568,62	0,015177	3,7	32,8	1,30	193,0	24,1	1,00
2+000	26	120	563,12	564,30	564,74	565,77	0,065773	5,4	22,3	0,77	495,5	28,7	1,95
1+900	25	120	560,00	560,95	561,10	561,66	0,025585	3,7	32,2	0,90	225,8	35,2	1,24
1+800	24	120	560,00	561,01	561,01	561,50	0,016415	3,1	38,8	0,95	152,9	40,1	1,01
1+700	23	120	559,34	560,60	560,60	561,09	0,015997	3,1	38,5	0,98	153,6	38,9	1,00
1+600	22	120	557,36	558,51	558,63	559,16	0,023459	3,6	33,8	0,89	205,8	36,9	1,19
1+500	21	120	557,43	559,57	559,57	560,29	0,014738	3,8	31,9	1,38	199,4	22,3	1,00
1+400	20	120	558,00	559,83	559,83	560,47	0,015235	3,5	34,1	1,22	182,4	26,9	1,00
1+300	19	120	558,00	559,43	559,43	560,06	0,015384	3,5	34,2	1,21	181,8	27,2	1,00
1+200	18	120	558,00	559,90	559,90	560,55	0,015830	3,6	33,7	1,20	186,7	26,8	1,01
1+100	17	120	557,00	558,40	558,41	558,94	0,016307	3,2	37,0	1,02	163,8	35,8	1,02
1+000	16	120	554,00	555,71	555,98	556,89	0,024533	4,8	24,9	1,37	328,5	17,1	1,28
0+900	15	120	554,00	555,91	555,91	556,60	0,014849	3,7	32,6	1,33	193,5	23,9	1,01
0+800	14	120	554,00	555,84	555,84	556,65	0,014781	4,0	30,2	1,49	216,3	19,1	1,01
0+700	13	120	554,00	555,54	555,54	556,22	0,014848	3,7	32,8	1,32	191,6	24,1	1,00
0+600	12	120	553,54	554,94	554,94	555,51	0,015416	3,3	36,0	1,12	168,6	31,7	1,00
0+500	11	120	552,00	553,73	553,73	554,48	0,014727	3,8	31,3	1,42	204,7	21,2	1,00
0+400	10	120	551,54	553,57	553,57	554,35	0,014971	3,9	30,7	1,45	212,2	19,9	1,00
0+300	9	120	550,00	552,05	552,05	552,93	0,014920	4,2	28,8	1,60	233,8	16,3	1,00
0+200	8	120	549,64	551,52	551,52	552,28	0,014676	3,9	31,1	1,44	207,2	20,5	1,00
0+100	7	120	547,82	549,22	549,48	550,30	0,027032	4,6	26,1	1,18	313,6	21,3	1,33
0+000	6	120	545,82	547,54	547,55	548,09	0,016040	3,3	36,4	1,06	167,1	34,0	1,02
0-100	5	120	543,41	545,17	545,38	546,15	0,022833	4,4	27,4	1,25	280,2	21,3	1,24
0-200	4	120	542,00	543,18	543,29	543,91	0,020635	3,8	31,8	1,08	218,5	28,6	1,15
0-300	3	120	541,70	543,54	543,54	544,25	0,015048	3,8	32,0	1,35	199,2	22,7	1,01
0-400	2	120	541,05	543,17	543,17	543,91	0,014660	3,8	31,5	1,41	203,1	21,4	1,00
0-500	1	120	540,00	541,87	541,87	542,72	0,015020	4,1	29,4	1,54	227,1	17,4	1,01

PERFIL (Km)	ID RS N°	CAUDAL (m3/s)	COTA FONDO (m)	COTA EJE H (m)	COTA CRISIS (m)	BERNOULLI (m)	J (m/m)	V _M (m/s)	A _T (m2)	R _H (m)	ζ (N/m2)	L (m)	FROUDE N°
13+000	136	103	864,74	866,18	866,18	866,78	0,023840	3,4	30,1	1,17	272,6	25,3	1,00
12+900	135	103	859,99	861,65	862,06	862,99	0,065918	5,1	20,1	0,99	642,9	19,6	1,61
12+800	134	103	857,76	859,51	859,51	860,14	0,023431	3,5	29,2	1,24	284,2	23,0	1,00
12+700	133	103	855,27	856,85	856,91	857,57	0,028188	3,8	27,4	1,19	327,6	22,3	1,08
12+600	132	103	851,63	853,33	853,55	854,22	0,040073	4,2	24,7	1,06	418,4	22,8	1,28
12+500	131	103	847,97	849,97	850,12	850,79	0,029246	4,0	25,7	1,27	363,8	19,6	1,12
12+400	130	103	845,02	845,83	846,00	846,41	0,069580	3,4	30,5	0,51	350,2	59,3	1,51
12+300	129	103	841,62	842,48	842,48	842,70	0,032845	2,0	50,4	0,42	136,3	119,0	1,00
12+200	128	103	837,92	838,95	838,99	839,33	0,034294	2,7	38,1	0,62	209,4	61,1	1,09
12+100	127	103	835,40	836,21	836,21	836,46	0,031084	2,2	46,4	0,50	152,5	92,5	1,00
12+000	126	103	831,68	832,33	832,38	832,60	0,049281	2,3	44,7	0,37	180,8	119,3	1,20
11+900	125	103	828,42	829,27	829,27	829,47	0,033662	2,0	51,8	0,40	131,7	129,8	1,00
11+800	124	103	825,42	825,95	825,95	826,13	0,035577	1,9	54,9	0,35	122,5	156,2	1,01
11+700	123	103	822,32	822,96	822,96	823,14	0,035449	1,9	54,0	0,36	125,4	149,6	1,01
11+600	122	103	818,94	819,61	819,61	819,80	0,035402	1,9	53,9	0,36	125,8	148,6	1,01
11+500	121	103	815,84	816,69	816,69	816,89	0,033638	2,0	52,0	0,40	130,9	131,0	1,00
11+400	120	103	813,04	813,88	813,88	814,07	0,034199	1,9	53,5	0,38	125,9	142,6	1,00
11+300	119	103	809,19	809,79	809,84	810,06	0,047633	2,3	45,2	0,38	176,0	120,1	1,18
11+200	118	103	806,46	807,25	807,25	807,45	0,033485	2,0	52,1	0,40	130,3	131,4	1,00
11+100	117	103	803,10	803,99	803,99	804,19	0,033429	2,0	51,7	0,40	131,8	128,4	1,00
11+000	116	103	799,27	799,92	799,98	800,22	0,047638	2,5	41,9	0,42	197,1	99,4	1,21
10+900	115	103	794,93	795,93	795,94	796,19	0,034418	2,3	45,4	0,48	161,3	94,9	1,05
10+800	114	103	792,01	792,85	792,85	793,11	0,030905	2,2	46,0	0,51	154,3	90,2	1,00
10+700	113	103	788,23	789,42	789,46	789,72	0,037086	2,5	42,1	0,51	184,2	83,0	1,10
10+600	112	103	785,28	786,55	786,55	786,84	0,031325	2,4	43,4	0,55	168,7	78,7	1,02
10+500	111	103	781,55	782,43	782,53	782,84	0,052257	2,9	36,1	0,49	252,3	73,2	1,30
10+400	110	103	778,05	779,23	779,23	779,51	0,030235	2,3	44,3	0,55	162,0	81,0	1,00
10+300	109	103	775,29	776,18	776,18	776,49	0,029993	2,5	41,8	0,60	176,7	69,5	1,01
10+200	108	103	771,96	773,04	773,06	773,35	0,032851	2,5	41,4	0,57	183,1	72,7	1,05
10+100	107	103	769,28	769,97	769,97	770,21	0,031762	2,2	47,7	0,47	146,7	101,3	1,00
10+000	106	103	767,03	767,67	767,67	767,91	0,032248	2,2	47,5	0,47	148,2	101,3	1,01
9+900	105	103	763,41	763,96	764,01	764,22	0,042533	2,3	44,9	0,41	172,9	108,4	1,14
9+800	104	103	759,19	759,79	759,81	760,01	0,041504	2,1	49,2	0,37	150,0	133,4	1,10
9+700	103	103	755,69	756,37	756,37	756,59	0,033036	2,1	49,4	0,43	140,9	113,4	1,01
9+600	102	103	752,16	753,33	753,33	753,53	0,033281	2,0	51,1	0,41	133,9	124,3	1,00
9+500	101	103	749,18	749,90	749,91	750,09	0,037441	1,9	53,2	0,35	130,0	150,2	1,04
9+400	100	103	745,86	746,59	746,59	746,83	0,031154	2,2	47,4	0,48	147,8	97,8	1,00
9+300	99	103	743,41	744,04	744,04	744,23	0,035093	2,0	52,7	0,38	129,7	139,7	1,02
9+200	98	103	738,66	739,30	739,39	739,64	0,062092	2,6	39,8	0,37	227,9	106,3	1,35
9+100	97	103	735,81	736,28	736,28	736,49	0,033439	2,0	50,4	0,42	136,8	120,7	1,01
9+000	96	103	735,24	735,87	735,87	736,08	0,033979	2,0	51,5	0,40	133,2	128,9	1,01
8+900	95	103	731,86	732,89	732,89	733,14	0,030956	2,2	46,2	0,50	153,2	91,1	1,00
8+800	94	103	728,79	730,55	730,55	730,88	0,029609	2,6	40,4	0,64	185,2	63,0	1,02
8+700	93	103	725,47	727,05	727,12	727,37	0,042026	2,5	41,1	0,48	197,3	85,6	1,16
8+600	92	103	723,23	724,16	724,16	724,46	0,029746	2,4	42,5	0,59	171,9	72,0	1,01

8+500	91	103	721,10	721,97	721,97	722,10	0,038871	1,6	64,8	0,26	97,5	253,3	1,00
8+400	90	103	717,65	718,37	718,38	718,65	0,032181	2,4	43,6	0,54	168,9	81,3	1,03
8+300	89	103	714,51	715,48	715,48	715,70	0,034061	2,1	49,9	0,42	139,7	119,2	1,02
8+200	88	103	710,12	711,16	711,26	711,58	0,050484	2,8	36,3	0,50	248,7	71,9	1,28
8+100	87	103	705,87	706,82	706,89	707,27	0,037096	3,0	34,5	0,68	248,2	50,3	1,15
8+000	86	103	703,12	704,09	704,09	704,40	0,029172	2,4	42,3	0,60	172,4	70,1	1,00
7+900	85	103	701,03	701,77	701,77	702,00	0,032891	2,1	49,2	0,44	141,6	112,0	1,01
7+800	84	103	698,46	699,30	699,30	699,57	0,019360	2,3	44,8	0,54	102,0	83,4	1,00
7+700	83	103	695,76	696,44	696,57	696,95	0,036661	3,2	32,6	0,54	192,6	60,8	1,38
7+600	82	103	693,62	694,49	694,49	694,78	0,018719	2,4	42,7	0,59	108,9	71,9	1,00
7+500	81	103	691,23	692,17	692,23	692,54	0,027088	2,7	38,1	0,53	141,3	71,7	1,18
7+400	80	143	687,13	688,05	688,20	688,65	0,052474	3,4	41,7	0,65	332,8	64,4	1,36
7+300	79	143	683,46	684,37	684,38	684,73	0,029407	2,7	53,8	0,68	196,9	78,7	1,03
7+200	78	143	680,25	681,42	681,43	681,85	0,028062	2,9	49,0	0,81	223,7	60,2	1,03
7+100	77	143	678,00	679,13	679,13	679,54	0,026615	2,9	49,9	0,82	214,8	60,5	1,01
7+000	76	143	675,26	676,84	676,84	677,33	0,025958	3,1	46,4	0,94	238,5	48,8	1,01
6+900	75	143	672,86	674,78	674,78	675,18	0,027259	2,8	50,6	0,79	211,6	63,4	1,01
6+800	74	143	670,72	672,07	672,09	672,49	0,029421	2,9	50,2	0,76	218,5	65,5	1,04
6+700	73	143	667,10	669,22	669,25	669,77	0,027965	3,3	43,4	0,98	268,1	43,3	1,05
6+600	72	143	664,03	667,29	667,29	668,03	0,015013	3,8	37,5	1,39	204,3	25,4	1,00
6+500	71	143	662,01	664,12	664,55	665,45	0,051113	5,1	28,0	0,86	430,4	30,2	1,69
6+400	70	143	659,11	660,68	660,92	661,64	0,028046	4,4	32,9	1,06	290,9	30,6	1,34
6+300	69	143	657,09	658,64	658,70	659,18	0,019645	3,3	43,6	0,91	174,6	47,6	1,09
6+200	68	143	654,07	655,16	655,48	656,21	0,048113	4,6	31,5	0,76	356,2	41,3	1,66
6+100	67	143	650,39	652,22	652,30	652,71	0,024393	3,1	46,1	0,71	169,5	63,8	1,17
6+000	66	143	647,56	648,55	648,82	649,44	0,044994	4,2	34,2	0,70	309,4	48,7	1,59
5+900	65	143	645,41	646,65	646,65	647,14	0,016324	3,1	46,4	0,95	151,8	48,6	1,01
5+800	64	143	643,76	644,99	645,00	645,49	0,016703	3,1	46,0	0,94	154,7	48,4	1,02
5+700	63	143	641,10	642,11	642,34	642,93	0,042480	4,0	35,6	0,69	286,7	51,7	1,54
5+600	62	143	639,39	640,46	640,46	640,87	0,016990	2,8	50,7	0,81	134,3	62,5	1,00
5+500	61	143	637,22	638,33	638,41	638,83	0,024760	3,2	45,5	0,72	173,7	63,4	1,19
5+400	60	143	634,80	635,87	635,96	636,38	0,024292	3,2	45,4	0,73	173,0	62,5	1,18
5+300	59	143	631,61	632,59	632,80	633,35	0,037887	3,9	36,8	0,71	265,1	51,5	1,47
5+200	58	143	629,15	630,40	630,43	630,91	0,018368	3,2	45,2	0,90	162,4	49,9	1,06
5+100	57	143	627,64	628,67	628,68	629,14	0,016815	3,0	47,2	0,90	149,0	51,9	1,01
5+000	56	143	625,72	626,78	626,84	627,34	0,019168	3,3	43,4	0,93	174,8	46,3	1,09
4+900	55	143	623,80	624,99	625,01	625,55	0,016773	3,3	43,2	1,03	169,8	41,6	1,04
4+800	54	143	621,87	623,15	623,21	623,79	0,018180	3,6	40,2	1,08	193,1	36,8	1,09
4+700	53	143	619,95	621,41	621,44	622,06	0,016421	3,6	39,9	1,18	190,7	33,2	1,05
4+600	52	143	617,77	618,93	619,18	619,87	0,030039	4,3	33,4	0,98	289,4	33,7	1,37
4+500	51	143	615,53	616,72	616,81	617,38	0,019618	3,6	39,9	1,04	199,6	38,0	1,12
4+400	50	143	611,90	612,75	613,15	614,03	0,066220	5,0	28,5	0,69	446,3	41,4	1,93
4+300	49	143	609,74	610,80	610,80	611,29	0,016180	3,1	46,0	0,97	153,6	47,1	1,01
4+200	48	143	607,63	608,72	608,83	609,37	0,022810	3,6	39,9	0,92	206,9	42,9	1,19
4+100	47	143	605,94	607,07	607,07	607,58	0,015971	3,2	45,3	1,00	156,4	45,1	1,01
4+000	46	143	604,62	605,96	605,96	606,43	0,016174	3,0	47,0	0,94	148,4	50,0	1,00
3+900	45	143	601,92	602,62	602,92	603,63	0,056310	4,5	32,1	0,65	359,8	49,0	1,76
3+800	44	143	599,70	600,85	600,85	601,35	0,016081	3,1	45,7	0,98	154,4	46,5	1,01
3+700	43	143	597,71	598,67	598,80	599,32	0,025862	3,6	40,1	0,83	211,6	47,9	1,24
3+600	42	143	594,61	596,52	596,56	597,17	0,018261	3,6	40,0	1,09	194,8	34,8	1,06
3+500	41	143	590,89	592,55	593,01	594,10	0,056714	5,5	25,9	0,89	497,7	27,0	1,80
3+400	40	143	589,27	591,17	591,17	591,90	0,015333	3,8	37,7	1,36	203,8	25,9	1,00

