

UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

Profesor Patrocinante : Dr. Álvaro Suazo Schwencke.

**“EFECTOS EN LA MORFOLOGÍA DEL
ESTERO PUREMA DERIVADOS DEL
TSUNAMI DE 2010”**

Proyecto de Título presentado en conformidad a los requisitos para obtener el Título de Ingeniero
Civil

MIGUEL ESTEBAN REYES CAMUS

Concepción, Marzo 2014

*Dedicado a mi familia por darme
el aliento necesario para seguir adelante,
por su confianza y fe.*

Agradecimientos

Primero que todo agradezco a Dios, por ser el sostén de mi vida.

A mis padres Miguel Reyes y Miriam Camus por su apoyo, y sabias palabras de ánimo en los momentos difíciles. A mi hermana Gisela, que me entrego todo su apoyo para realizar este sueño, mi hermano Danilo quien siempre puso la confianza en mi y mi hermana Fabiola que me entrego su incondicionalidad frente a todas las dificultades, sin ellos nada de esto estaría pasando y por supuesto a Daniela San Martín por darme todo su amor y apoyo en esta carrera que llamamos universidad. Mis sobrinos que llenaron de alegría este camino. Amigos y familiares no tengo más que decir, gracias por todo lo que me han dado en estos 6 años de vida.

ÍNDICE GENERAL.

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
1. Introducción.....	3
1.1. Justificación.....	4
1.2. Alcances de la investigación	4
1.3. Antecedentes	5
1.4. Objetivos de la investigación	5
1.4.1. Objetivo general.	5
1.4.2. Objetivos Específicos	5
2. Revisión Bibliográfica	6
2.1. Clasificación morfológica de los ríos.....	6
2.2. Sinuosidad de los cauces.	7
2.3. Perfil longitudinal.....	9
3. Metodología.....	10
3.1. Clasificación morfológica del estero Purema.....	10
3.2. Análisis morfológico en planta.....	11
3.3. Análisis morfométrico.....	12
3.4. Desempeño hidráulico estero Purema..	12
3.5. Obtención de muestras..	13
3.6. Clasificación de la capa subsuperficial..	14
3.7. Análisis de transporte de sedimentos de fondo..	14
4. Análisis de Resultados	15
4.1. Clasificación morfológica.	15

4.1.1. Índice de sinuosidad.	15
4.1.2. Clasificación morfológica según Wolman (1964).	16
4.2. Análisis morfométrico del estero Purema.	17
4.3. Análisis comparativo correspondiente al desempeño hidráulico 2007 y 2010.	19
4.4. Caracterización del lecho.	22
4.4.1. Tasas de Arrastre de Fondo.	23
5. Conclusiones y recomendaciones	24
6. Bibliografía	26
ANEXO A: Detalle estimación de caudales, rugosidad y condiciones de borde	28
ANEXO B: Detalle resultados de la modelación con HEC-RAS.	33
ANEXO C: Granulometría de la capa subsuperficial por tramos según Nch 165 of. 77.	45

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura N°1: Clasificación morfológica de Ríos.	7
Figura N°2: Representación del perfil longitudinal y sección transversal tipo	9
Figura N°3: Área de estudio en el valle de Purema.....	10
Figura N°4: Representación del levantamiento topográfico a realizar en terreno.....	11
Figura N°5: MDT del valle Purema 2007	13
Figura N°6: Clasificación de ríos propuestas por Wolman	16
Figura N°7: Variaciones observadas durante el periodo 2010-2013 en el estero Purema	19
Figura N°8: Perfil hidráulico para los caudales y topografías usadas	20
Figura N°9: Zonas de inundación para los caudales máximo con MDT 2007 y topografía 2013	21
Figura N°10: Granulometría de los tramos.	22

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla N°1: Criterio de sinuosidad	8
Tabla N°2: Parámetros usados para la estimación de caudales máximos y mínimos.....	13
Tabla N°3: Sinuosidad por tramos y general correspondiente al periodo de estudio.....	15
Tabla N°4: Variación en los parámetros morfométricos por tramos y general del estero Purema	17
Tabla N°5: Clasificación de muestras de sedimentos del lecho	22
Tabla N°6: Tasas de arrastre de fondo estimado	23

EFFECTOS EN LA MORFOLOGÍA DEL ESTERO PUREMA DERIVADOS DEL TSUNAMI DE 2010

Autor: Miguel Esteban Reyes Camus.