3+300	39	143	587,49	588,80	589,03	589,67	0,034809	4,1	34,7	0,83	284,0	40,4	1,42
3+200	38	143	585,15	587,10	587,10	587,63	0,016834	3,2	44,6	0,98	162,1	43,8	1,01
3+100	37	143	583,63	584,55	584,72	585,22	0,036689	3,6	39,5	0,66	236,2	59,7	1,42
3+000	36	143	581,14	582,32	582,32	582,73	0,017008	2,8	50,6	0,81	134,7	62,5	1,00
2+900	35	143	578,23	579,59	579,82	580,40	0,032609	4,0	35,9	0,83	265,0	43,1	1,39
2+800	34	143	576,00	577,38	577,42	577,89	0,018621	3,2	45,3	0,89	162,6	50,4	1,06
2+700	33	143	575,32	576,47	576,47	576,92	0,016401	3,0	48,1	0,89	143,7	53,6	1,00
2+600	32	143	573,13	574,37	574,47	574,98	0,023090	3,5	41,5	0,86	195,8	47,7	1,18
2+500	31	143	570,00	570,69	570,97	571,63	0,051446	4,3	33,2	0,66	333,6	49,9	1,68
2+400	30	143	570,00	571,41	571,41	571,95	0,016538	3,3	43,6	1,03	166,9	40,5	1,01
2+300	29	143	569,23	571,14	571,14	571,94	0,015100	4,0	36,2	1,46	216,1	23,0	1,01
2+200	28	143	566,00	567,27	567,84	569,17	0,059040	6,1	23,5	1,01	582,0	22,0	1,88
2+100	27	143	566,00	568,11	568,11	568,87	0,014802	3,9	37,0	1,43	208,3	24,4	1,00
2+000	26	143	563,12	564,39	564,89	566,07	0,065315	5,7	24,9	0,85	544,9	28,9	1,97
1+900	25	143	560,00	561,05	561,23	561,87	0,026301	4,0	35,6	0,99	254,4	35,4	1,28
1+800	24	143	560,00	561,13	561,13	561,67	0,015878	3,3	43,7	1,06	164,9	40,5	1,01
1+700	23	143	559,34	560,72	560,72	561,28	0,015637	3,3	43,3	1,09	166,7	39,3	1,01
1+600	22	143	557,36	558,62	558,76	559,36	0,023657	3,8	37,6	0,99	228,6	37,2	1,21
1+500	21	143	557,43	559,77	559,77	560,55	0,014240	3,9	36,4	1,51	210,9	23,2	1,00
1+400	20	143	558,00	560,00	560,00	560,70	0,014992	3,7	38,6	1,33	196,0	27,9	1,01
1+300	19	143	558,00	559,59	559,59	560,29	0,014909	3,7	38,6	1,34	195,6	27,6	1,00
1+200	18	143	558,00	560,08	560,08	560,78	0,015286	3,7	38,6	1,31	197,0	28,0	1,01
1+100	17	143	557,00	558,50	558,55	559,13	0,017412	3,5	40,7	1,10	187,8	36,7	1,07
1+000	16	143	554,00	555,97	556,21	557,17	0,021021	4,8	29,5	1,54	318,2	17,9	1,20
0+900	15	143	554,00	556,10	556,10	556,85	0,014326	3,8	37,3	1,45	203,9	24,9	1,00
0+800	14	143	554,00	556,06	556,06	556,94	0,014440	4,2	34,4	1,63	231,0	19,7	1,01
0+700	13	143	554,00	555,72	555,72	556,47	0,014434	3,9	37,1	1,45	206,0	24,5	1,00
0+600	12	143	553,54	555,15	555,15	555,71	0,015485	3,3	43,2	1,10	167,0	38,5	1,00
0+500	11	143	552,00	553,93	553,93	554,75	0,014269	4,0	35,7	1,55	217,6	21,9	1,00
0+400	10	143	551,54	553,79	553,79	554,63	0,014618	4,1	35,3	1,55	222,1	21,4	1,00
0+300	9	143	550,00	552,34	552,34	553,24	0,014766	4,2	33,9	1,63	236,5	18,9	1,00
0+200	8	143	549,64	551,72	551,72	552,56	0,014460	4,1	35,2	1,57	222,7	21,2	1,01
0+100	7	143	547,82	549,37	549,68	550,59	0,027059	4,9	29,2	1,30	345,0	21,6	1,34
0+000	6	143	545,82	547,65	547,71	548,29	0,017078	3,6	40,3	1,13	189,7	35,3	1,06
0-100	5	143	543,41	545,40	545,58	546,40	0,020325	4,4	32,2	1,39	276,9	22,6	1,19
0-200	4	143	542,00	543,25	543,44	544,16	0,024043	4,2	33,9	1,14	268,3	28,9	1,25
0-300	3	143	541,70	543,72	543,72	544,51	0,014622	4,0	36,2	1,49	214,1	23,1	1,01
0-400	2	143	541,05	543,37	543,37	544,19	0,014301	4,0	35,7	1,55	217,8	21,9	1,00
0-500	1	143	540,00	542,10	542,10	543,04	0,014529	4,3	33,4	1,70	241,8	17,8	1,00

PERFIL (Km)	ID RS N°	CAUDAL (m3/s)	COTA FONDO (m)	COTA EJE H (m)	COTA CRISIS (m)	BERNOULLI (m)	J (m/m)	V _M (m/s)	A _T (m2)	R _H (m)	ζ (N/m2)	L (m)	FROUDE N°
13+000	136	119	864,74	866,31	866,31	866,96	0,023501	3,6	33,4	1,25	289,1	26,0	1,00
12+900	135	119	859,99	861,76	862,21	863,20	0,065307	5,3	22,4	1,06	679,6	20,4	1,62
12+800	134	119	857,76	859,65	859,65	860,33	0,022943	3,7	32,6	1,32	297,9	24,0	1,00
12+700	133	119	855,27	856,96	857,05	857,77	0,028566	4,0	29,9	1,28	357,7	22,6	1,10
12+600	132	119	851,63	853,45	853,69	854,40	0,039783	4,3	27,5	1,13	441,7	23,9	1,29
12+500	131	119	847,97	850,16	850,25	850,98	0,029127	4,0	29,7	1,27	363,6	22,5	1,11
12+400	130	119	845,02	845,87	846,07	846,54	0,073799	3,6	33,0	0,54	392,3	60,8	1,57
12+300	129	119	841,62	842,53	842,53	842,76	0,031849	2,1	55,8	0,46	144,2	120,9	1,00
12+200	128	119	837,92	839,02	839,07	839,42	0,034647	2,8	42,2	0,66	223,9	63,9	1,11
12+100	127	119	835,40	836,27	836,27	836,54	0,030792	2,3	51,7	0,53	160,5	97,0	1,01
12+000	126	119	831,68	832,36	832,42	832,66	0,050145	2,4	48,9	0,40	197,1	121,7	1,23
11+900	125	119	828,42	829,32	829,32	829,53	0,034618	2,0	59,7	0,39	133,1	152,3	1,02
11+800	124	119	825,42	825,99	825,99	826,19	0,034477	2,0	60,9	0,38	129,2	159,3	1,01
11+700	123	119	822,32	823,00	823,00	823,20	0,034476	2,0	59,9	0,39	132,4	152,8	1,01
11+600	122	119	818,94	819,67	819,67	819,85	0,035133	1,9	63,6	0,35	121,4	180,5	1,01
11+500	121	119	815,84	816,74	816,74	816,95	0,033826	2,0	58,6	0,41	136,2	142,5	1,01
11+400	120	119	813,04	813,93	813,93	814,13	0,032934	2,0	60,3	0,40	129,4	150,5	0,99
11+300	119	119	809,19	809,83	809,88	810,12	0,049445	2,4	49,3	0,40	194,1	123,0	1,22
11+200	118	119	806,46	807,29	807,29	807,51	0,033535	2,1	57,6	0,42	139,3	136,0	1,01
11+100	117	119	803,10	804,03	804,03	804,25	0,032598	2,1	57,7	0,43	138,1	133,1	1,00
11+000	116	119	799,27	799,96	800,02	800,30	0,048660	2,6	46,0	0,45	214,5	102,3	1,23
10+900	115	119	794,93	795,98	795,99	796,26	0,033761	2,4	50,2	0,52	171,6	96,7	1,05
10+800	114	119	792,01	792,91	792,91	793,19	0,029575	2,3	50,9	0,56	162,7	90,5	1,00
10+700	113	119	788,23	789,47	789,52	789,80	0,038984	2,5	46,8	0,52	197,6	90,4	1,13
10+600	112	119	785,28	786,64	786,64	786,92	0,026917	2,4	50,4	0,61	161,4	82,0	0,96
10+500	111	119	781,55	782,45	782,59	782,96	0,062956	3,2	37,4	0,50	311,4	74,1	1,43
10+400	110	119	778,05	779,29	779,29	779,59	0,029461	2,4	49,5	0,59	169,2	84,4	1,00
10+300	109	119	775,29	776,24	776,25	776,58	0,030545	2,6	45,6	0,64	193,1	70,7	1,04
10+200	108	119	771,96	773,10	773,13	773,44	0,032300	2,6	46,1	0,61	192,8	75,6	1,05
10+100	107	119	769,28	770,00	770,02	770,28	0,034815	2,3	51,2	0,49	167,6	104,4	1,06
10+000	106	119	767,03	767,72	767,72	767,98	0,031264	2,3	52,6	0,51	156,8	102,8	1,01
9+900	105	119	763,41	764,01	764,05	764,29	0,044242	2,3	51,6	0,41	176,0	127,2	1,16
9+800	104	119	759,19	759,83	759,85	760,07	0,040085	2,2	54,4	0,40	158,6	134,9	1,10
9+700	103	119	755,69	756,42	756,42	756,66	0,032101	2,2	54,7	0,47	148,8	115,8	1,01
9+600	102	119	752,16	753,37	753,37	753,59	0,032964	2,1	57,1	0,43	140,4	131,2	1,01
9+500	101	119	749,18	749,94	749,95	750,15	0,036015	2,0	59,2	0,38	136,0	153,9	1,03
9+400	100	119	745,86	746,64	746,64	746,90	0,031429	2,3	52,8	0,51	156,3	104,0	1,01
9+300	99	119	743,41	744,08	744,08	744,29	0,032949	2,0	58,7	0,42	134,9	140,6	1,00
9+200	98	119	738,66	739,33	739,43	739,73	0,066718	2,8	42,6	0,40	259,8	107,4	1,41
9+100	97	119	735,81	736,32	736,32	736,55	0,031962	2,1	55,8	0,46	144,4	120,9	1,00
9+000	96	119	735,24	735,92	735,92	736,14	0,033147	2,1	57,4	0,43	139,8	133,4	1,01
8+900	95	119	731,86	732,99	732,99	733,22	0,032122	2,1	56,6	0,45	141,3	125,9	1,00
8+800	94	119	728,79	730,63	730,63	730,97	0,028700	2,6	46,0	0,67	187,9	68,5	1,01
8+700	93	119	725,47	727,10	727,18	727,45	0,044226	2,6	45,7	0,49	211,6	93,4	1,19
8+600	92	119	723,23	724,23	724,23	724,55	0,029102	2,5	47,5	0,63	179,8	75,2	1,01

8+500	91	119	721,10	722,00	722,00	722,14	0,038467	1,7	71,9	0,27	103,3	262,6	1,01
8+400	90	119	717,65	718,44	718,44	718,74	0,030067	2,4	49,1	0,58	172,5	83,8	1,01
8+300	89	119	714,51	715,55	715,55	715,76	0,032792	2,1	57,7	0,43	138,2	134,2	1,00
8+200	88	119	710,12	711,21	711,33	711,67	0,051919	3,0	39,6	0,53	272,4	73,8	1,31
8+100	87	119	705,87	706,89	706,96	707,38	0,035948	3,1	38,2	0,74	262,4	51,1	1,15
8+000	86	119	703,12	704,15	704,15	704,49	0,028745	2,6	46,4	0,66	185,2	70,6	1,01
7+900	85	119	701,03	701,82	701,82	702,06	0,032015	2,2	54,8	0,47	148,4	115,9	1,01
7+800	84	119	698,46	699,35	699,36	699,65	0,019435	2,4	49,3	0,58	109,7	85,7	1,01
7+700	83	119	695,76	696,49	696,64	697,05	0,035669	3,3	36,1	0,58	204,2	61,7	1,38
7+600	82	119	693,62	694,55	694,55	694,87	0,018235	2,5	47,4	0,64	114,6	74,0	1,00
7+500	81	119	691,23	692,22	692,29	692,64	0,027740	2,9	41,4	0,57	156,2	72,0	1,21
7+400	80	164	687,13	688,11	688,28	688,77	0,050766	3,6	45,9	0,71	351,8	64,8	1,36
7+300	79	164	683,46	684,42	684,45	684,83	0,030355	2,8	58,1	0,73	217,2	79,5	1,05
7+200	78	164	680,25	681,51	681,52	681,97	0,026963	3,0	54,7	0,87	230,8	62,5	1,02
7+100	77	164	678,00	679,22	679,22	679,66	0,026026	2,9	55,7	0,87	222,4	63,8	1,01
7+000	76	164	675,26	676,94	676,94	677,46	0,025257	3,2	51,2	1,01	250,6	49,9	1,01
6+900	75	164	672,86	674,86	674,86	675,30	0,026339	2,9	55,9	0,86	222,0	64,5	1,01
6+800	74	164	670,72	672,15	672,17	672,60	0,027764	3,0	55,6	0,83	227,0	65,9	1,03
6+700	73	164	667,10	669,34	669,35	669,92	0,025649	3,4	48,7	1,08	271,2	44,0	1,02
6+600	72	164	664,03	667,45	667,45	668,24	0,014912	3,9	41,7	1,46	213,6	26,9	1,01
6+500	71	164	662,01	664,21	664,68	665,66	0,051384	5,3	30,8	0,91	458,2	31,5	1,72
6+400	70	164	659,11	660,78	661,10	661,83	0,028030	4,5	36,1	1,13	310,6	31,4	1,35
6+300	69	164	657,09	658,71	658,79	659,33	0,020303	3,5	47,1	0,97	192,3	48,2	1,12
6+200	68	164	654,07	655,25	655,59	656,35	0,045738	4,7	35,2	0,81	365,0	42,8	1,64
6+100	67	164	650,39	652,28	652,37	652,84	0,025637	3,3	49,5	0,75	189,2	64,5	1,21
6+000	66	164	647,56	648,63	648,92	649,56	0,042198	4,3	38,4	0,76	314,1	50,5	1,56
5+900	65	164	645,41	646,75	646,75	647,28	0,015860	3,2	51,1	1,03	159,9	49,3	1,01
5+800	64	164	643,76	645,08	645,10	645,63	0,017139	3,3	50,0	1,00	168,8	49,4	1,04
5+700	63	164	641,10	642,18	642,43	643,07	0,040804	4,2	39,3	0,75	300,6	52,2	1,54
5+600	62	164	639,39	640,54	640,54	640,99	0,016510	3,0	55,6	0,88	142,4	62,9	1,00
5+500	61	164	637,22	638,38	638,49	638,95	0,025399	3,3	49,2	0,77	190,7	64,1	1,22
5+400	60	164	634,80	635,95	636,04	636,49	0,023746	3,3	50,5	0,78	180,5	65,0	1,18
5+300	59	164	631,61	632,65	632,89	633,50	0,037945	4,1	40,2	0,77	285,1	52,4	1,49
5+200	58	164	629,15	630,53	630,53	631,04	0,016053	3,2	51,6	1,00	158,2	51,0	1,01
5+100	57	164	627,64	628,71	628,77	629,28	0,019369	3,3	49,2	0,94	178,1	52,1	1,10
5+000	56	164	625,72	626,91	626,93	627,48	0,016831	3,3	49,3	1,04	171,6	47,1	1,04
4+900	55	164	623,80	625,05	625,12	625,70	0,018439	3,6	45,8	1,08	195,9	42,0	1,09
4+800	54	164	621,87	623,28	623,33	623,95	0,016675	3,6	45,3	1,19	194,1	37,8	1,06
4+700	53	164	619,95	621,50	621,57	622,24	0,017346	3,8	43,0	1,25	212,1	34,0	1,08
4+600	52	164	617,77	619,04	619,30	620,03	0,028416	4,4	37,3	1,07	297,6	34,5	1,35
4+500	51	164	615,53	616,80	616,92	617,55	0,020713	3,8	42,8	1,10	223,4	38,5	1,16
4+400	50	164	611,90	612,83	613,24	614,17	0,061787	5,1	32,0	0,75	453,4	42,7	1,89
4+300	49	164	609,74	610,90	610,90	611,43	0,015693	3,2	50,6	1,05	162,3	47,5	1,00
4+200	48	164	607,63	608,80	608,93	609,53	0,023162	3,8	43,3	0,99	225,4	43,3	1,21
4+100	47	164	605,94	607,17	607,17	607,72	0,015560	3,3	49,9	1,08	165,1	45,9	1,01
4+000	46	164	604,62	606,05	606,05	606,56	0,015802	3,2	51,7	1,01	157,0	50,8	1,00
3+900	45	164	601,92	602,68	603,01	603,80	0,056310	4,7	34,9	0,70	388,8	49,4	1,78
3+800	44	164	599,70	600,95	600,95	601,49	0,015626	3,3	50,4	1,06	162,9	47,1	1,00
3+700	43	164	597,71	598,74	598,90	599,47	0,026528	3,8	43,4	0,89	232,5	48,3	1,27
3+600	42	164	594,61	596,64	596,68	597,34	0,017390	3,7	44,4	1,19	202,2	35,3	1,05
3+500	41	164	590,89	592,63	593,14	594,36	0,056496	5,8	28,2	0,97	536,6	27,1	1,82
3+400	40	164	589,27	591,32	591,32	592,11	0,014888	3,9	41,6	1,47	214,2	26,4	1,00

3+300	39	164	587,49	588,86	589,13	589,86	0,036884	4,4	37,0	0,89	320,4	40,5	1,48
3+200	38	164	585,15	587,21	587,21	587,77	0,016103	3,3	49,2	1,08	170,0	44,0	1,01
3+100	37	164	583,63	584,59	584,80	585,36	0,039048	3,9	42,2	0,70	267,6	59,8	1,48
3+000	36	164	581,14	582,39	582,40	582,85	0,017085	3,0	55,0	0,87	146,1	62,8	1,02
2+900	35	164	578,23	579,68	579,93	580,53	0,031682	4,1	40,1	0,88	273,5	45,4	1,39
2+800	34	164	576,00	577,45	577,51	578,03	0,019173	3,4	48,9	0,95	179,3	50,9	1,09
2+700	33	164	575,32	576,56	576,56	577,05	0,015945	3,1	52,9	0,97	152,3	53,9	1,00
2+600	32	164	573,13	574,45	574,57	575,12	0,023328	3,6	45,0	0,93	213,3	48,0	1,20
2+500	31	164	570,00	570,75	571,06	571,79	0,050277	4,5	36,4	0,72	354,9	50,2	1,69
2+400	30	164	570,00	571,52	571,52	572,11	0,015892	3,4	48,1	1,13	175,6	40,6	1,00
2+300	29	164	569,23	571,31	571,31	572,16	0,014754	4,1	39,9	1,57	227,6	23,5	1,01
2+200	28	164	566,00	567,38	568,00	569,44	0,057677	6,4	25,8	1,09	617,6	22,1	1,88
2+100	27	164	566,00	568,25	568,25	569,09	0,014610	4,1	40,5	1,55	222,0	24,7	1,01
2+000	26	164	563,12	564,47	565,02	566,31	0,064152	6,0	27,3	0,92	581,5	29,0	1,98
1+900	25	164	560,00	561,13	561,34	562,06	0,027067	4,3	38,4	1,06	280,5	35,7	1,31
1+800	24	164	560,00	561,24	561,24	561,83	0,015448	3,4	48,0	1,15	174,7	40,8	1,01
1+700	23	164	559,34	560,83	560,83	561,43	0,015112	3,4	47,7	1,18	175,4	39,7	1,00
1+600	22	164	557,36	558,70	558,87	559,53	0,024104	4,0	40,7	1,06	250,2	37,5	1,23
1+500	21	164	557,43	559,93	559,93	560,78	0,014042	4,1	40,2	1,61	222,3	23,9	1,00
1+400	20	164	558,00	560,15	560,15	560,90	0,014695	3,8	42,9	1,42	203,9	29,3	1,01
1+300	19	164	558,00	559,73	559,73	560,49	0,014594	3,9	42,4	1,45	207,4	27,9	1,00
1+200	18	164	558,00	560,25	560,25	560,97	0,015011	3,8	43,5	1,36	200,8	30,5	1,01
1+100	17	164	557,00	558,58	558,67	559,30	0,018738	3,8	43,5	1,16	212,3	37,4	1,11
1+000	16	164	554,00	556,23	556,41	557,40	0,018437	4,8	34,2	1,68	303,9	18,9	1,14
0+900	15	164	554,00	556,26	556,26	557,06	0,013985	4,0	41,3	1,56	213,8	25,6	1,00
0+800	14	164	554,00	556,25	556,25	557,19	0,013980	4,3	38,3	1,74	238,9	20,5	1,00
0+700	13	164	554,00	555,87	555,87	556,69	0,014185	4,0	40,8	1,57	218,4	24,9	1,00
0+600	12	164	553,54	555,32	555,32	555,86	0,015835	3,3	50,1	1,06	164,7	46,2	1,00
0+500	11	164	552,00	554,23	554,23	554,97	0,014490	3,8	43,1	1,42	202,3	29,1	1,00
0+400	10	164	551,54	554,31	554,31	554,83	0,016101	3,2	51,3	1,01	160,0	49,1	1,00
0+300	9	164	550,00	552,57	552,57	553,49	0,014646	4,3	38,4	1,68	240,6	20,9	1,00
0+200	8	164	549,64	551,92	551,92	552,80	0,013654	4,2	39,5	1,70	227,3	21,9	0,99
0+100	7	164	547,82	549,48	549,85	550,85	0,027966	5,2	31,5	1,39	380,4	21,7	1,38
0+000	6	164	545,82	547,76	547,83	548,46	0,017593	3,7	44,4	1,18	203,1	37,4	1,08
0-100	5	164	543,41	545,58	545,75	546,61	0,018793	4,5	36,5	1,50	276,8	23,6	1,15
0-200	4	164	542,00	543,32	543,57	544,39	0,026472	4,6	35,9	1,19	309,6	29,2	1,32
0-300	3	164	541,70	543,88	543,88	544,74	0,014293	4,1	39,9	1,61	226,2	23,4	1,01
0-400	2	164	541,05	543,53	543,53	544,42	0,014044	4,2	39,3	1,67	229,9	22,4	1,00
0-500	1	164	540,00	542,29	542,29	543,30	0,014263	4,5	36,8	1,82	254,8	18,2	1,00

Anexo Informe Tecnolab Ltda.



INFORME DE ENSAYOS DE MECANICA DE SUELOS

Informe de Ensayo N° : 80.983 Orden de Trabajo N° : 14600/2009
 Proyecto u Obra : Trabajo de Título, Río Colina.
 Correlativo de Obra N° : 1
 Dirección de la Obra : Tramo entre Bocatoma Canal Colina y Puente Colina
 Mandante : JORGE BALTAZAR CAYOJA
 Dirección Mandante : Moneda N° 973, Depto.536, Santiago.
 Solicitado por : Sr. Jorge Baltazar
 Personal a cargo del muestreo : Cliente
 Lugar de realización de los ensayos : Laboratorios Tecnolab
 Fecha de muestreo : -- Fecha de recepción de muestras : 27/02/2009
 Fecha de inicio de trabajos : 10/03/2009 Fecha de termino de trabajos : 17/03/2009
 Fecha de emisión : 17/03/2009

1.- Documentación utilizada

Documentos utilizados para la toma de muestras Ensayos ejecutados	-Granulometria de suelos (según M.C. Vol.8.Secc.8.102.1).
--	---

2.- Identificación de las muestras ensayadas

N° de Muestra	Identificación	Tipo de Muestra	Estado de la Muestra	
			Recibida	Ensayada
11339-1	P-1 Capa 1	P	x	x
11341-1	P-2 Capa 1	P	x	x
11341-2	P-2 Capa 2	P	x	x
11341-3	P-2 Capa 3	P	x	x
11341-4	P-2 Capa 4	P	x	x
11342-1	P-3 Capa 1	P	x	x
11342-2	P-3 Capa 2	P	x	x
11342-3	P-3 Capa 3	P	x	x
11342-4	P-3 Capa 4	P	x	x
11343-1	P-5 Capa 1	P	x	x
11343-2	P-5 Capa 2	P	x	x
11343-3	P-5 Capa 3	P	x	x
11343-4	P-5 Capa 4	P	x	x
11344-1	P-6 Capa 1	P	x	x
11344-2	P-6 Capa 2	P	x	x
11344-3	P-6 Capa 3	P	x	x
11344-4	P-6 Capa 4	P	x	x

3.- Observaciones o comentarios

 Camilo Alarcón C. Ingeniero Civil Gerente Comercial	 Kricor Bzdigian K. Ingeniero Civil Gerente General Responsable Area Mecánica de Suelos
--	--

- Las muestras serán almacenadas en TECNOLAB LTDA hasta un periodo de 1 mes a contar de la fecha de emisión de este informe. Cumplido este periodo las muestras serán **eliminadas**, al menos que exista una solicitud del cliente para ensayos posteriores o su retiro.
- Los resultados informados se refieren únicamente a los ítems ensayados. El informe de ensayo no debe ser reproducido excepto en su totalidad, sin la autorización escrita del laboratorio.
- Laboratorio Oficial de Control Técnico de Calidad de Construcción, según Resolución Exenta N° 4024 del 13 de Junio de 2008, Minvu.





Informe de Ensayo N° : 80.983
Proyecto u Obra : Trabajo de Título, Río Colina.

A.- IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

Pozo N°	1	2	2	2	2	3	3
Capa N°	1	1	2	3	4	1	2
Muestra N°	11339-1	11341-1	11341-2	11341-3	11341-4	11342-1	11342-2
Cota (m)							
Fecha de ensayo	10-mar						

B.- MACRO GRANULOMETRIA (según Manual de Carreteras, Vol. 2, Art. 2.503.304) (*)

Abertura en milímetros	(porcentaje acumulado que pasa)						
80							
63							
50							
40							
25							
20							
12,5							
10,0	100	100	100	100	100	100	100
5	68	77	81	77	76	85	75
2,5	52	61	65	63	60	75	62
1,25	43	45	49	48	45	64	46
0,630	28	23	28	28	24	43	25
0,315	15	10	15	14	12	22	13
0,160	6	5	8	8	6	10	7
0,080	3	3	5	6	4	6	4

Nota:

Los resultados informados se refieren únicamente a los ítemes ensayados.

El informe de ensayo no debe ser reproducido excepto en su totalidad, sin la autorización escrita del laboratorio.

(*) Ensayo no incluido dentro del alcance de la acreditación INN.

Página 2 de 4





ENSAYOS DE LABORATORIO

Informe de Ensayo N° : 80.983
Proyecto u Obra : Trabajo de Título, Río Colina.

A.- IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

Pozo N°	3	3	5	5	5	5	6
Horizonte	3	4	1	2	3	4	1
Muestra N°	11342-3	11342-4	11343-1	11343-2	11343-3	11343-4	11344-1
Cota (m)							
Fecha de ensayo	10-mar						

B.- MACRO GRANULOMETRIA (según Manual de Carreteras, Vol. 2, Art. 2.503.304) (*)

Abertura en milímetros	(porcentaje acumulado que pasa)						
80							
63							
50							
40							
25							
20							
12,5							
10,0	100	100	100	100	100	100	100
5	72	72	77	78	81	78	80
2,5	39	50	57	59	58	58	71
1,25	22	33	42	44	40	41	62
0,630	10	17	24	22	18	23	48
0,315	6	11	12	9	7	12	32
0,160	5	8	5	3	5	7	14
0,080	4	7	2	2	4	5	8

Nota:

Los resultados informados se refieren únicamente a los ítemes ensayados.

El informe de ensayo no debe ser reproducido excepto en su totalidad, sin la autorización escrita del laboratorio.

(*) Ensayo no incluido dentro del alcance de la acreditación INN.

Página 3 de 4





Informe de Ensayo N° : 80.983
Proyecto u Obra : Trabajo de Título, Río Colina.

A.- IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

Pozo N°	6	6	6				
Horizonte	2	3	4				
Muestra N°	11344-2	11344-3	11344-4				
Cota (m)							
Fecha de ensayo	10-mar	10-mar	10-mar				

B.- MACRO GRANULOMETRIA (según Manual de Carreteras, Vol. 2, Art. 2.503.304) (*)

Abertura en milímetros	(porcentaje acumulado que pasa)						
80							
63							
50							
40							
25							
12,5							
10.0	100	100	100				
5	88	81	76				
2.5	83	70	50				
1,25	77	62	33				
0,630	61	46	16				
0,315	39	29	9				
0.160	17	13	6				
0.080	9	7	5				

Nota:

Los resultados informados se refieren únicamente a los ítemes ensayados.

El informe de ensayo no debe ser reproducido excepto en su totalidad, sin la autorización escrita del laboratorio.

(*) Ensayo no incluido dentro del alcance de la acreditación INN.

Página 4 de 4



COMENTARIO*:

**LOS CAUCES NATURALES COMO BIENES NACIONALES DE USO PÚBLICO.
EL CASO DE LAS CORRIENTES DISCONTINUAS FORMADAS POR AGUAS
PLUVIALES CUYO CAUCE CRUZA VARIAS PROPIEDADES RIBEREÑAS**

Alejandro Vergara Blanco
Profesor de Derecho de Aguas
Pontificia Universidad Católica de Chile

Este trabajo tiene por objeto efectuar un comentario crítico de la sentencia de la Corte de Apelaciones de Santiago de 19 de octubre de 1998, que acogió un recurso de reclamación en contra de una resolución de la Dirección General de Aguas (en virtud del artículo 137 Código de Aguas), organismo este que, actuando como un Tribunal Especial (arts. 73 Constitución y 134 inciso 2° Código de Aguas: “dirima la cuestión”), rechazó una oposición a una solicitud de derecho de aprovechamiento de aguas subterráneas a captarse desde un pozo profundo ubicado en el lecho de un cauce natural (estero Los Molles).

* Este comentario se inscribe dentro del Proyecto Fondecyt N° 1990554, años 1999-2000.

2°) Que la Dirección General de Aguas, en las resoluciones recurridas reconoció que el estero Los Molles se encuentra inserto en menor extensión, dentro del inmueble de dominio privado, inscrito a fs. 279, N° 285 Bis en el Registro de Propiedad del Conservador de Bienes Raíces de La Ligua del año 1988;

3°) Que para rechazar el recurso de reconsideración deducido por los reclamantes en contra de las resoluciones de esa Dirección General de Aguas N°s. 242 y 241, ambas del año 1996 que rechazaron las oposiciones a la solicitud de aprovechamiento de aguas subterráneas en el citado estero, formulada por Comercial e Inmobiliaria Paz S.A., el organismo reclamado tuvo como fundamento que el estero Los Molles, es un cauce natural, cuya naturaleza jurídica es la de un bien nacional de uso público, la que se encuentra plenamente reconocida en la Carta Geográfica El Arrayán, del Instituto Geográfico Militar escala 1:25.000 y por la Secretaría Regional Ministerial de Bienes Nacionales de la Quinta Región en su ordinario N° 2.621 de 1994, y también reconocida como tal por la I. Municipalidad de La Ligua, Corporación que otorgó al peticionario, la autorización respectiva;

4°) Que el artículo 31 del Código de Aguas establece una excepción a la regla establecida en el artículo 30 del mismo Código y en el mismo

artículo 31, en cuanto a que es de dominio público el álveo y cauce natural de una corriente, constituida por el suelo que el agua ocupa y desocupa alternativamente en sus creces y bajas periódicas; y los álveos de corrientes discontinuas de uso público. Es así como indica: "*Se exceptúan los cauces naturales de corrientes discontinuas formadas por aguas pluviales, los cuales pertenecen al dueño del predio*";

5°) Que ante la controversia suscitada por los reclamantes, propietarios del predio surcado por el citado estero, en orden a que su cauce se encuentra en la situación de excepción a que se refiere la disposición antes reproducida, esta Corte solicitó como medida para mejor resolver, que el Ministerio de Bienes Nacionales le informara lo resuelto en el expediente rol N° 930.108 sobre fijación de deslindes del estero Los Molles que se sigue en la Secretaría Regional Ministerial V Región, en relación a si el citado cauce constituye una corriente de uso público, o bien, por su naturaleza es un cauce privado.

Dando cumplimiento a lo solicitado, la Ministra de Bienes Nacionales, señora Adriana Delpiano Puelma, informó a fs. 191 que por oficio ordinario N° 690, de 23 de marzo de 1998, el señor Subsecretario de Bienes Nacionales comunicó a la empresa requirente que "conforme a los estu-

a. La sentencia anterior es a nuestro juicio errónea¹, dado que declara con demasiada simpleza una verdadera "*desafectación*" de un cauce natural, sin considerar un análisis atento de las atribuciones administrativas relativas a la delimitación y administración de los bienes nacionales de uso público (I); tampoco respeta el estatuto de los cauces naturales como bienes públicos, contenido tanto en la legislación civil como en la especial de aguas (II); todo lo cual impidió, de manera injusta y errónea, el acceso de un particular a la titularidad de un derecho de aprovechamiento de aguas (III).

b. Trátase este caso de un recurso de reclamación interpuesto por Jorge Godoy Saldía y Emilio Eva Araya, en contra de dos resoluciones de la Dirección General de Aguas que (actuando como Tribunal Especial) rechazó sus oposiciones a la solicitud de derecho de aprovechamiento de aguas subterráneas, presentadas por la sociedad Comercial e Inmobiliaria Paz S.A., a captarse desde un pozo profundo ubicado en el cauce del estero Los Molles. Según los oponentes, el cauce del estero señalado es de su propiedad, y, a partir de tal hecho, no podían constituirse derechos de aguas sin su autorización.

Los fundamentos de la Dirección General de Aguas para rechazar la oposición deducida se consignan en las Resoluciones DGA N°s. 1.166 y 1.167 de 1997 (de las que se reproduce ahora solo una de ellas, dado que son idénticas) se basan fundamentalmente en el hecho de constituir el estero Los Molles un bien nacional de uso público, lo que posibilita la constitu-

¹ Los errores jurídicos que contiene esta sentencia, lamentablemente, no pudieron ser conocidos y fallados (como "infracciones de ley", según la ley procesal) por el Tribunal de Casación (la Corte Suprema), dado que este último Tribunal declaró desistido el recurso de casación en el fondo, aplicando una sanción inexistente en el texto de la ley procesal, como lo concluye con razón para este mismo caso, en un comentario, Alejandro Romero Seguel, *La caducidad por incumplimiento de cargas procesales*, en: "*Revista Chilena de Derecho*", vol. 27 N° 1(2000), pp. 415-420. A partir de un análisis completo de la causa es posible concluir que dos tribunales de la República emitieron sentencias profundamente erróneas, tanto en materia de leyes de aguas como de leyes procesales, lo que produjo una situación inícuca: la pérdida de los derechos de aguas de un legítimo titular: *ningún error jurídico es gratuito!*

dios geomorfológicos e hidráulicos efectuados por la Dirección de Vialidad, Departamento de Obras Fluviales, y jurídicos realizados por la División Jurídica de este Ministerio, se estableció que el inmueble comprendido entre la desembocadura del estero Los Molles, hasta 1.000 metros aguas arriba, en el punto atravesado por la Ruta 5 de la Carretera Norte, comuna de La Ligua, de la Quinta Región, que se individualiza como Lote N° 14 de la ex Hacienda Huaquén, es un inmueble de propiedad privada". Los informes geomorfológicos e hidráulicos en que se sustenta tal declaración, señalan que el estero citado corresponde a la cuenca costera de la zona semiárida de Chile. "No posee escurrimiento superficial, salvo en temporada de lluvias abundantes"; pero sí existen recursos subterráneos susceptibles de ser aprovechados por captación. Concluye que, en consecuencia, y atendida la calidad jurídica de bien privado del estero Los Molles, no es procedente aplicar las normas del Decreto Supremo N° 609 de 1978, cuyas normas guardan relación con el Código de Aguas en la materia analizada;

6°) Que atendido el mérito del informe referido en el considerando anterior, no cabe más que concluir que las Resoluciones reclamadas (1.166 y 1.167, de 1997) se fundaron en una errada apreciación de la naturaleza jurídica del estero Los

Molles, la que fue desvirtuada por los informes geomorfológicos e hidráulicos allegados al expediente sobre fijación de deslindes que se tramitó en la Secretaría Regional Ministerial de la Quinta Región con el N° 930.108;

Por estas consideraciones y lo dispuesto en el artículo 136 del Código de Aguas, artículo 1°, letra b) del DL 3273 de 1980; artículo 16 N° 6 y 7 del DL 575 del año 1974; DS 609 de 31 de agosto de 1978, publicado en el Diario Oficial de 24 de enero de 1979, artículo 4° letra c), se declara que se acoge la reclamación deducida en lo principal de fs. 39, en contra de las resoluciones N°s. 1.166 y 1.167 de la Dirección General de Aguas de 9 de mayo de 1997 y, en consecuencia, se declara que se niega lugar a la solicitud de aprovechamiento de aguas subterráneas solicitadas por don Andrés Obrecht Gómez en representación de Comercial e Inmobiliaria Paz S.A. en el Estero Los Molles.

2. "SENTENCIA" DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (ACTUANDO COMO TRIBUNAL ESPECIAL, CONOCIENDO EN PRIMERA INSTANCIA LA ACCIÓN DE OPOSICIÓN Y POSTERIOR RECONSIDERACIÓN)

"REF.: Rechaza recurso de reconsideración deducido por don Emilio Eva Araya, por sí y en

ción de un derecho de aprovechamiento de aguas subterráneas cuyo pozo de captación quede situado en el lecho de tal estero.

En virtud de los antecedentes señalados queda en evidencia que el problema central consistió en determinar la naturaleza jurídica del cauce y estero Los Molles, sobre el cual el solicitante obtuvo, primero, un derecho a explorar aguas subterráneas, y luego de encontrar aguas presentó la solicitud de concesión de explotación de aguas subterráneas, a las que se presentó oposición, y que fue fallada por la sentencia (resolución de la Dirección General de Aguas) de la instancia.

I. ATRIBUCIONES RELATIVAS A LA ADMINISTRACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LOS BIENES NACIONALES DE USO PÚBLICO

a. En cuanto a las competencias de la Administración en materia de bienes públicos, el inciso 2° del artículo 1° del Decreto Ley N° 1939, de 1977 del Ministerio de Bienes Nacionales, dispone: "(...) [E]l Ministerio ejercerá las atribuciones que esta ley le confiere respecto de los bienes nacionales de uso público, sobre los cuales tendrá, además, un control superior, sin perjuicio de la competencia que en la materia le asignan leyes especiales a otras entidades"².