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío-Bío

Correo Electrónico: migreyes@alumnos.ubiobio.cl

Profesor Patrocinante: Dr. Álvaro Suazo Schwencke

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío-Bío

Correo Electrónico: asuazo@ubiobio.cl

RESUMEN

Purema, una de las localidades que fue azotada por el tsunami del 27 de febrero del 2010, afectando al estero de dicha localidad. Generando la posibilidad de realizar un análisis morfométrico y fluvial derivados del paso del tsunami, debido al estado natural en el que se encuentra el estero.

En éste proyecto, se realizó un análisis comparativo de la morfología en planta del estero Purema y del desempeño hidráulico, para un período previo y posterior al tsunami del 2010; verificando los efectos que produjo el tsunami en el estero Purema.

El análisis morfológico se realizó utilizando imágenes satelitales en un período de 10 años, lo que permite estudiar los parámetros más relevantes de la morfología en planta, como son largo, ancho superficial, área e índice de sinuosidad. También se realizó la modelación del desempeño hidráulico contrastando una topografía digital del año 2007 con un levantamiento topográfico en terreno del 2013, las cuales permiten obtener el perfil longitudinal del cauce y las zonas de inundación.

Los análisis entregaron como resultados que existieron cambios inmediatos por el paso del tsunami en la morfología del estero, sin embargo, estas se encuentran dentro de las variaciones de un año normal. Se observó en cuanto al desempeño hidráulico un incremento en las velocidades del flujo de un 52,3% y las zonas inundables abarcan prácticamente en su totalidad al estero Purema en comparación al año 2007. En general el paso del tsunami no generó cambios significativos en la morfología y desempeño hidráulico del estero Purema.

Palabras clave: Estero, morfología, tsunami, desempeño hidráulico, geomorfología fluvial.

Número de Palabras: 5316 Palabras texto + 1 Figuras/Tablas*250= 9316.

EFFECTS ON THE PUREMA STREAM DERIVED FROM 2010 TSUNAMI.

Author: Miguel Esteban Reyes Camus.

Department Civil and Environmental Engineering, University of Bío-Bío

E-mail: migreyes@alumnos.ubiobio.cl

Sponsoring teacher: Dr. Álvaro SuazoSchwencke

Department Civil and Environmental Engineering, University of Bío-Bío

E-mail: asuazo@ubiobio.cl

ABSTRACT

Purema is one of the places that have been heavily damage by the 27th February tsunami 2010 that also includes its stream. Due to this nature event, this stream has not been analyzed, which help us to make morphometric and fluvial studies.

To start with this project, it has been research a comparative analysis of the plants morphology and hydraulic achievement pre and post 2010 tsunami crash in Purema. To do this studies, it has been used satellite images of a 10 years period, that helps to study the parameters most significant of the morphology plants, this must contains long and width of the surface, area and rate of soil contour. The hydraulic achievement modeling method has been measure by the contrasting of a digital topography picture taken in 2007 with a land topographic survey in 2013. The results provide the longitudinal profile of the riverbed and the flooding zone.

The final analysis results consider that there was immediate changes after the tsunami stroke. However, this changes area at a normal year range variation. The hydraulic achievement increases in the speed of the flow in a 52,3%, and the flooding zones are fully complete, compare with 2007 results.

Finally, the tsunami stroke made some important changes in the morphology and hydraulic achievement of the Purema stream.