La norma indicada confiere expresas atribuciones al Ministerio de Bienes Nacionales sobre bienes nacionales de uso público, sin perjuicio de las facultades que sobre esos bienes

² Vid. además: artículos 19, incisos 1° y 2°; 64 inciso 2° del Decreto Ley N° 1939, de 1977 del Ministerio de Bienes Nacionales; Art. 3° Decreto Ley N° 3.274, de 1980, que fija la Ley Orgánica del Ministerio de Bienes Nacionales; artículo 14 letra e) y 91° a 101° de la ley N° 15.840, de 1964 y del DFL N° 206, de 1960, cuyo texto refundido fue fijado por el DFL N° 850, de 1997; DFL N° 2.090, de 1993; art. 2 de la Ley N° 18.575, de 1986, Orgánica Constitucional de Bases de Administración del Estado; y 38 de la Constitución.

representación de don Sergio de las Mercedes Arancibia Berríos y otros, en contra de la Resolución DGA V Región N° 241, de 1994.

Con esta fecha el Director General de Aguas ha resuelto lo que sigue:

Santiago, 9 de mayo de 1997

DGA N° 1.167 /

Vistos:

La solicitud de constitución de derecho de aprovechamiento de aguas subterráneas presentada por don Andrés Obrecht Gómez, en representación de Comercial e Inmobiliaria Paz S.A., en la comuna de La Ligua, provincia de Petorca, V Región, a que se refiere el expediente administrativo ND-V-1-1297; el tenor de la Resolución DGA V Región N° 241, de 12 de marzo de 1996; el recurso de reconsideración deducido por don Emilio Eva Araya, por sí y en representación de don Sergio de las Mercedes Arancibia Berríos y Otros, con fecha 4 de abril de 1996; el Ord. N° 117 de fecha 9 de mayo de 1997, del Abogado Jefe del Departamento Legal; las facultades que me confieren los artículos 136 y 139 del Código de Aguas; y

Considerando:

Que don Andrés Obrecht Gómez, en representación de Comercial e Inmobiliaria Paz S.A., presentó una solicitud de derecho de aprovechamiento de aguas subterráneas, de uso consuntivo, de ejercicio permanente y continuo, en la comuna de La Ligua, provincia de Petorca, V Región, a que se refiere el expediente administrativo de esta Repartición individualizado con la sigla ND-V-1-1297.

Que a la referida solicitud se opuso don Emilio Eva Araya, por sí y en representación de don Sergio de las Mercedes Arancibia Berríos y Otros, en los términos del artículo 132 del Código de Aguas, con fecha 27 de septiembre de 1995, la que fue rechazada por este Servicio, por medio de la Resolución DGA V Región N° 241, de 12 de marzo de 1996.

Que en la referida Resolución DGA V Región N° 241, de 1996, se tuvo presente, entre otras consideración, que este Servicio por medio de la Resolución DGA N° 93, de 1994, había autorizado a Comercial e Inmobiliaria Paz S.A., a explorar aguas subterráneas en un área del cauce del estero Los Molles, considerado bien nacional de uso público, naturaleza jurídica que, en todo caso, se encontraba expresamente reconocida por la Se-

tienen otras entidades como es el caso de las Municipalidades (artículo 5° letra c) de la Ley N° 18.695, de 1988, Orgánica Constitucional de Municipalidades), la Dirección General de Aguas en los artículos 299 y 300 del Código de Aguas. Los organismos competentes para determinar la naturaleza jurídica de un bien nacional de uso público son los señalados, y en especial, el Director General de Obras Públicas, a través de la Dirección de Obras Fluviales, como lo señala el artículo 14 letra e) del DFL 850, de 1997.

En el caso de los cauces de ríos, la letra B) 4 del Decreto Supremo N° 609, de 1978 del Ministerio de Bienes Nacionales, publicado en el Diario Oficial de 24 de enero de 1979, dispone que: *"Para los efectos de determinar cuáles son los terrenos que constituyen cauces de los ríos, lagos y esteros, los organismos que deberán actuar en estos casos, considerarán, las normas siguientes, sin perjuicio de las demás de orden técnico que deban aplicarse"*. De este modo, es posible colegir una repartición dotada de competencia al respecto.

b. Los incisos 1° y 2° del artículo 19 del Decreto Ley N° 1.939 disponen:

"La Dirección, sin perjuicio de las facultades que le competen a los Intendentes Regionales y Gobernadores Provinciales, cuidarán que los bienes fiscales y nacionales de uso público se respeten y conserven para el fin a que están destinados. Impedirá que se ocupe todo o parte de ellos y que se realicen obras que hagan imposible o dificulten el uso común, en su caso".

"Los bienes raíces del Estado no podrán ser ocupados si no mediare una autorización, concesión o contrato originado en conformidad a esta ley o de otras disposiciones legales especiales".

Además, el artículo 64, inciso 2° del Decreto Ley 1.939, dispone:

cretaría Regional Ministerial de Bienes Nacionales de la V Región, en su Ord. N° 2.621, de 1994, como, además, el peticionario contaba con la autorización respectiva de la Ilustre Municipalidad de La Ligua.

Que, con fecha 4 de abril de 1996, don Emilio Eva Araya, por sí y en representación de don Sergio de las Mercedes Arancibia Berríos y Otros, interpuso recurso de reconsideración en contra de la citada Resolución DGA V Región N° 241, de 1996, en atención a que él conjuntamente con otras personas es dueño de un predio denominado lote N° 14, de la segunda porción denominada El Sauce, que es parte de la Hacienda Huaquén, en cuyos deslindes se encontraría ubicada la captación solicitada por Comercial e Inmobiliaria Paz S.A., lo cual justifica con copia de la inscripción de dominio y unos planos que se encontrarían agregados en los expedientes administrativos ND-V-1-644 y ND-V-1-645.

Que el recurrente agrega que los citados documentos acreditan tanto la posesión inscrita del predio antes individualizado, del cual es titular conjuntamente con otros, como la circunstancia de encontrarse la obra de captación a que se refiere la solicitud de Comercial Inmobiliaria Paz S.A., dentro de él, por lo que de acuerdo a lo dispuesto en el artículo 700 del Código Civil, esto es, que el poseedor es reputado due-

ño, mientras otra persona no justifique serlo, y de conformidad con lo dispuesto en el artículo 58 del Código de Aguas, Comercial e Inmobiliaria Paz S.A. no ha podido explorar aguas subterráneas sin previo acuerdo con el dueño del predio.

Que el recurrente solicita se tenga presente lo obrado en los expedientes administrativos ND-V-1-644 y ND-V-1-645, toda vez que lo que se discute en estos antecedentes, ya ha sido resuelto en aquellos a su favor.

Que el presente recurso de reconsideración debe ser rechazado, en atención a los fundamentos que a continuación se exponen:

- Que se hace necesario dejar constancia que los órganos del Estado deben someter su acción a la Constitución y a las normas dictadas conforme a ella, como asimismo, deben actuar dentro de su competencia y en la forma que prescribe la ley, de conformidad con lo establecido en los artículos 6 y 7 de la Constitución Política de la República; razón por la cual, los actos administrativos emanados de este Servicio deben ajustarse íntegramente a la legalidad vigente, en especial a las normas contenidas en la Constitución Política y en el Código de Aguas, como al resto del ordenamiento legal.

“Asimismo, por razones fundadas podrán desafectarse de su calidad de uso público determinados inmuebles. En estos casos el decreto deberá ser firmado, además, por el Ministro de Vivienda y Urbanismo o por el Ministro de Obras Públicas, según corresponda”.

Ambas normas son claramente infringidas por la sentencia comentada.

En virtud del artículo 64 citado, solo pueden desafectarse de su calidad de uso público los inmuebles del Estado, por razones fundadas, necesitándose, además, que el decreto correspondiente sea firmado por los Ministros de Estado que señala la norma.

Pues bien, la sentencia comentada declara o reconoce una verdadera desafectación de un bien nacional de uso público, con el solo mérito de un “informe” del Ministerio de Bienes Nacionales; informe este que no solo es ilegal pues contiene una declaración emitida por un órgano sin competencia para ello; sino que también es erróneo (contradiendo la naturaleza de las cosas), al señalar que un estero que cruza varias propiedades particulares, y que desemboca en el mar (caso del estero Los Molles) no constituye un bien nacional de uso público³.

³ Este “informe” contradice lo señalado en sentido contrario por la Dirección General de Aguas en la Resolución DGA N° 93, de 1994, por medio de la cual se autoriza expresamente a la Sociedad Comercial e Inmobiliaria Paz S.A., para explorar aguas subterráneas en el bien nacional de uso público, denominado estero Los Molles; por el Departamento de Obras Fluviales, de la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas, en su Oficio N° 407, de 25 de marzo de 1994; por la Ilustre Municipalidad de La Ligua, al otorgar la autorización correspondiente a Comercial e Inmobiliaria Paz S.A. para que explorara en el bien nacional de uso público, estero Los Molles; y a la Carta “El Arrayán” escala 1: 25.000 del Instituto Geográfico Militar, en la que aparece claramente que el estero Los Molles constituye un cauce natural, esto es, un bien nacional de uso público (al respecto, debe tenerse presente que de conformidad con lo previsto en el DFL N° 2.090, de 1993, el Instituto Geográfico Militar constituye con carácter permanente la autoridad oficial en representación del Estado, en todo lo que se refiere a geografía, levantamiento y confección de cartas del territorio). Véase antecedentes de la causa que se ofrece en sentencia publicada en *Revista de Derecho y Jurisprudencia*, cit., pp. 64-65.

- Que este Servicio al momento de discernir sobre la constitución originaria de un derecho de aprovechamiento, de acuerdo a lo establecido en los artículos 22, 130 y siguientes, en especial, lo dispuesto en el inciso final del artículo 141 del Código de Aguas, debe comprobar que exista disponibilidad física y jurídica de las aguas, que la solicitud sea legalmente procedente, y que no exista perjuicio ni menoscabo a derechos de terceros.
- Que la falta absoluta de estas tres consideraciones fundamentales como de alguna de ellas, conlleva necesariamente, como incluso lo ha sostenido la reiterada y uniforme jurisprudencia de la Contraloría General de la República, la denegación de la respectiva solicitud.
- Que respecto de una solicitud de derecho de aprovechamiento de aguas subterráneas es requisito *sine qua non* la existencia de un pozo que permita a través de él extraerse desde el respectivo acuífero, los caudales solicitados, y, consiguientemente, ejercer el derecho de aprovechamiento que se constituye.
- Que, asimismo, es de importancia la ubicación en que el pozo se encuentra, esto es, si lo está en un predio de dominio público, de dominio fiscal o de dominio privado, para los efectos de las autorizaciones a que se refiere el artículo 22 de la Resolución DGA N° 186, de 1996.
- Que en la especie, la cuestión debatida se relaciona precisamente en cuanto a la naturaleza jurídica del bien en el que se encuentra ubicada la captación. Así, el recurrente dice que son de propiedad privada, según los respectivos títulos, en cambio, el peticionario señala que son bienes nacionales de uso público.
- Que en relación con la cuestión debatida deben tenerse presente lo dispuesto en las normas contenidas en los artículos 30, 31, 33 y 59 del Código de Aguas; artículo 1° transitorio, 19 y siguientes de la Resolución DGA N° 186, de 1996; lo dispuesto en el Decreto N° 609, del Ministerio de Tierras y Colonización (hoy, de Bienes Nacionales), de 1979; y artículos 582, 589 y siguientes, 700 y siguientes del Código Civil. Normas que deben ser interpretadas en forma armónica y sistemática.
- Que de lo preceptuado en las normas legales citadas precedentemente, se puede establecer que los bienes nacionales de uso público son aquellos que la ley señala, mientras otra ley no los desafecte de su calidad de tal, razón por la cual, deben ser ellos reputados por tales; en ese sentido, deben considerarse tanto los cauces y álveos, de una corriente continua o discontinua, de uso público, toda vez que la

Es importante señalar que la sentencia también infringe lo dispuesto en la Ley 18.575, Orgánica Constitucional de Bases Generales de Administración del Estado, en sus artículos 2° y 3° inciso 2°, ambos en concordancia con los artículos 1° incisos 4° y 5°; 5° inciso 2°; y, 6° y 7° de la Constitución, en cuanto a la manera que deben y pueden actuar los órganos de la Administración del Estado.

c. De acuerdo a la Constitución, los órganos que forman parte de la Administración del Estado, como lo es el Ministerio de Bienes Nacionales, deben someter su acción a la Constitución y a las leyes, debiendo actuar dentro de su competencia, y sin más atribuciones que las que le otorgue el ordenamiento jurídico.

Ahora bien, de conformidad al Decreto Supremo N° 609, de 1978, el Ministerio de Bienes Nacionales se encuentra facultado para fijar los deslindes de los bienes nacionales de uso público que constituyen cauces de los ríos, lagos y esteros, pero no se encuentra facultado para determinar por sí y ante sí, la naturaleza de un cauce, ni menos para determinar aquellos cauces de corrientes discontinuas formadas por aguas pluviales, más aún cuando tal declaración se encuentra en abierta contradicción con lo señalado por la Dirección General de Aguas, por el Departamento de Obras Fluviales, por la Municipalidad de La Ligua, y por las Cartas Oficiales del Instituto Geográfico Militar.

Pues bien, la sentencia infringe la ley al otorgarle a un mero "informe" del Ministerio, no emitido como acto terminal de tramitación administrativa alguna, un efecto decisorio en una materia que se encuentra fuera de la competencia de ese organismo. Los sentenciadores han dejado de aplicar las normas precisas del Código de Aguas y del DFL N° 850, de 1997, que establecen facultades a favor de otros órganos de la Administración para determinar la naturaleza de un bien nacional de uso público; es más grave aún el error jurídico de los sentenciadores pues no consideraron los informes de los otros órganos administrativos (como

- ley dispone expresamente que tienen dicha calidad jurídica.
- Que se infiere, además, que las riberas o márgenes de un álveo o cauce de dominio público compete fijarlas al hoy Ministerio de Bienes Nacionales a través del procedimiento establecido en el Decreto N° 609, de 1979.
 - Que en dicho procedimiento de deslinde se debe oír previamente al Departamento de Obras Fluviales de la Dirección General de Obras Públicas, el cual deberá agregar un informe técnico con un plano de la zona del río, lago o estero cuyo deslinde se trata de fijar, indicando dicho deslinde.
 - Que frente a la solicitud de Comercial e Inmobiliaria Paz S.A. de fijación de deslinde en el estero Los Molles, el Departamento de Obras Fluviales de la Dirección General de Obras Públicas mediante el Oficio Ord. N° 7.993, de fecha 12 de septiembre de 1996, dirigido al Sr. Secretario Regional Ministerial de Bienes Nacionales de la V Región, evacua el correspondiente informe, adjunta plano y fija el deslinde correspondiente.
 - Que a este respecto debe tenerse presente el mérito del certificado, acompañado por la parte del peticionario de autos, esto es, Comercial e Inmobiliaria Paz S.A., emitido por la Sra. Secretaria Ministerial de Bienes Nacionales de la V Región, contenido en el Oficio N° 564, de 19 de febrero de 1997, en cuanto a lo obrado en el expediente N° 930.108, que da cuenta del hecho de haberse emitido el informe de la Dirección de Obras Fluviales, que la superficie del bien nacional de uso público estero Los Molles se encuentra inserta, en menor extensión, dentro del inmueble de dominio privado inscrito a fs. 270, N° 285 bis, en el Registro de Propiedad del Conservador de Bienes Raíces de La Ligua, del año 1988, y, que del análisis legal y técnico de lo obrado en el expediente citado, puede concluirse que corresponde seguir adelante el procedimiento en vista de dictar el decreto respectivo que, en forma definitiva, fije los deslindes de dicho bien nacional de acuerdo al informe y plano de la citada Dirección.
 - Que resulta pertinente dejar constancia que constituye una consecuencia natural de la afectación de un bien de dominio público, que el respectivo bien quede fuera del denominado tráfico jurídico entre privados, puesto que ellos solo pueden ser dedicados al uso general de los habitantes, según su naturaleza, y no pueden ser enajenados por estar fuera del comercio jurídico. A este respecto deben tenerse presente, además, los principios de inalienabilidad, imprescriptibilidad e inembargabilidad

se reconoce en la propia sentencia), los cuales sí son competentes para determinar, de acuerdo a la ley, si un cauce tiene naturaleza de bien público.

Así ha dicho la jurisprudencia administrativa, que es a la Dirección General de Obras Públicas a la que le corresponde esta determinación, de acuerdo a la disposición legal citada (art. 14 DFL 850, de 1997), y que fue abiertamente infringida por la sentencia de la Corte de Apelaciones⁴.

II. NORMAS DEL CÓDIGO CIVIL QUE DEFINEN Y REGULAN LOS BIENES NACIONALES DE USO PÚBLICO, EN RELACIÓN CON LAS NORMAS DEL CÓDIGO DE AGUAS QUE REGLAMENTAN LOS CAUCES NATURALES

La sentencia desconoció la calidad de bien nacional de uso público de un bien específico, quebrantando lo previsto en los artículos 589, 590, 1.105 y 2.498 del Código Civil, en relación con los artículos 3º, 10, 11, 20, 30, 31, 32 y 33 del Código de Aguas.

a. En efecto, el artículo 589 del Código Civil dispone que: *“Se llaman bienes nacionales aquellos cuyo dominio pertenece a la nación toda. Si además su uso pertenece a todos los habitantes de la nación, como el de calles, plazas, puentes y caminos, el mar adyacente y sus playas, se llaman bienes nacionales de uso público o bienes públicos”*.

⁴ Ver Dictamen N° 10.497, de 1995, de la Contraloría General de la República, publicado en *“Revista de Derecho de Minas y Aguas”*, vol. VI (1995), pp. 296-298.

- que informan la teoría de los bienes integrantes del dominio público, y que en la especie son absolutamente atendibles.
- Que resulta del caso señalar que la Contraloría General de la República ha dispuesto, en el dictamen N° 5.485, de 23 de octubre de 1957, que respecto de un bien afecto al dominio público el Estado solo tiene a su respecto ciertos atributos del dominio expresados en facultades de policía, tuición, administración y vigilancia, pues ellos no pertenecen al Fisco —expresión patrimonial del Estado— ni tampoco podrían pasar a formar parte del dominio fiscal a menos que se desafecten, porque dentro de este no existen bienes que tengan esa calidad. El derecho de propiedad que tiene el Fisco sobre tales bienes no es el del artículo 582 del Código Civil.
 - Que en consecuencia, si el Estado no es dueño de los bienes nacionales de uso público, menos lo pueden ser las personas privadas naturales o jurídicas, en atención a que dicho bien está fuera del comercio jurídico, y respecto de los cuales no ha podido operar ni prescripción ni enajenación, en su sentido más amplio.
 - Que la existencia de un bien de dominio privado inscrito, en una mayor o menor extensión, al interior de un bien de dominio nacional de uso público, en caso alguno autoriza a concluir, conforme a derecho, que dicho bien nacional se ha desafectado de su calidad de tal, pues solo la ley constituye el mecanismo idóneo y jurídico para efectuarla; como asimismo otorgue a su titular la facultad de deducir legítima y fundada oposición a aquellas solicitudes de derecho de aprovechamiento de aguas cuyos puntos de captación se encuentran en alguna zona o área de dicho bien nacional.
 - Que cabe dejar constancia que, en opinión de este Servicio, se encuentra suficientemente acreditado en el expediente ND-V-1-1.297, a que ha dado lugar la solicitud de Comercial e Inmobiliaria Paz S.A., que el pozo a que se refiere se encuentra dentro del bien nacional de uso público denominado estero Los Molles, propiamente tal, dentro del cauce del citado cauce natural.
 - Que dicha opinión se encuentra fundada, entre otros documentos, del mérito de la Resolución DGA N° 93, de 1994; del Ord. N° 2.621, de 1994, de la Seremi de Bienes Nacionales de la V Región; del informe técnico N° 22, con fecha 12 de marzo de 1996, emitido por el funcionario de este Servicio, don Luis Espinoza Altamirano, y, a mayor abundamiento, del informe técnico del organismo competente de

Por su parte, el artículo 598 del mismo Código señala que: *“El uso y goce que para el tránsito, riego, navegación y cualesquiera otros objetos lícitos corresponden a los particulares en las calles, plazas, puentes y caminos públicos, en el mar y sus playas, en ríos y lagos y generalmente en todos los bienes nacionales de uso público, estarán sujetos a las disposiciones de este Código, y a las ordenanzas generales o locales que sobre la materia se promulguen”*.

Además, el artículo 1105 del Código Civil priva de toda validez a los actos jurídicos relativos a los bienes nacionales de uso público; y el 2.498 impide que se adquiera por prescripción los bienes nacionales de uso público, pues estos se encuentran fuera del comercio humano.

Del estudio de las normas indicadas aparece de manifiesto que el uso de los bienes nacionales de uso público debe otorgarse de acuerdo a ordenanzas especiales, esto es, a través de lo que señala especialmente el Código de Aguas.

b. Así, una vez determinada la naturaleza jurídica de bien nacional de uso público de un bien, como ocurrió en este caso con el estero Los Molles, el órgano competente podrá otorgar las concesiones a que haya lugar. Lo que se debía determinar era precisamente la naturaleza jurídica de tal bien, y eso queda de manifiesto en los artículos 3°, 10, 11, 20, 30, 31, 32 y 33 del Código de Aguas.

El artículo 3° del Código de Aguas establece el principio de la unidad de la corriente, incluyendo en estos todas las corrientes, continuas y discontinuas. En seguida, los artículos 10 y 11 del Código de Aguas, que se refieren a las aguas pluviales o aguas lluvias, solo otorgan un derecho sobre ellas, mientras se mantengan en el predio de un particular, cambiando la situación cuando caen en cauces nacionales de uso público. El artículo 20 de tal Código contiene la *única hipótesis legal de terrenos y aguas de uso privado*, que es cuando estas

fijar los deslindes de los bienes nacionales de uso público, según consta de aquel a que se refiere el Oficio Ord. N° 7.993, de 12 de septiembre de 1996, del Departamento de Obras Fluviales de la Dirección General de Obras Públicas dirigido al señor Secretario Ministerial de Bienes Nacionales de la V Región.

- Que, asimismo, debe señalarse que el procedimiento de deslinde del citado bien nacional a que se refiere el expediente de este Servicio, si bien no se encuentra terminado, ello en caso alguno puede ser desconocido por esta autoridad, menos aún, el estado en que se encuentra, en particular, que en la zona a deslindar se ha establecido fehacientemente la existencia de un bien nacional de uso público plenamente vigente y respecto del cual no es posible alegar título de propiedad privada alguna, sin contrariar el derecho.
- Que en virtud de lo expuesto y de las normas invocadas, procede rechazar el recurso de reconsideración en análisis.

Resuelvo:

1. Recházase el recurso de reconsideración deducido, con fecha 4 de abril de 1996, por don Emilio Eva Araya, por sí y en representación de don Sergio de las Mercedes Arancibia Berríos y

Otros, en contra de la Resolución DGA V Región N° 241, de 1996, que a su turno denegó la oposición deducida por el recurrente a la solicitud de derecho de aprovechamiento de aguas subterráneas, presentada por Comercial e Inmobiliaria Paz S.A. a que se refiere el expediente de este Servicio ND-V-1-1297.

2. Notifíquese la presente resolución al abogado del recurrente, don Sergio de Ferrari Jullian, en el domicilio designado para estos efectos dentro del radio urbano de la ciudad de Santiago, esto es, en calle Huérfanos N° 1022, oficina 1.106.

3. Desígnase a la funcionaria del Departamento Legal de la Dirección General de Aguas, doña Viviana Muñoz Rodríguez, para los efectos de notificar la presente resolución, en los términos establecidos en el artículo 139 del Código de Aguas, al recurrente antes individualizado.

Anótese y notifíquese.

III. INFORME DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

ORD.: N° 1039

ANT.: Recurso de reclamación deducido por don Sergio de Ferrari Jullian en representación de los

nacen, corren y mueren *en una misma heredad*. Esta es una norma excepcional de nuestro ordenamiento jurídico, y aún así no “desafecta” las aguas respectivas, sino que otorga un “uso” privado⁵.

c. El artículo 30 del Código de Aguas señala expresamente que: *“Alveo o cauce natural de una corriente de uso público es el suelo que el agua ocupa y desocupa alternativamente en sus creces y bajas periódicas. /Este suelo es de dominio público y no accede mientras tanto a las heredades contiguas, pero los propietarios riberanos podrán aprovechar y cultivar ese suelo en las épocas en que no estuviere ocupado por las aguas./ Sin perjuicio de lo dispuesto en los incisos precedentes, las porciones de terrenos de un predio que, por avenida, inundación o cualquier causa quedaren separadas del mismo, pertenecerán siempre al dueño de este y no formarán parte del cauce del río”*.

Por su parte el artículo 31 del Código de Aguas señala que: *“La regla del artículo anterior se aplicará también a los álveos de corrientes discontinuas de uso público. Se exceptúan los cauces naturales de corrientes discontinuas formadas por aguas pluviales, los cuales pertenecen al dueño del predio”*.

En fin, el artículo 32 del Código de Aguas prescribe que: *“Sin permiso de la autoridad competente no se podrá hacer obras o labores en los álveos, salvo lo dispuesto en los artículos 8°, 9°, 25, 26 y en el inciso 2° del artículo 30”*; agregando el artículo 33 la definición de riberas y márgenes en un álveo o cauce.

¿Cómo es posible interpretar correctamente estas disposiciones, a la luz de la hipótesis planteada en esta causa, sin infringirlas?

⁵ Vid. nuestro *Derecho de Aguas* (Santiago, Editorial Jurídica de Chile, 1999), tomo II, p. 335.

Sres. Jorge Godoy Saldías y Emilio Eva Araya, en contra de las Resoluciones D.G.A. N^{os}. 1.166 y 1.167, ambas de 1997, respectivamente.

MAT.: Informa.

SANTIAGO, 23 DIC 1997.

DE: DIRECTOR GENERAL DE AGUAS
A: SRA. PRESIDENTA DE LA ILTMA.
CORTE DE APELACIONES DE SANTIAGO

Mediante notificación por cédula se puso en conocimiento del suscrito, que con fecha 25 de julio del año en curso don Sergio de Ferrari Jullian en representación de los Sres. Jorge Godoy Saldías y Emilio Eva Araya, dedujo recurso de reclamación en contra de las Resoluciones D.G.A. N^{os}. 1.166 y 1.167, ambas, de 1997. Al referido recurso se asignó por esa Ilتما. Corte el Rol de Ingreso N^o 4.377-97.

Sobre el particular cumpla con informar a esa Ilتما. Corte de Apelaciones, lo siguiente:

El recurso de autos ha sido interpuesto para que se dejen sin efecto las Resoluciones D.G.A. N^{os}. 1.166 y 1.167, de 1997, que rechazaron los recursos de reconsideración por los Sres. Godoy y Eva, respectivamente, en contra de las Resolucio-

nes DGA. V N^{os}. 242 y 241, ambas de 1996, que a su vez rechazaron sus oposiciones a la solicitud de derecho de aprovechamiento de aguas subterráneas, por un caudal de 10 lts/seg. a captase desde un pozo profundo ubicado en el cauce del estero Los Molles, comuna de La Ligua, provincia de Petorca, V Región, presentada por Comercial e Inmobiliaria Paz S.A.

En concepto del infrascrito el recurso de autos debe ser desestimado sin más trámite por las razones de hecho y de derecho que a continuación se expondrán.

1. Al respecto, es dable precisar US.I. que la Dirección General de Aguas, en cuanto organismo técnico en materia de aguas, se encuentra dotado de la facultad de constituir derechos de aprovechamiento sobre dicho recurso existente en fuentes naturales y en obras de estatales de desarrollo, debiendo velar en el ejercicio de esa potestad que no se perjudiquen ni menoscaben derechos de terceros, conforme lo previene el artículo 22 del Código de Aguas.

La constitución de ambos derechos se materializa mediante la expedición de la correspondiente resolución en la medida que exista disponibilidad del recurso hídrico y fuere legalmente procedente, según lo estatuye el artículo 141 inciso final de la mencionada codificación.

Los errores de derecho en que incurrir los sentenciadores, consisten en no haber interpretado correctamente las disposiciones señaladas, dejándose influir a su vez por el informe erróneo e ilegal, por estar fuera de su competencia, del Ministerio de Bienes Nacionales, al considerar que el estero Los Molles es un bien privado.

Esto es un error enorme, pues en Chile solo son de uso privado las aguas que nacen, corren y mueren en una misma heredad, como lo indica el artículo 20 del Código de Aguas, dado que sus cauces son privados. También son de libre uso, no concesional, las aguas pluviales o de lluvias, mientras se mantienen en un mismo predio, según los artículos 10 y 11 de tal Código; esto es, sus cauces son el predio de propiedad privada. En estos casos, el "uso" de las aguas es privado pues el "cauce" o "terreno" por donde esas aguas escurren es privado. Pero recuérdese que *todas las aguas* son consideradas públicas, y su uso es concesional cuando los ríos o esteros por los que *escurran cruzan varias propiedades* (quedando así fuera del caso excepcional del artículo 20 inciso 2^o del Código de Aguas); siendo además una excepción permanente el caso de las corrientes (y sus cauces) "que caigan al mar" (art. 20 inciso 3^o *in fine*), en cuyo caso siempre son públicas las aguas y sus cauces.

d. Bastaba mirar atentamente la realidad: la naturaleza física del cauce. Como consta de los hechos en esta causa, el estero Los Molles nace en la cordillera de la Costa, transcurre cruzando muchos predios de distintos dueños, y desemboca en el mar⁶. ¿Cómo puede consi-

⁶ Resulta difícil comprender la falta de observación de la realidad por los sentenciadores, para llegar a señalar (a pesar de que ellos mismos tenían a la vista la carta del Instituto Geográfico Militar en que aparece la situación del estero Los Molles). La literatura especializada lo menciona como un estero de las cuencas costeras del Norte del país con escurrimientos a considerar (vid. *Geografía de Chile*, Instituto Geográfico Militar, Tomo VIII, Hidrografía, de Hans Niemeyer Fernández y Pilar Cereceda Troncoso, Santiago, 1984, p. 135).

Acorde con lo precedentemente expuesto, para que este Servicio pueda otorgar un derecho de aprovechamiento debe verificar que la petición sea legalmente procedente, que exista disponibilidad del recurso y que no se perjudiquen derechos de terceros.

Las exigencias precitadas son copulativas, de suerte que si no concurre alguna de ellas, esta Repartición está obligada a denegar la solicitud de constitución que se formule al efecto, según lo prescribe el artículo 141 inciso final del Código del ramo.

2. La procedencia de la petición dice relación que ella se formule ante la autoridad competente, ya sea la Oficina del Servicio del lugar o la Gobernación Provincial respectiva, si allí donde se solicita el derecho no existe dependencia de la Dirección (artículo 130); que en ella se indiquen las menciones que exige el artículo 140 de la citada codificación; en el caso de aguas subterráneas debe acreditarse el cumplimiento de los requisitos que contempla la Resolución DGA. N° 186, de 1996; y que la solicitud se publique en la forma y en el tiempo que prescribe el artículo 131 del Código del ramo.

3. Con fecha 23 de agosto de 1995, don Andrés Obrecht Gómez, en representación de Comercial e Inmobiliaria Paz S.A. presentó ante la Gobernación Provincial de Petorca, una solicitud

de derecho de aprovechamiento consuntivo de aguas subterráneas de ejercicio permanente y continuo por 10 lts/seg, a captar por elevación mecánica desde un pozo construido en las coordenadas UTM N 6.431.240 m y E. 265.225 m según carta IGM Escala 1: 5.000, comuna de La Ligua, provincia de Petorca, V Región.

Solicitó, además, un área de protección de 200 m de radio con centro en el eje del pozo.

La petición en comento se publicó en extracto en el Diario Oficial de la República de Chile, en el Diario La Nación de Santiago y en el periódico La Razón de Petorca, el día 1 de septiembre de 1995.

4. Como puede observarse US. Iltma., la petición de la sociedad anónima se formuló ante una de las autoridades públicas que establece el artículo 130 inciso 1° del Código de Aguas; a su turno, en ella se contienen todas las menciones que en sus 4 numerandos estatuye el artículo 140 de la mencionada codificación.

Asimismo, de las publicaciones acompañadas consta que los avisos aparecidos en los medios de difusión individualizados, se efectuaron en la forma y dentro del plazo fatal que establece el artículo 131 del mencionado texto normativo.

5. El artículo 59 del Código de Aguas, dispone que la explotación de aguas subterráneas debe efectuarse conforme a normas generales previa-

derarse a este un bien privado? Es claro que de acuerdo a los artículos 20, 30, 31, 32 y 33 del Código de Aguas, es este un bien nacional de uso público. No obsta a ello que el escurrimiento sea discontinuo o pluvial (como lo indica el art. 31 del Código de Aguas), pues la propia ley, en el artículo 3° del Código de Aguas, incluye entre los bienes públicos a las corrientes discontinuas y a sus cauces.

En fin, en armonía con el artículo 20 del Código de Aguas, la excepción a que alude el artículo 31 del Código de Aguas, solo se refiere a las aguas pluviales que escurren en un solo predio (se refiere al "dueño del predio", en forma singular).

Por lo tanto, un cauce que escurre por varios predios, sea que sus aguas sean continuas o discontinuas, pluviales o no (¿hay aguas que no sean pluviales?), y que luego desemboca al mar, constituye un bien nacional de uso público.

e. Es un error de derecho evidente de los sentenciadores desafectar un cauce íntegro, a favor de un particular, por el solo hecho de existir algunas ambigüedades en las escrituras de división de las propiedades, y en base a un oficio de un órgano administrativo, solicitado como medida para mejor resolver. Es evidente que la sentencia infringe las normas del Código Civil sobre adquisición de la propiedad, establecidas en sus artículos 589, 598, 1105 y 2498, que dejan fuera del comercio jurídico-privado a los bienes de uso público.

Como se ha dicho, los cauces de las corrientes de aguas (discontinuas o no; pluviales o no) solo podrán ser propiedad privada cuando ellas nacen, corren y mueren en una misma

A los jueces les bastaba una mirada a publicaciones de divulgación turística, incluso para constatar no solo la existencia del estero Los Molles, como un escurrimiento de relevancia, con una desembocadura que origina un puente de la carretera Norte, y una caleta y balneario del mismo nombre (vid. *Gula Turística de Chile*, Turistel, edición anual, descripción del lugar y mapa, con indicación destacada en color celeste). Y a pesar de eso, de manera inexplicable, consideran el cauce de tal estero, como privado.

mente establecidas por la Dirección General de Aguas.

Las aludidas normas fueron fijadas por la Resolución DGA. N° 207, de 1983, publicada en el Diario Oficial del día 5 de agosto de ese mismo año, que estableció "Normas de Explotación y Explotación de Aguas Subterráneas".

Cabe hacer, presente que la citada Resolución DGA. N° 207, de 1983, fue dejada sin efecto por la Resolución DGA. N° 186, de 1986, publicada en el Diario Oficial del 15 de marzo de ese año, que además fijó las "Normas de Exploración y Explotación de Aguas Subterráneas" en actual vigencia.

Como se ha indicado, la solicitud de la sociedad anónima se presentó el 23 de agosto de 1995, ante la Gobernación Provincial de Petorca, ergo a esa data se encontraba vigente la Resolución D.G.A. N° 207, la que en su artículo 16, establecía que el peticionario del derecho de aprovechamiento de aguas subterráneas debía "acreditar su dominio sobre el inmueble donde se encuentra ubicada la extracción o la autorización de su dueño".

El artículo 22 inciso 1°, de la Resolución DGA. N° 186, de 1986, aplicable en la especie por disposición de su Artículo Transitorio estatuye que: "El peticionario del derecho deberá acreditar con copias de la inscripción correspondien-

te, su dominio sobre el inmueble donde se encuentra ubicada la captación, o la autorización de su dueño".

Agrega, el inciso 2° que: "Si la obra de captación está ubicada en un bien nacional de uso público, se requerirá la autorización del organismo bajo cuya administración se encuentre. Tratándose de un bien fiscal, se requerirá la autorización del Ministerio de Bienes Nacionales".

Resulta útil precisar que la exigencia de acompañar la autorización del dueño del inmueble, cuando el peticionario no es propietario del predio en donde se ubica la captación de agua subterránea, no es un requisito establecido en el artículo 140, del Código de Aguas, razón por la cual no es menester adjuntarla a la solicitud respectiva, sino que debe necesariamente acompañarse durante la tramitación administrativa correspondiente.

6. Precisado lo anterior, es dable señalar que según lo dispone el artículo 60 del Código de Aguas comprobada la existencia de aguas subterráneas, el interesado podrá solicitar el otorgamiento del derecho de aprovechamiento de acuerdo al procedimiento establecido en el Título I del Libro II.

Ahora bien, la comprobación de la existencia de las aguas subterráneas implica que ellas han sido alumbradas.

heredad (arts. 20 y 31 *in fine* ["del predio"] del Código de Aguas); y si ellas transcurren por varios predios, y de cordillera hasta desembocar al mar, son indudablemente cauces de uso público.