Keywords: Stream, morphology, tsunami, hydraulic performance, fluvial geomorphology.

1. INTRODUCCIÓN

Chile es un país con la mayor sismicidad en el mundo, por lo que sufre constantes amenazas de tsunamis en su territorio.

El último sismo de gran magnitud registrado en Chile ocurrió el 27 de febrero del 2010. Debido a la localización submarina del epicentro y su proximidad con la costa, un gran número de estragos se presentó en las zonas costeras a causa del tsunami. Esta gran masa de agua azotó las costas chilenas alcanzando, principalmente, a las localidades costeras de la región del Maule y del Biobío. Purema, una localidad afectada por el paso del tsunami, sufrió cambios en la geomorfología del valle y del cauce asociados a este evento sísmico.

Los cauces experimentan un proceso de cambio constante a causa del caudal líquido y sólido; la pendiente del cauce, además de la carga sedimentaria o su nivel de base; lo que genera un equilibrio dinámico del cauce (Schumm, 1977; Conesa, 1999). Por ello existen procesos de cambio que ocurren violentamente, y otros a través de años y siglos. Un ejemplo de los cambios violentos que ocurren en los cauces es el tsunami acontecido el 2010, que generó un gran movimiento de sedimentos afectando rápidamente la morfología en planta del estero Purema, la cual puede tomar años en recuperar la condición previa al tsunami.

Son variados los factores a considerar para estudiar el desarrollo y la evolución de las formas fluviales. El comportamiento se relaciona entre otros, con la topografía y las condiciones geológicas asociadas.

En el presente proyecto de título se analizarán los efectos generados por el paso del tsunami del 27 de febrero 2010, con la finalidad de observar el impacto que éste generó sobre la distribución morfológica en planta y el desempeño hidráulico del estero Purema para las nuevas condiciones geológicas generadas.

1.1. Justificación

El tren de olas generado por el tsunami que arrasó con el valle, modificó la geomorfología del estero y su desempeño hidráulico. El análisis detallado del estero Purema toma importancia, ya que, entrega la posibilidad de estudiar los efectos de un tsunami en un cauce sin intervenir. No ocurre lo mismo en esteros próximos a otras localidades que debido a la cantidad de población urbana, se encuentran canalizados (ej.: estero Dichato). Por lo tanto, en este caso se cuenta con la oportunidad de estudiar la velocidad con que este cauce tiende a recuperar la condición previa al tsunami con las nuevas condiciones geomorfológicas generadas por el evento sísmico ocurrido el 2010.

1.2. Alcances de la investigación

El presente estudio consiste en realizar un análisis morfológico referido a los cambios producidos por el tsunami en planta en el cauce del estero Purema. Asimismo, se incorporará una modelación del desempeño hidráulico del estero para examinar los cambios producidos en las zonas de inundación, como también se realizará un estudio del arrastre de sedimentos.

Con información previa al tsunami, se estudiará su comportamiento morfológico e hidráulico, lo que permitirá contrastar dicha información con la recopilada al 2013 en el presente proyecto de título, donde se tomarán mediciones en terreno apoyado además con la ayuda de imágenes satelitales para estudiar y analizar cómo este cauce se vio afectado por la irrupción del tsunami de 2010.

Para el desarrollo de este proyecto de título se tendrá en consideración que las variables hídricas, cambios de área en la cuenca y climáticas en la zona de estudio, permanecerán sin variaciones dentro del periodo de análisis.

1.3. Antecedentes

La localidad Purema, está ubicada en la comuna de Tomé, VIII Región del Biobío; es la última playa de la comuna de Tomé y limita con la comuna de Coelemu. Se encuentra aproximadamente a unos 60 Km al norte de Concepción. El estero Purema marca el límite costero de las comunas de Tomé y Coelemu, con desembocadura en el océano Pacífico.

La cuenca aportante del estero Purema en la desembocadura tiene un área de 31 Km², y su cauce principal tiene una longitud de 8,9 Km.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo General.