Consta absolutamente en los antecedentes que citan los propios sentenciadores que el estero Los Molles es una corriente que nace en una quebrada de la cordillera de la Costa, discurre por varios predios, y muere en el mar, por lo que solo un error jurídico de los sentenciadores, inducido por un informe obtenido como "medida para mejor [¿peor?] resolver", pudo llevarles a señalar que el cauce de un estero de esa magnitud se trata de un bien privado.

CONCLUSIONES

1° La sentencia de la Corte de Apelaciones de Santiago, en verdad, al considerar erróneamente al estero señalado como privado de un tercero, ha impedido que el solicitante adquiriera su titularidad (esto es, el dominio sobre un bien incorporal) sobre un derecho de aprovechamiento de aguas subterráneas a extraerse desde un pozo ubicado en un bien nacional de uso público como es el cauce natural del estero Los Molles; y con ello ha quebrantado en su fallo la garantía constitucional contenida en el artículo 19 N° 23 de la Constitución Política de la República, que garantiza la libertad para adquirir el dominio de toda clase de bienes, excepto aquellos que la naturaleza ha hecho comunes a todos los hombres o que deban pertenecer a la Nación toda y la ley lo declare así; esto es, el *ius ad rem*; en este caso: el derecho a llegar a ser concesionario y titular de un derecho de aprovechamiento de aguas. Solo una ley de quórum calificado y cuando así lo exija el interés nacional puede establecer limitaciones o requisitos para la adquisición del dominio de algunos bienes.

En efecto según se infiere de la interpretación a *contrario sensu* del artículo 2° inciso final del Código de Aguas, la existencia de tales aguas solo es susceptible de comprobarse cuando ya no se encuentran ocultas en el seno de la tierra.

Corroborando lo anterior, lo estatuido en el artículo 20 de la Resolución DGA. N° 186, de 1996, conforme al cual solo puede constituirse el derecho de aprovechamiento sobre aguas subterráneas que hubiesen sido alumbradas y cuya disponibilidad haya sido demostrada.

En la práctica, para comprobar la existencia del recurso hídrico subterráneo, es menester perforar los distintos estratos del terreno hasta encontrarlo.

Según consta en el Informe Técnico N° 22, del 12 de marzo de 1996, personal de este Servicio que concurrió a terreno comprobó por medio de pericias (pruebas de bombeo, de gasto variable, de gasto constante y estabilización) la existencia del recurso solicitado.

Para alumbrar las aguas subterráneas, es menester previamente efectuar exploraciones en terreno. Al respecto cabe precisar que tales exploraciones pueden efectuarse en inmuebles de dominio particular o en bienes nacionales.

El artículo 58 inciso 1°, del Código de Aguas, dispone que cualquier persona puede explorar con

el objeto de alumbrar aguas subterráneas, sujetándose a las normas que establezca la Dirección General de Aguas.

Como se precisó en el N° 5, del presente oficio la Resolución D.G.A. N° 207, de 1983, estableció "Normas de Exploración y Explotación de Aguas Subterráneas". A su vez, como se indicó, el aludido acto administrativo fue abrogado por la Resolución D.G.A. N° 186, que es la que actualmente rige la materia.

El inciso 2° del citado artículo 58 del Código del ramo, estatuye que en suelo ajeno sólo se pueda explorar previo acuerdo con el dueño del predio, y en bienes nacionales con la autorización de la Dirección General de Aguas.

8. De acuerdo con el artículo 589, del Código Civil, se llaman bienes nacionales aquellos cuyo dominio pertenece a la nación toda, y se dividen en dos categorías.

- a) Bienes nacionales de uso público o bienes públicos son aquellos cuyo dominio pertenece a la nación toda y su uso a todos los habitantes de la misma, tales como calles, plazas, puentes, caminos etc.
- b) Bienes del Estado o bienes fiscales son aquellos cuyo dominio pertenece a la nación toda, pero su uso no pertenece generalmente a los habitantes.

A raíz de esta sentencia, al cometer los errores de interpretación y omisiones señaladas, ha impedido, además, que el solicitante desarrolle su actividad económica, con un bien que válidamente podía llegar a adquirir.

2° La sentencia también, a este respecto, infringe los artículos 3°, en relación con los artículos 5°, 6°, 22, 141, inciso final y 149 N° 2, todos del Código de Aguas, normas que se refieren a la naturaleza de las aguas; los derechos de aprovechamiento de aguas; la forma en que ellos son otorgados, y la disponibilidad del recurso hídrico en fuentes naturales.

Todas esas normas constituyen la base jurídica vigente en virtud de la cual los particulares pueden obtener derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas en cauces nacionales de uso público. En efecto, una vez determinado por los órganos competentes (esto es, Dirección General de Aguas, Dirección General de Obras Públicas) que un cauce es un bien nacional de uso público, se autoriza a un particular a explorar (como ocurrió en el caso), y luego se constituye a su favor un derecho a explotar las aguas subterráneas, siempre y cuando, además, exista la disponibilidad de aguas suficiente (como se había comprobado en la especie, según consta en la sentencia).

3° Así, los sentenciadores, al cometer los errores jurídicos señalados, y no considerar como debió ser, que el estero Los Molles es un bien nacional de uso público, al mismo tiempo infringieron estas normas que obligan a constituir un derecho de aprovechamiento de aguas, cuando hay disponibilidad, en los cauces nacionales de uso público.

Si la sentencia recurrida no hubiese interpretado erróneamente en especial los artículos 30 y 31 del Código de Aguas, y hubiese aplicado otros relevantes, ya señalados, entre otros los artículos 14 letra e) del DFL N° 850, de 1997, y 20 del Código de Aguas, hubiese concluido que el estero Los Molles, es un cauce nacional de uso público, y de acuerdo a la ley, habría denegado la oposición a la constitución de derechos de aguas subterránea a favor

9. Como se ha indicado, acorde con lo estatuido en el Código de Aguas, la exploración para alumbrar aguas subterráneas en predio ajeno requiere de la autorización del dueño del inmueble; en tanto la que se desee efectuar en bienes nacionales solo requiere autorización o permiso de la Dirección General de Aguas (artículo 58).

La aludida autorización se materializa mediante la dictación de una resolución sujeta al trámite de toma de razón.

El permiso confiere al concesionario la exclusividad para efectuar, durante el período de duración del mismo, los trabajos de exploración para alumbrar aguas subterráneas dentro de los límites que se le hayan fijado (artículo 11 Resolución D.G.A. N° 207, y artículo 16 Resolución D.G.A. N° 186).

Por otra parte, este Servicio debe preferir al beneficiario del permiso de exploración, para la constitución del derecho sobre las aguas alumbradas durante la vigencia del mismo (artículo 12 Resolución D.G.A. N° 207 y artículo 17 Resolución D.G.A. N° 186).

10. Mediante Resolución D.G.A. N° 93, del 27 de diciembre de 1994, tomada razón por Contraloría General de la República con fecha 10 de enero de 1995, se concedió a Comercial e Inmobiliaria Paz S.A. un permiso para explorar aguas subterráneas en bienes nacionales en una superficie de 150 hás en el estero Los Molles, para alumbrar un caudal máximo de 25 lts/seg. en la comuna de La Ligua, provincia de Petorca.

El área a explorar en dicho estero, estaba comprendida por los siguientes vértices.

VERTICE	NORTE	ESTE
A	6.430.910	264.665
B	6.431.480	265.220
C	6.432.620	265.370
D	6.432.805	266.525
E	6.433.430	266.575
F	6.433.405	267.040
G	6.432.400	266.935
H	6.432.275	265.695
I	6.431.260	265.545
J	6.430.635	264.402

La vigencia del permiso comenzó a correr desde la data en que la Entidad Fiscalizadora tomó razón de la Resolución DGA. N° 93, esto es, el 10 de enero de 1995, y expiró el 10 de enero de 1997 (artículo 6 Resolución DGA N° 203 y artículo 9 Resolución DGA N° 186, de 1996).

Durante el período señalado la sociedad anónima tuvo la exclusividad para efectuar en el Estero Los Molles, los trabajos de exploración necesarios para alumbrar aguas subterráneas.

Enseguida, como se ha expresado con fecha 23 de agosto de 1995 Comercial e Inmobiliaria La Paz S.A. esto es, durante la vigencia del permiso, solicitó la constitución del derecho de aprovechamiento sobre las aguas alumbradas dentro de los límites fijados por el acto formal de autorización, de suerte que acorde a lo dispuesto en el artículo 12 de la Resolución DGA. N° 207, de 1983 (artículo 17 de la Resolución DGA. N° 186) goza de preferencia para ello, con respecto de terceros que formulen semejante petición.

El pozo a que se refiere la solicitud se ubica en las coordenadas UTM N 6.431.240 m. y E 265.225 m (N° 3 del presente oficio), como puede observarse corresponde a una ubicación comprendida dentro de los vértices fijados por la Resolución DGA. N° 93, de 1995 (ver N° 10 del presente oficio).

11. Acorde con lo expresado, aparece que este Servicio autorizó a la sociedad anónima para explorar aguas subterráneas en Bienes Nacionales en una superficie de 150 hás en el estero Los Molles, para alumbrar un caudal máximo de 25 lts/seg.

Comprobada la existencia de las aguas subterráneas, en el aludido bien nacional (estero Los Molles) la sociedad anónima conforme a lo prevenido, en el artículo 60 del Código de Aguas solicitó la constitución del derecho, para lo cual acorde con lo estatuido en el artículo 12 de la Resolución D.G.A. N° 207, de 1983, vigente a la sazón, gozaba de preferencia, situación que se mantiene igualmente hoy a la luz del artículo 17 de la Resolución D.G.A. N° 186, de 1996.

El estero Los Molles es un cauce natural. Acorde con lo prevenido en el artículo 30 inciso 1° del Código de Aguas álveo o cauce natural de

del solicitante, lo que habría traído como consecuencia la plena validez del otorgamiento de derechos por la Dirección General de Aguas.

En otras palabras, la influencia de estos errores contenidos en el fallo que comento impidió al solicitante adquirir válidamente unos derechos de aprovechamiento de aguas, a pesar de haberse comprobado su existencia, de encontrarse estas en un cauce de uso público, y de haberse respetado todos los procedimientos establecidos para ello.

En fin, una sentencia lamentable que contiene una errónea doctrina y que, esperamos, sea rectificadas en algún pronunciamiento futuro de los Tribunales.

una corriente de uso público es el suelo que el agua ocupa y desocupa alternativamente en sus creces y bajas.

Agrega el inciso 2° de la disposición en comento, que ese suelo es de dominio público y no accede mientras tanto a las heredades contiguas, pero los propietarios riberaños podrán aprovechar y cultivar ese suelo en las épocas en que no estuviese ocupado por las aguas.

En nuestro derecho el dominio público está constituido por el conjunto de bienes nacionales de uso público, o sea, aquellos bienes que pertenecen a la nación toda y su uso a todos los habitantes de la misma (Arturo Alessandri R.: "Curso de Derecho Civil, los Bienes y los Derechos Reales", Santiago, Editorial Nascimento 1974, página 106 N° 148).

El uso de los bienes públicos pertenecen a todos los habitantes del país (artículo 589 del Código Civil).

Asimismo, tales bienes se encuentran fuera del comercio humano. En realidad ninguna disposición del Código Civil establece la inenajenabilidad de los bienes nacionales de uso público; pero así resulta de la propia destinación de ellos. Pero hay preceptos que suponen la inenajenabilidad de las cosas en referencia, así, el artículo 1.105 declara que no vale el legado de cosas que al tiempo del testamento sean de propiedad nacional o municipal y de uso público.

Nuestra Corte Suprema ha declarado reiterada e invariablemente que sobre los bienes nacionales de uso público no cabe alegar posesión exclusiva o dominio privado.

Por otra parte, su imprescriptibilidad es una consecuencia del carácter inenajenable. Por la prescripción adquisitiva solo se puede ganar el dominio de los bienes raíces o muebles que están en el comercio (artículo 2.498 del Código Civil) ergo, no puede adquirirse por inscripción el dominio de los bienes nacionales de uso público.

Otra consecuencia de la inenajenabilidad es la inalienabilidad, los bienes públicos en su carácter de tales no pueden enajenarse; no pueden venderse, hipotecarse ni embargarse.

Debe tenerse presente que solo la ley puede autorizar la enajenación de bienes del Estado o de las Municipalidades (artículo 60 N° 10 de la Constitución Política de la República). Pero respecto de los bienes nacionales de uso público es necesario, además, que la ley declare su desafectación, es decir, su sustracción al dominio público. En esta forma el bien pierde su carácter de público y puede pasar al dominio privado.

12. De conformidad con lo estatuido en el artículo 5° letra c) del Decreto Supremo N° 662, de 16 de junio de 1992, del Ministerio del Interior, que fijó el texto refundido de la Ley N° 18.695, Orgánica Constitucional de Municipalidades, dichas corporaciones tienen la atribución

esencial de uso público existentes en la comuna, salvo los que por su naturaleza o fines y de conformidad a la ley, su administración corresponda a otros órganos de la Administración del Estado.

En consecuencia, estando el estero Los Molles, ubicado en la comuna de La Ligua, corresponde a la Entidad Edilicia que ejerce jurisdicción sobre esa comuna su administración, salvo que la ley la haya entregado a otro órgano de la Administración del Estado, situación esta última que no acontece en la especie.

13. Como se ha indicado, cuando el peticionario no es dueño del inmueble en donde se ubica la captación de agua subterránea, debe obtener el permiso o autorización del dueño del predio, para que este Servicio pueda constituirle originariamente el derecho de aprovechamiento de aguas.

El artículo 22 inciso 2° de la Resolución D.G.A. N° 186, de 1996, estatuye que si la obra de captación está ubicada en un bien de uso público se requerirá la autorización del organismo bajo cuya administración se encuentre.

La administración de los bienes nacionales de uso público que existen en la comuna, corresponde a la Entidad Edilicia que tiene tuición sobre ella (artículo 5° letra c) Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades).

El derecho de aprovechamiento de autos fue solicitado por Comercial e Inmobiliaria La Paz S.A., desde una captación que se ubica en un bien nacional de uso público, el estero Los Molles, situado en la comuna de La Ligua.

Ahora bien, la Municipalidad de La Ligua, autorizó con fecha 29 de octubre de 1997, a la sociedad anónima para construir y explotar el pozo ubicado en el estero Los Molles, en las coordenadas UTM N 6.431.240 m. y E 265.225 m.

De lo expuesto se tiene que en la especie, se ha dado cumplimiento a la exigencia establecida en el artículo 22 inciso 2° de la Resolución D.G.A. N° 186, de 1996.

14. En otro orden de ideas es menester señalar que el Decreto con Fuerza de Ley N° 2.090, del 30 de julio de 1993, dictado en virtud de las facultades concedidas al Presidente de la República, por Ley N° 4.795, establece en su artículo 1° que el Instituto Geográfico Militar constituye con carácter permanente la autoridad oficial, en representación del Estado, en todo lo que se refiere a la geografía, levantamiento y confección de cartas del territorio.

Ahora bien, en la Carta El Arrayán escala 1:25.000, Datum 1969, del IGM, aparece como un cauce natural el estero Los Molles, esto es, un bien nacional de uso público.

Como se ha indicado, acorde con la disposición legal citada la carta geográfica del IGM, es la que tiene la autoridad oficial en todo lo concerniente a la geografía del territorio, ergo, resulta indubitable el carácter o categoría de bien público del mencionado estero.

15. Por otra parte, cabe consignar que de conformidad con lo estatuido en el artículo B.1. del Decreto Supremo N° 609, del 31 de agosto de 1978, del ex Ministerio de Tierras y Colonización, corresponde al Ministerio de Bienes Nacionales (artículo 14 Decreto Ley N° 3.274, de 1980) la fijación de los deslindes de los bienes nacionales de uso público que constituyen los cauces de los ríos, lagos y esteros, conforme al procedimiento que en dicho acto formal se establece.

Según consta del Certificado N° 564, del 19 de febrero de 1997, emitido por el Secretario Ministerial de Bienes Nacionales de la Quinta Región, actualmente existe en dicha Repartición el expediente N° 930.108, referido a la fijación de los deslindes del bien nacional de uso público denominado Estero Los Molles.

A mayor abundamiento, es útil precisar que según lo establece el artículo 6 del citado Decreto Ley N° 609, de 1978, en el proceso de fijación de deslindes de los bienes nacionales de uso público que constituyen cauces de esteros, interviene el Departamento de Obras Fluviales, de la Dirección de Vialidad.

Ahora bien, acorde con lo informado por dicha Repartición al SEREMI de Bienes Nacionales de la Quinta Región, el cauce fluvial denominado estero Los Molles es un bien nacional de uso público. Dicha conclusión se consigna en el ORD. N° 407, del 25 de marzo de 1994.

16. Como puede observarse S.S. Iltma., el carácter de bien nacional de uso público del estero Los Molles, aparece de manifiesto del contenido de los antecedentes precedentemente citados emanados de la Municipalidad de La Ligua, del Instituto Geográfico Militar, del Ministerio de Bienes Nacionales, del Departamento de Obras Fluviales de la Dirección de Vialidad, sin perjuicio de la normativa legal citada pormenorizadamente en el presente oficio.

Los recurrentes sostienen que en la especie se estaría en presencia de un cauce natural de corriente discontinua formada por aguas pluviales, el que de conformidad con lo prevenido en el artículo 31 del Código de Aguas sería de su dominio, pues se encuentra dentro de su predio.

Al respecto cabe precisar que tal circunstancia excepcional no se encuentra acreditada por los recurrentes, a quienes corresponde precisamente la carga de la prueba, por lo demás, dicho aserto en caso alguno desvirtúa lo expresado por el Ministerio de Bienes Nacionales y por el Departamento de Obras Fluviales de la Dirección de Vialidad, en el sentido de que el estero Los Molles es un

bien nacional de uso público, constituido por un cauce fluvial.

Además, resulta del caso puntualizar que la circunstancia que un bien nacional de uso público (río, estero, lago, etc.), atraviere o cruce una parte de un predio o inmueble de propiedad particular, no hacen variar la naturaleza jurídica del bien público.

Por otra parte, como se ha señalado, dicha categoría de bien no se encuentra dentro del comercio humano, ergo, es inalienable, imprescriptible e inembargable. Asimismo, como lo ha resuelto la jurisprudencia de nuestros Tribunales Superiores de Justicia, sobre los bienes nacionales de uso público no cabe alegar posesión exclusiva o dominio privado.

Debe tenerse presente que para que un bien nacional de uso público (dominio público) pueda pasar al dominio privado, debe ser desafectado por el legislador de su calidad de tal.

En la especie, no consta que el legislador haya desafectado el estero Los Molles, de suerte que los recurrentes, por lo estatuido en los artículos 30 del Código de Aguas, 589, 1.105 y 2.498 del Código Civil; 5 letra c) del Decreto Supremo N° 662, de 1992, del Ministerio del Interior jamás han adquirido por tradición ni por prescripción el dominio de parte del cauce o álveo del citado bien público que se encuentra dentro del Lote N° 14, de Parte de la Hacienda Huaquén.

17. Habida consideración a lo precedentemente expuesto y disposiciones legales y reglamentarias citadas, procede que ese Iltmo. Tribunal declare sin lugar el recurso de autos, por carecer de todo fundamento jurídico, y condene expresamente en costas a los recurrentes por no existir motivo plausible para deducir la acción de autos, toda vez que el estero Los Molles es un bien nacional de uso público, que por eso mismo se encuentra fuera del comercio humano, y respecto del cual resulta jurídicamente insostenible alegar posesión exclusiva o dominio privado.

Es todo cuanto puedo informar a S.S. Iltma. al tenor del recurso de autos.

Dios Guarde a US. Iltma.,

HUMBERTO PEÑA TORREALBA
Ingeniero Civil
Director General de Aguas

FPVH [FERNANDO PATRICIO VALDÉS HERNÁNDEZ,
Abogado, Departamento Legal]

NOTAS SOBRE EL ALUVIÓN EN EL DOMINIO FLUVIAL

José Pablo Vergara Bezanilla

Voces: DERECHO DE AGUAS - CAUCES DE AGUA

Título: NOTAS SOBRE EL ALUVIÓN EN EL DOMINIO FLUVIAL

Autor: José Pablo Vergara Bezanilla

Cita: MJD250

Producto: Microjuris

Sumario:

Publicada en Revista del Consejo de Defensa del Estado N° 6, Abril de 2002

José Pablo Vergara Bezanilla (*)

El aluvión, una especie de acesión del suelo, está definido en el Código Civil como "el aumento que recibe la ribera de la mar o de un río o lago por el lento e imperceptible retiro de las aguas" (artículo 649). En estas notas nos referiremos sólo al aluvión que se presenta en los ríos.

I.

Todo río se compone del cauce o álveo, del agua corriente y de las riberas.

El cauce o álveo es el suelo que el agua ocupa y desocupa alternativamente en sus creces y bajas periódicas (artículo 30, inciso 1º, Código de Aguas). Este suelo es de dominio público y no accede mientras tanto a las heredades contiguas (ídem inciso 2). La misma regla se aplica a los álveos de corrientes discontinuas de uso público, esto es, a aquellos en que la corriente de las aguas se interrumpa o fluya intermitentemente, los que, en consecuencia, son también de dominio público (artículo 31 Código de Aguas). Se exceptúan los cauces naturales de corrientes discontinuas formadas por aguas pluviales, los cuales pertenecen al dueño del predio (mismo artículo).

Las aguas son bienes nacionales de uso público y se otorga a los particulares el derecho de aprovechamiento de ellas en conformidad a las disposiciones del Código de Aguas (artículo 5 de ese Código y artículo 595 Código Civil).

Las riberas o márgenes son las zonas laterales que lindan con el cauce o álveo (artículo 33 Código de Aguas). Están, pues, constituidas por las fajas de tierra que, situadas fuera del álveo, lo encausan o delimitan por sus dos costados y que, por eso, no son ocupadas por el agua en sus crecidas máximas. Estas riberas pertenecen a los propietarios ribeños, y tratándose de ríos navegables y flotables están afectas a la servidumbre de camino de sirga en conformidad a los artículos 103 y siguientes del Código de Aguas.

Cabe señalar que la ley brinda una especial protección, por su importancia social, a los bienes nacionales de uso público, entre los cuales se encuentra el cauce de los ríos. Con tal finalidad entrega al Ministerio de Bienes Nacionales el control superior de esos bienes, sin perjuicio de la competencia que, sobre la misma materia, asigna a otras entidades (artículo 1º, inciso 2, del DL 1939, de 1977). Entre esas otras entidades dotadas de competencia en materia fluvial cabe mencionar a los Gobiernos Regionales (artículo 4, letra h, de la Ley 19.175), al Ministerio de Obras Públicas y a algunos servicios dependientes de éste.

De acuerdo con el texto refundido de la ley orgánica de dicho Ministerio, aprobado por el D.F.L. 850, de 1997 (Diario Oficial del 25-02-1998), esa Secretaría de Estado tiene a su cargo la "aplicación de las normas legales sobre defensa y regularización de riberas y cauces de los ríos, lagunas y esteros, que se realicen con aporte fiscal" (artículo 3, letra d); y al Director General de Obras Públicas, dependiente de ese ministerio, le corresponde "el estudio, proyección, construcción y conservación de las obras de defensa de terrenos y poblaciones contra crecidas de corrientes de agua y regularización de las riberas y cauces de los ríos, lagunas y esteros, de acuerdo al procedimiento" que la misma ley señala, como "asimismo le compete indicar los deslindes de los cauces naturales con los particulares ribereños para los efectos de la dictación por el Ministerio de Bienes Nacionales del decreto supremo correspondiente" (artículo 14, letra l).

Por otra parte, el Código de Aguas encarga a la Dirección General de Aguas "la policía y vigilancia de las aguas en los cauces naturales de uso público e impedir que en éstos se construyan, modifiquen o destruyan obras sin la autorización del Servicio o autoridad a quien corresponde aprobar su construcción o autorizar su demolición o modificación" (artículo 299, letra c); y le entrega diversas otras atribuciones relacionadas con las modificaciones que fuere necesario realizar en cauces naturales (artículos 41, 171 y 172).

II.

Los ríos son dinámicos y la corriente de las aguas es fluctuante. En sus creces y bajas periódicas ocupan y desocupan alternativamente el suelo del cauce, sin que por ello éste pierda su condición de tal, lo que vale aun tratándose de corrientes discontinuas (artículo 31 Código de Aguas), esto es, que se interrumpan o fluyan intermitentemente.

No obstante, cuando en forma lenta e imperceptible las aguas se han retirado provocando un aumento de las riberas, se presenta el fenómeno del aluvión (artículo 649 Código Civil).

El aluvión es una modalidad de la accesión propiamente tal o continua, conforme a la cual el dueño de una cosa pasa a serlo de lo que se junta a ella (artículo 643 Código Civil). En tal carácter el aluvión configura una de las situaciones en que se produce la accesión de inmueble a inmueble, especie de accesión continua que el Código Civil denomina "accesiones del suelo", en cuya virtud el aumento que experimentan las riberas de un río por el lento e imperceptible retiro de las aguas accede a las propiedades ribereñas dentro de sus respectivas líneas de demarcación, prolongadas directamente hasta el agua (artículos 649 y 650, Código Civil).

Teniendo en vista que, como ya se ha dicho, el suelo que el agua ocupa y desocupa alternativamente en sus creces y bajas periódicas forma parte del cauce (artículo 30, inciso 1, Código de Aguas), la doctrina está conteste en que para que se produzca el aluvión se requiere que las aguas se hayan retirado completa y definitivamente (1). De aquí que la parte del álveo hasta donde antes llegaban las aguas en sus crecidas periódicas máximas, debe quedar en seco, también de manera permanente y definitiva, para que tenga lugar el fenómeno del aluvión (2).

Esa parte del cauce que queda en seco por el lento e imperceptible retiro de las aguas, añadiéndose en forma efectiva y definitiva a las riberas y, por tanto, aumentándolas, es lo que constituye el terreno de aluvión.

Pero lo anterior no basta para que el terreno de aluvión acceda en dominio a las propiedades riberanas. Una condición más hay que agregar. La accesión propiamente tal y, por tanto, la accesión de inmueble a inmueble es el resultado de "la unión de dos o más cosas originalmente separadas, que pasan a formar un solo todo indivisible" (3); o dicho en otra forma, esa clase de accesión "es la que resulta al agregarse una cosa a otra distinta y que forman un todo que tiene individualidad propia" (4). De aquí que siendo la unión de un inmueble a otro el hecho material al que la ley atribuye la virtud de operar la adquisición del dominio, el aluvión supone que el terreno que ha quedado en descubierto por obra del definitivo retiro de las aguas se una a la ribera de modo que forme con ella un solo y mismo todo indivisible. Como expresa Claro Solar: "El aluvión es formado por obra de la naturaleza, *vi ac potestate rei*, que insensiblemente va trayendo y acumulando las materias que lo constituyen y que se unen a la ribera formando un solo y mismo todo con ella" (5). Este postulado, por lo demás, es de antigua tradición. Como recuerda Pothier, ya Gayo enseñaba que los terrenos de aluvión deben llegar a ser parte del predio y unirse a él formando un solo y mismo todo. Y el propio Pothier expresaba que la accesión requiere que "una cosa se una con la que me pertenece, de manera que ellas hagan juntas un solo y mismo todo"; y a propósito del aluvión decía que las tierras de aluvión, "a medida que la ribera las aporta y las une a mi campo, llegando a ser parte de él, con el cual ellas no hacen sino que un solo y mismo todo, yo adquiero el dominio por derecho de accesión" (6). En consecuencia, si la acción natural de las aguas provoca desniveles entre el río y la ribera, que hagan imposible la unión física de ésta con el cauce, impidiendo que formen un solo y mismo todo indivisible, no puede haber accesión (7).

III.

Puede ocurrir que en el cauce del río se arrojen escombros o se realicen rellenos u otras obras que alteren artificialmente su curso. En estos casos, el suelo que dejare de estar cubierto por las aguas no constituye terreno de aluvión y sigue formando parte del cauce, porque falta el requisito fundamental del modo de adquirir el dominio llamado aluvión consistente en que el aumento de la ribera se produzca por el lento e imperceptible retiro de las aguas (artículo 649 Código Civil). Según el léxico, lento significa "tardo o pausado en el movimiento o en la acción", imperceptible es lo "que no se puede percibir", y percibir es "recibir por uno de los sentidos las imágenes externas". Como ya lo decían las "Institutas" de Justiniano: "Adquieres, según el derecho de gentes, lo que el río añade a tu campo por aluvión. Aluvión es un incremento insensible; y se considera como agregado por aluvión lo que ha sido tan lentamente, que es imposible apreciar en cualquier momento la cantidad que acaba de ser añadida" (8). De

lo cual resulta que si los terrenos no son añadidos a la ribera por la acción natural del río, que en forma lenta e imperceptible se haya ido retirando de ella y dejado permanente y definitivamente en seco una parte del cauce, sino que lo han sido por elementos o fuerzas extrañas al río, no puede haber aluvión. Es por ello que Alessandri afirma que "el terreno quitado al mar o a un río por medio de obras de ingeniería no es aluvión (9).

Por consiguiente, los terrenos ganados al río como consecuencia de rellenos, de obras de defensa o de abovedamiento u otras, realizadas en el cauce, que impidan que las aguas alcancen hasta el punto a que naturalmente llegaban, con anterioridad, en sus crecidas máximas, no reúnen los requisitos que legalmente constituyen y caracterizan al aluvión. Por otra parte, el efecto de la actividad humana es siempre perceptible por los sentidos de inmediato y no en forma lenta e imperceptible, a diferencia del fenómeno natural del aluvión, lo que elimina la posibilidad de que puedan considerarse terrenos de aluvión a los ganados al río en virtud de la acción del hombre. Estos terrenos no acceden, pues, a las propiedades ribejanas y siguen formando parte del cauce, sin perder su condición de bienes nacionales (10).

Se ha fallado que "tratándose de terrenos de relleno que han sido ganados a un río por obras realizadas por terceros, ellos no acceden al propietario ribejan, sino, conforme al artículo 590 del Código Civil, son bienes del Estado", de lo que resulta que "existe, por parte del Fisco, un título y un modo de adquirir, esto es, la ley, ambos constitutivos de dominio y procede su inscripción mediante el procedimiento señalado en el artículo 58 del Reglamento del Registro Conservatorio de Bienes Raíces" (11). Asimismo, se ha resuelto que "los terrenos de relleno ganados al río mediante el vaciamiento de escombros efectuado por un particular en virtud de autorización otorgada por la Intendencia, no acceden a los propietarios ribejanos, sino que pasaron a ser de dominio fiscal en virtud de lo dispuesto en el artículo 590 del Código Civil y que "la validez o ineficacia de la inscripción por minuta a nombre del Fisco carece de trascendencia, puesto que, como se dijo, éste habría adquirido el dominio en virtud de la ley y no a raíz de la mencionada inscripción" (12). Como se ve, esta jurisprudencia confirma la tesis de que los terrenos ganados al río por obra del hombre no constituyen terrenos de aluvión. No obstante, al resolver que esos terrenos son fiscales en conformidad al artículo 590 del Código Civil, da a entender que, por no acceder ellos a las heredades ribejanas y por no haber el Código Civil determinado expresamente a quién pertenecen, pasan a ser tierras sin dueño y, en consecuencia, bienes del Estado de acuerdo con el indicado precepto. Sea o no valedero este fundamento, esto es, sea que se considere que los terrenos ganados al río conservan su condición de bienes nacionales de uso público o que se estime que se transforman en bienes fiscales o del Estado, lo cierto es que, como se ha dicho, en ningún caso acceden a los predios ribejanos.

Es preciso agregar que el fenómeno del aluvión tampoco puede presentarse tratándose de los ríos que han sido canalizados, puesto que, mediante la canalización, el cauce y las ribejan del río quedan fijadas o delimitadas de manera definitiva, lo que impide que experimenten aumentos o disminuciones por la variación de la corriente. Además, faltaría en tal caso el requisito de que el predio sea ribejan, esto es, que limite con la corriente de las aguas. Al respecto, Claro Solar decía que "para que el aluvión se efectúe, es necesario que la ribera forme parte del predio, es decir, que el predio no tenga otro límite que la misma corriente de las aguas. Por consiguiente, el predio no podría estimarse como ribejan, si un río hubiese sido canalizado o se hubieran

construido diques artificiales para contener sus aguas, como ocurría con los antiguos tajamares del río Mapocho de Santiago (13).

De más está decir que los propietarios riberanos no podrían oponerse a la canalización invocando derechos adquiridos sobre los eventuales terrenos de aluvión. La formación de éstos depende de las contingencias propias de la naturaleza y jurídicamente constituye para aquéllos una mera expectativa. Distinto sería si la canalización abarcara parte de la ribera o comprendiera suelos que hubieran ya accedido a las propiedades riberanas a título de aluvión como consecuencia de haberse producido el completo y definitivo retiro de las aguas por obra de la naturaleza, siempre que se reúnan los demás requisitos propios de ese modo de adquirir el dominio. En tal caso, cobraría aplicación lo dispuesto en el artículo 41, en relación con los artículos 171 y 172, del Código de Aguas y, eventualmente, en cuanto afecten a terrenos de particulares, correspondería su expropiación por causa de utilidad pública.

IV.

En cuanto a las obras que se hagan en el álveo o cauce de los ríos, cabe distinguir entre las que realicen los particulares y las que se efectúen con fondos del Estado.

Los primeros no pueden hacer obras o labores en los álveos sin permiso de la autoridad competente (artículo 32 Código de Aguas) (14), salvo aquellas necesarias para ejercer el derecho de aprovechamiento constituido legalmente y sin perjuicio de la facultad de los propietarios riberanos de aprovechar y cultivar el suelo del cauce en las épocas en que no estuviere ocupado por las aguas (mismo artículo). Y en el caso de que el derecho de aprovechamiento comprendiera la concesión de los terrenos de dominio público necesarios para hacerlo efectivo, abandonados estos terrenos, o destinados a un fin distinto, volverán a su antigua condición (artículo 26 Código de Aguas).

Por consiguiente, si los particulares contravinieren la mencionada prohibición, realizando obras en el cauce sin permiso de la autoridad competente, tales obras serían ilegales y no podrían producir efecto jurídico alguno, de manera que el cauce no perdería su calidad de tal y continuaría siendo de dominio público (15).

En cambio, si las obras se efectúan con permiso de la autoridad competente, los efectos que, en lo que se refiere al cauce, produce dicho permiso, están expresamente regulados por el artículo 602 del Código Civil.

Dispone ese precepto:

"Sobre las obras que con permiso de la autoridad competente se construyan en sitios de propiedad nacional, no tienen los particulares que han obtenido este permiso, sino el uso y goce de ellas, y no la propiedad del suelo.

"Abandonadas las obras, o terminado el tiempo por el cual se concedió el permiso, se restituyen ellas y el suelo por el ministerio de la ley al uso y goce privativo del Estado, o al uso y goce general de los habitantes, según prescriba la autoridad soberana.

"Pero no se entiende lo dicho si la propiedad del suelo ha sido concedida expresamente por el Estado".

Este precepto es aplicable tanto a los bienes del Estado o bienes fiscales como a los bienes nacionales de uso público, puesto que "la propiedad nacional" a que alude es comprensiva de ambas categorías de bienes (16).

De él se desprende que, en virtud del permiso, el particular no adquiere la propiedad del suelo, esto es, de la parte del cauce sobre el cual se hayan construido las obras autorizadas. Sólo le otorga la facultad de usar y gozar de las obras, lo que significa, además, que no tiene sobre ellas la potestad de disposición, que es atributo esencial del dominio.

El que abandonadas las obras o terminado el tiempo por el cual se concedió el permiso, el suelo se restituya, por el ministerio de la ley, junto con las obras, al Estado o a la nación, según prescriba la autoridad soberana -lo que dependerá de que se trate de bienes fiscales o de bienes nacionales de uso público, respectivamente-, quiere decir que, no obstante el permiso, el suelo del cauce mantiene su condición de bien nacional. De no ser así, no tendría justificación que el permisionario estuviera en la obligación de restituirlo. Se restituye lo que es ajeno y no lo propio.

En conclusión, el permiso otorgado a los particulares por la autoridad competente no les da derecho de propiedad sobre el cauce; y si las obras realizadas provocan un aumento de las riberas del río, este aumento, de acuerdo con lo expresado en el capítulo anterior, no constituye aluvión.

Distinta es la solución legal cuando las obras se realizan en el cauce con fondos del Estado. En este evento, los terrenos que a consecuencia de ellas dejaren de estar permanentemente, y en forma definitiva, cubiertos por las aguas del mar, de un río o lago, se incorporan al dominio del Estado. Así lo prescribe el artículo 27 del Decreto Ley 1.939, de 1979, que aprobó las normas sobre adquisición, administración y disposición de bienes del Estado. En consecuencia, esos terrenos pierden la calidad de bienes nacionales de uso público en virtud de la desafectación que hace la ley y se transforman en bienes fiscales o del Estado (17).