- Analizar como el evento tsunamigénico ocurrido el 2010 afectó la morfología y el desempeño hidráulico del estero Purema.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- Estudiar el estado morfológico en planta durante el período 2003-2013 del estero Purema, verificando los efectos producidos por el tsunami ocurrido el 2010, utilizando para ello imágenes satelitales.
- Estimar y comparar el desempeño hidráulico previo al tsunami y actual del estero Purema.
- Caracterizar los sedimentos presentes en el estero Purema.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

Se define morfología fluvial como el estudio de las variadas formas que caracterizan a los ríos. Implica el estudio de los cambios que experimenta, tanto en su recorrido, como en su sección transversal (Rocha, 1999). La disparidad de los ríos es virtualmente infinita dado que no puede hallarse dos lugares iguales en clima, relieve, geología, hidrología, etc. Sin embargo, algunas características morfológicas frecuentes y significativas permiten predecir y conocer comportamientos que puedan desarrollarse en el tiempo. Este comportamiento fluvial depende mucho de la topografía asociada a las condiciones geológicas.

2.1. Clasificación morfológica de los ríos.

Desde el punto de vista morfológico, existen tres grandes grupos de ríos que se presentan a continuación:

- Ríos rectos: No son frecuentes y en ocasiones resultan del control de estructuras geológicas tales como fallas, pliegues, fracturas, entre otras. Las cuales pueden desarrollar extensas planicies de inundación. Son ríos grandes con una velocidad del flujo lento.
- Ríos entrelazados: Presentan un diseño multicanalizado y de baja sinuosidad. Corresponden generalmente a ríos anchos, cuya pendiente es fuerte, lo que da lugar a pequeños calados. El río corre en forma de varios brazos alrededor de pequeñas islas.
- Meándricos: Están formados por una sucesión de curvas. La característica de estas curvas, es que son muy dinámicas, lo cual no se debe a las propiedades del terreno sino más bien a la naturaleza del comportamiento fluvial.

Las anteriores definiciones son una clasificación ilustrativa de las principales formas de un río, como se puede apreciar a continuación en la figura N°1. Estas formas pueden estar presentes en tramos sucesivos de un río, en un mismo tramo o en función de la pendiente y el caudal en un momento dado.

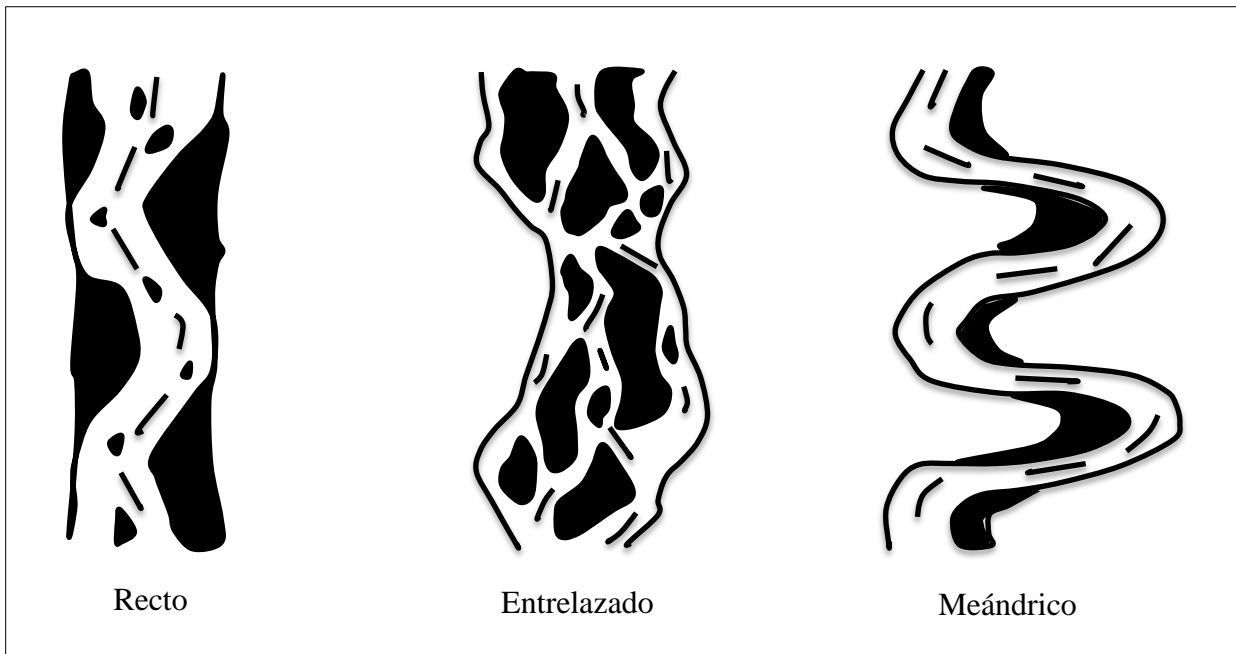


Figura N°1: Clasificación morfológica de ríos (Rocha, 1999).

2.2. Sinuosidad de Cauces

Sinuosidad de un río es el índice que representa cuanto el trazado de un río se aparta de una línea recta. En los ríos existe una tendencia natural a la sinuosidad, dado que su recorrido está formado por una sucesión de curvas. La sinuosidad toma importancia puesto que representa para el río el mínimo consumo de energía.

Un método utilizado para realizar una clasificación de ríos, es el índice de sinuosidad, característica morfológica que permite determinar su configuración en planta.

A continuación, se citan y estructuran diferentes métodos de cálculo de la sinuosidad, cada uno de los cuales se enfatiza más en un parámetro geotopográfico determinado.

a) Método de Leopold y Wolman (1964).

Es el índice que se utiliza para describir la forma en planta de un cauce. Éste se define como el cociente entre la longitud real del canal y la longitud recta del talweg.

$$P = \frac{L_{canal}}{L_{rectaTalweg}} \quad \text{Ec. 1}$$

b) Método de la sinuosidad total.

Parámetro basado en el coeficiente entre la longitud del cauce y la distancia mas corta entre el inicio y el final del mismo.

c) Método de Brice (1964) o “longitud del eje central de meandros”.

El índice se expresa como la razón entre la longitud del cauce y la longitud del eje de meandros.

d) Método de la sinuosidad hidráulica (Mueller, 1968).

Formulado como cociente entre la longitud del cauce y la longitud del valle.

e) Método de la sinuosidad topográfica (Mueller, 1968).

Definido como la relación de la longitud del valle con la distancia más corta entre el inicio y el final del cauce.

A partir de los índices anteriores, los cauces se pueden clasificar de acuerdo a su sinuosidad hidráulica, como se muestra en la tabla N°1.

Tabla N°1: Criterio de Sinuosidad.

<i>Sinuosidad</i>	<i>Valor Sinuosidad</i>
<i>Sinuosidad baja</i>	Menor a 1,3
<i>Sinuosidad moderada</i>	1,3 - 2
<i>Sinuosidad alta</i>	Mayor a 2

2.3. Perfil longitudinal.

La pendiente fluvial de un río es variable a lo largo del recorrido desde sus nacientes hasta la desembocadura. En general, en las partes altas están las mayores pendientes y en las partes bajas de los cauces fluviales la pendiente disminuye notablemente (ver Figura 2).

En los tramos superiores se encuentran las mayores velocidades y por consiguiente el arrastre corresponde a partículas de mayor tamaño. En las zonas bajas disminuyen las velocidades y el diámetro del material transportado.

Por lo tanto, existe una correlación entre la pendiente, las velocidades y el tamaño del material transportado.