V.

Otro fenómeno natural que suele presentarse en los ríos y que también puede dar lugar a que se formen terrenos de aluvión es la mutación del álveo a que se refiere el artículo 654 del Código Civil.

Este precepto dispone: "Si un río varía de curso, podrán los propietarios riberanos, con permiso de autoridad competente, hacer las obras necesarias para restituir las aguas a su acostumbrado cauce; y la parte de este que permanentemente quedare en seco, accederá a las heredades contiguas, como el terreno de aluvión en el caso del artículo 650".

Como puede apreciarse, la norma transcrita plantea la hipótesis de que el río varíe de curso, desviándose las aguas en otra dirección. Según las expresiones textuales que emplea el precepto, ello implica que el río abandone "su acostumbrado cauce", total o parcialmente y por tanto pase a formar uno nuevo sobre suelos que antes no ocupaba (18). En tal evento, los propietarios riberanos se ven privados de la parte de sus tierras en que las aguas han labrado el nuevo cauce; y por ello, la ley les otorga la facultad de recurrir a la autoridad competente solicitándole permiso para realizar las obras

destinadas a restituirlas a su acostumbrado cauce, a fin de mantener el estado de cosas existente con anterioridad a la variación del curso del río.

Ahora bien, si a pesar del esfuerzo de los propietarios riberaños para restituir a su acostumbrado cauce a las aguas que han invadido sus tierras no lograren la recuperación de éstas, la parte del cauce que quedare permanentemente en seco accede a las propiedades contiguas, como el terreno de aluvión. Pero esto no se produce como consecuencia de las obras realizadas en el cauce por los riberaños, sino por imposición de las fuerzas naturales que han hecho variar el curso del río antes de que se realicen aquellas obras. La doctrina nacional está conteste en que la mutación del álveo a que se refiere el artículo 654 del Código Civil es consecuencia de un fenómeno natural, ajeno a la intervención de la industria humana, en cuya virtud el cauce abandonado deja de estar destinado al uso público (19).

La autoridad competente para otorgar el permiso a que se refiere el artículo 654 del Código Civil es la Dirección General de Obras Públicas, de acuerdo con lo que dispone la letra l) del artículo 14 de la Ley Orgánica del Ministerio de Obras Públicas (cuyo texto definitivo fue fijado por el D.F.L. N° 850, de 1997, publicado en el Diario Oficial del 25 de febrero de 1998). Este precepto tuvo su origen en la Ley 4.145, que fue sustituida por la Ley 11.402, de 1953, y el procedimiento para su aplicación está previsto en los artículos 91 a 101 del mencionado D.F.L. N° 850, de 1997.

En conformidad a las citadas normas, las obras de defensa y regularización de las riberas y cauces pueden ser realizadas por cuenta exclusiva de los particulares, en cuyo caso corresponde a la Dirección General de Obras Públicas autorizar y vigilar dichas obras; o bien, pueden ser ejecutadas por aquella Dirección General a solicitud del o de los propietarios riberaños o por iniciativa fiscal. Si las obras son realizadas por la Dirección, el valor de las mismas debe ser pagado en un 65% por el Fisco y en un 35% por los particulares, salvo algunas excepciones en que la cuota fiscal puede elevarse hasta el 80%.

Lo anterior debe entenderse sin perjuicio de las facultades que el Código de Aguas entrega a la Dirección General de Aguas, entre otros en su artículo 299, letra c) (sustituido por Ley 18.373), que le encarga "ejercer la policía y vigilancia de las aguas en los cauces naturales de uso público e impedir que en éstos se construyan, modifiquen o destruyan obras sin la autorización del servicio o entidad a quien corresponda aprobar su construcción o autorizar su demolición o modificación".

VI.

En resumen, tanto el aluvión como la mutación del álveo, al igual que las demás formas de accesión de inmueble a inmueble, requieren, para constituir modos de adquirir el dominio, que se produzcan como consecuencia de fenómenos naturales y no por obra del hombre. Tan es así que la doctrina denomina "accesión de inmueble a inmueble o natural" a la que tiene lugar en tales hipótesis, destacando con el calificativo de "natural" la necesidad de que dichas formas de accesiones del suelo sean el resultado de la acción de la naturaleza, sin la intervención del hombre (20).

Ello, por lo demás, se desprende del artículo 785 del Código Civil, según el cual "el usufructo de una heredad se extiende a los aumentos que ella reciba por aluvión o por

otras accesiones naturales". Este precepto deja, así, perfectamente en claro que el aluvión es una de las formas de accesión natural.

VII.

Claro Solar, sin embargo, era de otra opinión. Siguiendo el criterio general, expresaba que "según el artículo 649, el aluvión se forma por el lento e imperceptible retiro de las aguas, es decir, por la acción natural de la corriente de las aguas que va dejando sedimentos poco a poco y levantando así su lecho o que va dejando en seco el terreno del cauce". Pero enseguida afirmaba que "poco importa, por lo demás, la causa que haya podido provocar la acción natural de las aguas o que haya podido favorecer la formación del aluvión. Existirá no solamente en el caso de ser la obra exclusiva de la naturaleza, sino también cuando los ribeños o terceros, y entre éstos el Estado, han ejecutado trabajos en el cauce de las aguas o en sus riberas que han aumentado los sedimentos arrastrados por las aguas modificando el curso de la corriente. Así los trabajos que un ribeño puede ser autorizado para efectuar en el cauce a fin de defenderse de la inundación de las aguas podrían favorecer la formación de terrenos de aluvión, y los propietarios de la ribera opuesta no podrían quejarse porque ellos pueden hacer análogos trabajos. Algunos autores han sostenido, sin embargo, que todo debe ser la obra exclusiva de la naturaleza en la formación de los terrenos de aluvión; pero la generalidad piensa lo contrario, porque todo ribeño tiene un gran interés en defenderse contra la obra destructora de las aguas en sus riberas y hacer plantaciones o diques u otras obras defensivas con tal que no sean hechas en forma de cambiar la corriente de las aguas y echarlas sobre la otra ribera" (21).

En lo que se refiere a los trabajos realizados en el cauce por el Estado, esa opinión de Claro Solar está actualmente contradicha por texto legal expreso, puesto que, como ya se ha señalado, el artículo 27 del Decreto Ley 1.939, de 1979, dispone que se incorporan al dominio del Estado los terrenos que, a consecuencia de obras realizadas con fondos del Estado, dejaren de estar permanentemente y en forma definitiva cubiertos por las aguas.

Con relación a los demás trabajos, esto es, a los ejecutados en el cauce por los ribeños o terceros, el planteamiento de Claro Solar cae en contradicción. Por una parte admite que "la acción natural de las aguas" es la que causa el aluvión y por otra atribuye al hombre la posibilidad de provocar esa acción natural, lo que constituye un contrasentido. En efecto, o la acción de las aguas es natural o es artificial; no puede ser al mismo tiempo natural y provocada. Si esto último ocurriera no sería "la acción natural" de las aguas la causa del aluvión, sino la manipulación humana que habría producido el retiro de las mismas. Por otra parte, no se entiende la razón por la cual el interés que tienen los ribeños en defenderse de las aguas pueda servir de fundamento para sostener, como él lo hace, que el aluvión se puede formar por la acción del hombre, sobre todo si al mismo tiempo afirma que las obras defensivas no deben ser hechas en forma de cambiar el curso de la corriente.

El análisis de la obra de Claro Solar permite advertir que la tesis por él sustentada sobre este punto tiene su raíz en el fundamento que atribuía al aluvión como modo de adquirir el dominio por los propietarios ribeños. Al respecto sostenía que "el verdadero principio en que está fundada la atribución del aluvión a las propiedades ribeñas en que se efectúa está en que el lecho de las aguas pertenece a los ribeños" porque "en la

calificación de los ríos que hace la ley, como en la calificación de lagos de uso público, sólo se refiere a las aguas, sin hacer declaración sobre los cauces o lechos. Aunque los ríos y todas las aguas que corren por cauces naturales son bienes nacionales de uso público, no pueden estimarse bienes nacionales de uso público los cauces por los cuales corren, los que no pueden considerarse separadamente de las aguas y los que dejan de ser tales si las aguas desaparecen" (22).

Como consecuencia de este planteamiento, es explicable que Claro Solar sostuviera, en su época, que mientras las aguas corren por los cauces, éstos no pueden considerarse separadamente de aquellas, que son bienes nacionales de uso público; y que, en cambio, si por cualquier causa -entre ellas la obra del hombre- las aguas desaparecen, los cauces dejan de ser tales, para volver a las propiedades ribe-ranas.

No obstante, ni aun bajo la sola vigencia del Código Civil tal criterio fue compartido por la doctrina. Si bien ésta no se ocupó expresamente de definir el dominio de los cauces de los ríos, limitándose a señalar que formaban parte del dominio público los ríos y todas las aguas que corren por cauces naturales, cabía entender que si los propietarios ribe-ranos adquirían por accesión el aumento que recibiera la ribera por el lento e imperceptible retiro de las aguas, era porque el cauce no les pertenecía. No por estimarse, entonces, verdadera la hipótesis de que el Código Civil hubiera guardado silencio sobre la calidad de bien nacional de uso público del cauce de los ríos, podía afirmarse que éste perteneciera a los propietarios ribe-ranos. Por el contrario, en tal caso debió haberse concluido, contra la opinión de Claro Solar, que a falta de ley que les atribuyera ese dominio, el cauce era una tierra sin dueño, y que, en consecuencia, conforme al artículo 590 del Código Civil, pertenecía al Estado.

Con todo, lo anterior no es más que un mero recuerdo histórico, pues hoy día la citada opinión de Claro Solar es inaceptable, atendido que existe solución legislativa expresa. En efecto, el Código de Aguas -que no regía en la época en que él escribió su obra- define, en su artículo 30, al álveo o cauce como "el suelo que el agua ocupa y desocupa alternativamente en sus creces y bajas periódicas" y prescribe imperativamente que "este suelo es de dominio público y no accede mientras tanto a las heredades contiguas" (inciso segundo). No puede, entonces, sostenerse actualmente que el cauce pertenezca a los ribe-ranos, porque ello iría contra el texto expreso de la ley. La regla recién mencionada, conforme al artículo 31 de aquel Código, es aplicable "también a los álveos de corrientes discontinuas de uso público", lo que significa que aun los cauces en que la corriente se interrumpa o fluya intermitentemente son de dominio público.

Es dable señalar, por otra parte, que en diversos pasajes de su obra Claro Solar reconoce que el aluvión es un fenómeno natural. Así, refiriéndose al momento en que queda formado definitivamente el aluvión, expresa: "En los ríos el aluvión no quedará formado sino cuando en estas creces periódicas las aguas dejan descubierta parte del suelo que constituía su lecho o no cubren los sedimentos que han agregado a la ribera lenta e imperceptiblemente, obligando a las aguas a retirarse lenta e imperceptiblemente también" (23). Y a propósito de la atribución del terreno de aluvión, acota: "El aluvión es formado por obra de la naturaleza, vi ac potestate rei, que insensiblemente va trayendo y acumulando las materias que lo constituyen y que se unen a la ribera formando un solo y mismo todo con ella" (24).

Cabe, pues, concluir que la opinión del ilustre tratadista en cuanto a que el cauce de los ríos pertenece a los propietarios riberaños y que esta pertenencia sería el fundamento del aluvión, está hoy día descartada por el derecho vigente. Asimismo, la tesis por él propugnada de que el aluvión puede ser provocado por la acción del hombre -que, como hemos visto, aparece debilitada en su propia obra- no es compartida por la doctrina y se apoya en razones que no permiten desvirtuar el principio jurídico, sólidamente sustentado, de que el aluvión es siempre un fenómeno exclusivamente natural.

Santiago, enero de 2002.

VIII. Notas y referencias bibliográficas

(*) JOSÉ PABLO VERGARA BEZANILLA. Abogado Asesor del Consejo de Defensa del Estado y ex Abogado Consejero.

(1) Claro Solar, Luis, "Explicaciones de Derecho Civil Chileno y Comparado", tomo VII, "De los Bienes II", Imprenta Cervantes, Santiago, 1932, N° 612, pág. 146; Alessandri Rodríguez, Arturo, "Derecho Civil", tomo II, "De los Bienes", Ed. Zamorano y Caperán, Santiago, 1937, pág. 84; Vodanovic H., Antonio, "Curso de Derecho Civil" basado en las explicaciones de los profesores Alessandri y Somarriva, tomo II, "De los Bienes", 2ª edición. Ed. Nascimento, Santiago, 1957, N° 407, pág. 290; Rozas Vial, Fernando, "Los Bienes", Editorial Jurídica Conosur, Santiago, 1998, N° 155, pág. 147; Kiverstein H., Abraham, "Síntesis del Derecho Civil, Bienes", 4ª edición, Editorial La Ley, Santiago, 2000, N° 77, pág. 86.

(2) Es de advertir que determinar cuál es el período de tiempo o período de retorno que debe considerarse para precisar las alturas o crecidas máximas alcanzadas por el río es una materia técnica no regulada por la ley. Con todo, es claro que no puede fijarse una regla absoluta y uniforme para todos los cauces, puesto que esa determinación dependerá de las condiciones pluviométricas y nivales, de las características de la cuenca u hoya hidrográfica del caudal de aguas y del régimen hidrológico de cada corriente en particular. Es así que en algunos ríos las crecidas máximas suelen presentarse con relativa regularidad en lapsos más o menos largos de tiempo, lo que no obsta para considerarlas periódicas si los criterios técnicos llevan a esa conclusión.

(3) Peñailillo A, Daniel: "Los Bienes", Editorial Jurídica de Chile, 3ª edición, año 2001, N° 88, pág. 124.

(4) Rozas Vial, Fernando, ob. cit., N° 150, pág. 141, y N° 154, pág. 146, letra a).

(5) Ob. cit., N° 614, pág. 148.

(6) Oeuvres de Pothier, publicadas por M. Siffrein, novena edición, G.L. Chanson, tomo X, París, 1921, Nos. 156 y 157, pág. 87.

(7) Así ocurre, por ejemplo, en los casos -no infrecuentes- en que a través del tiempo las aguas han ido erosionando el cauce, formando verdaderos acantilados o abruptos cortes, en uno o en sus dos costados, lo que obviamente impide que aquél pueda juntarse o unirse con las propiedades riberañas. En tales casos, el río y las riberas conservan su

individualidad propia, lo que constituye la antítesis de lo que es la accesión propiamente tal en cuanto modo de adquirir el dominio.

(8) "Instituciones de Justiniano" (Libro Segundo, título I, párrafo 20), edición bilingüe por M. Ortolán, Bibliográfica Omeba, Buenos Aires, 1960, pág. 87.

(9) Ob. cit., pág. 84. En el mismo sentido, Vodanovic, Antonio, ob. cit., N° 407, pág. 290.

(10) Tan es así que la Ley 3.814, de 1921, que autorizó la inversión de fondos para la prolongación de la canalización del río Mapocho, dispuso, en su artículo 3, que los terrenos que se ganen al río con motivo de la ejecución de las obras serán enajenados en subasta pública y su producido se destinará a la amortización de los bonos emitidos conforme a esa ley. Como se ve, al disponer su enajenación a beneficio fiscal, la norma dejó en claro que los terrenos ganados al río por obra de los trabajos efectuados en el cauce siguen formando parte del dominio público y no acceden, por tanto, a las propiedades riberanas.

(11) Corte Suprema, 3 de julio de 1986, Fallos del Mes N° 332, pág. 428, sentencia que confirma la de la Corte de Apelaciones de Concepción que estableció la doctrina arriba indicada.

(12) Corte Suprema, octubre de 1985, Fallos del Mes N° 323, pág. 690, sentencia que confirmó el fallo de la Corte de Apelaciones de Concepción que contiene los fundamentos arriba indicados.

(13) Ob. cit., N° 610, pág. 144.

(14) Ver, además, los artículos 41 y 171 del Código de Aguas.

(15) Ver el artículo 172 del Código de Aguas, relativo a la realización de obras omitiendo el permiso de la autoridad competente.

(16) La misma expresión "propiedad nacional" emplea el artículo 599 del Código Civil, comprendiendo en ella indistintamente a bienes nacionales de uso público y a bienes fiscales, con lo que deja en claro que aquella expresión se refiere a ambas categorías de bienes públicos.

(17) Así ocurrirá, por ejemplo, cuando en el cauce de los ríos se hagan con fondos del Estado obras de defensa o de abovedamiento u otras obras de interés público. Los terrenos que queden en descubierto al ejecutarse esas obras no acceden a las heredades contiguas, sino que se incorporan al dominio privado del Estado.

(18) En el derecho romano, esta forma de accesión recibía el nombre de alveus derelictus, por ser producto del abandono que del antiguo álveo hace el río.

(19) En este sentido: Alessandri Rodríguez, Arturo, ob. cit., pág. 86; Vodanovic, Antonio, ob. cit., N° 411, pág. 293; Claro Solar, Luis, ob. cit., N° 643, pág. 173.

Este último, para justificar el precepto en cuanto otorga a los propietarios la facultad de ejecutar las obras que sean necesarias para restituir las aguas a su acostumbrado cauce, dice que "dejar a los propietarios entregados a las contingencias de la corriente habría sido una injusticia"; y refiriéndose a los propietarios de los terrenos en que el río ha formado nuevo cauce, expresa que "para ellos la pérdida del terreno en que el río labra su nuevo curso es definitiva y sin compensación, como toda pérdida debida a las fuerzas naturales".

Ver, además, infra nota 20.

(20) V. Alessandri Rodríguez, Arturo, ob. cit., pág. 83 ; Vodanovic H., Antonio, ob. cit., pág. 289; Pescio V. Vitorio, "Manual de Derecho Civil", Tomo IV, Editorial Jurídica de Chile, Santiago, 1951, N° 881, pág. 285 (apartado 1°); Kiverstein, Abraham, ob. cit., N° 76, pág. 85; Peñailillo Arévalo, Daniel, ob. cit., N° 89, pág. 125; Rozas Vial, Fernando, ob. cit., N° 152, pág. 143 y N° 154, pág. 146.

(21) Ob. cit., N° 608, pág. 143. Es de señalar que el autor cita diversos autores franceses que sustentan que el aluvión tiene que ser obra exclusiva de la naturaleza; pero no menciona ninguno que sostenga lo contrario.

(22) Ob. cit., N° 614, pág. 150.

(23) Ob. cit., N° 612, pág. 147.

(24) Ob. cit. N° 614, pág. 148.

Revista de Derecho, N° 6 (abril 2002).