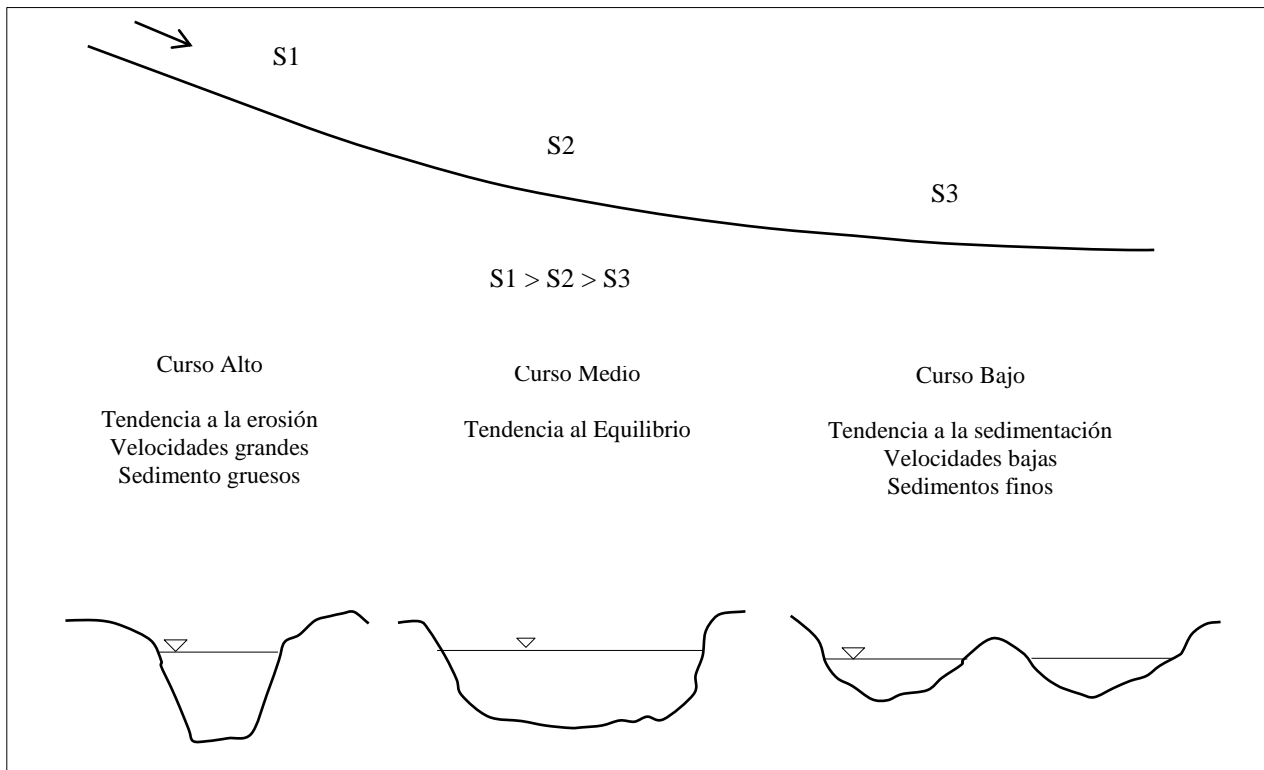


Figura N°2: Representación del perfil longitudinal y sección transversal tipo (Rocha, 1999).

3. METODOLOGÍA.

En el estudio de la morfología en planta se contempla desde la desembocadura del estero Purema, hasta una distancia de 1,8 Km hacia el interior del cauce (ver figura 3). Es así, que se generará un perfil longitudinal desde un modelo digital de terreno (MDT) que data del año 2007, previo al evento sísmico con consecuencia de tsunamis del año 2010. Se generarán perfiles transversales aproximadamente cada 200 m, donde se estudiará la sinuosidad del cauce, y se contrastará con la obtenida por medio del software computacional Google Earth. Se seleccionarán tres puntos de muestreo para analizar los sedimentos presentes en el lecho del estero Purema. La toma de muestras de estos puntos, se realizará en las zonas más representativas del lecho, tomando en cuenta el adecuado acceso y seguridad.



Figura N°3: Área de estudio en el valle de Purema (Fuente: Google Earth).

3.1. Clasificación morfológica del estero Purema.

Se realizará una clasificación morfológica de la actual forma en el estero Purema, utilizando imágenes obtenidas desde Google Earth. Se determinará si este estero corresponde a uno de tipo recto, meándrico o entrelazado.

3.2. Análisis morfológico en planta.

Uno de los parámetros morfológicos que permite interpretar los cambios producidos por el tsunami en el estero Purema, es el índice de sinuosidad, el cual indicará cómo afectó a la morfología en planta del estero. Para desarrollar este análisis se utilizará el método presentado por Leopold y Wolman (1964) Ec. 1.

Para medir los cambios en la sinuosidad del estero Purema, se considerarán imágenes satelitales previas al tsunami, donde se observará el comportamiento del cauce previo al tsunami y como se vio afectado por la irrupción de éste. También se podrá observar cómo el estero comenzó a recuperar su condición de equilibrio previo al evento tsunamigénico y finalmente, su estado actual.

El estudio comprende desde la desembocadura del estero Purema hasta un punto situado a 1.8 Km al interior del valle. El cual, será dividido en 3 tramos (ver figura 4).

El criterio utilizado para la división de los sectores, fue la similitud geométrica de dichos tramos y de las características del lecho del estero Purema. Facilitando así, el estudio y los comportamientos que se generarán en los distintos tramos a lo largo del área revisada.

En la siguiente sección se estudia la morfología de cada sector, como se muestra en la figura N°4. También se realiza un análisis general de la geometría en planta actual del estero Purema.

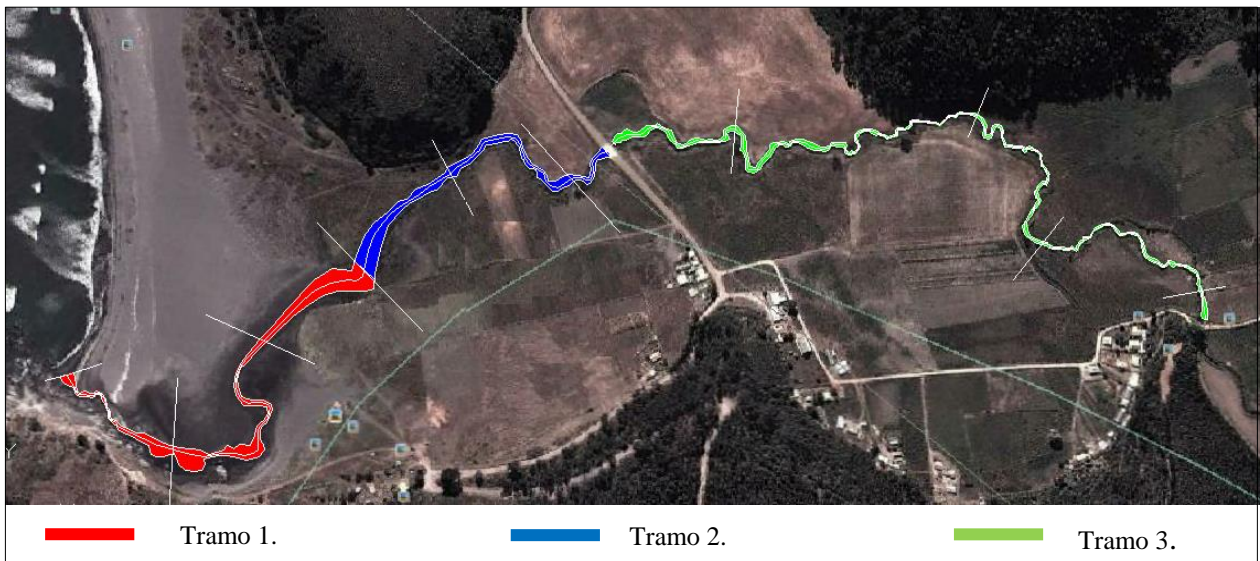


Figura N°4: Representación del levantamiento topográfico a realizar en terreno (Fuente: Google Earth).

3.3. Análisis morfométrico.

Para realizar el análisis morfométrico del estero Purema, se tomarán en consideración las imágenes de la plataforma Google Earth, donde se exportarán las imágenes al software Autocad 2013.

El análisis morfométrico se realizará por tramos. Para estimar el largo de los tramos se generará una línea media longitudinal al cauce. También se dibujarán los contornos del estero para estimar las áreas presentes en cada tramo. Finalmente, para calcular el ancho superficial promedio del estero se utilizará el cociente entre el área y el largo.

3.4. Desempeño hidráulico del estero Purema.

Se medirá el desempeño hidráulico del estero Purema, mediante una modelación numérica, utilizando el software Hydrologic Engineering Center- River Analisis System (Hec-ras), que permitirá comparar el comportamiento hidráulico del estero; entre el 2007 y el 2013 del mismo.

Con el MDT que data del 2007 (ver figura 5), se generará un perfil del estero Purema con la ayuda del software Global Mapper, el cual permitirá extraer la topografía del estero Purema previa al tsunami 2010, donde se modelará el cauce del estero en el tramo indicado y se verificarán las zonas de inundación y la profundidades del flujo.

También se realizó un levantamiento topográfico de las secciones transversales actuales más representativas del estero, tal como se muestra en la figura N°4, con la cual se obtendrán los datos necesarios de terreno para contrastar con el MDT del año 2007.

Para realizar la modelación del MDT 2007 y el levantamiento topográfico, se utilizó aguas abajo y aguas arriba la condición de altura normal del cauce, además una modelación con la condición de pleamar y bajamar aguas abajo (ver anexo A). En cuanto a los caudales se tomó en cuenta el caudal máximo y mínimo estimado según Ministerio de Obras Públicas (MOP, 2005) para un período de retorno de 10 años. Para determinar el caudal intermedio se promediaron los caudales anteriormente mencionados, los cuales se estimaron con los parámetros que se presentan en la tabla N°2.

Tabla N°2: Parámetros usados para la estimación de caudales máximos y mínimos.

Variables	Valor
Ap (Km ²)=	31
P ²⁴ ₁₀ (mm)	99
Pma (mm)	1107

Nota: Pma: es la precipitación media anual, expresada en mm.

Ap.: Área pluvial de la cuenca, expresada en km².

P²⁴₁₀: Precipitación diaria máxima de período de retorno 10 años, expresada en mm.

De acuerdo a los parámetros presentados en la tabla N°2, los caudales corresponden a los siguientes:

- Caudal máximo 15,66 m³/s.
- Caudal intermedio de 7,95 m³/s.
- Caudal mínimo de 0,24 m³/s.

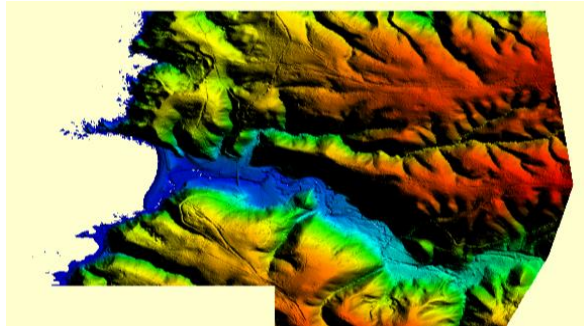


Figura N°5: MDT del valle de Purema 2007 (Fuente: LIDAR).

Una vez realizada la modelación numérica del estero para el 2007 y 2013, se contrastarán los perfiles longitudinales, la velocidad del Flujo y la generación de zonas de inundación que entrega Hec-ras.

3.5. Obtención de muestras.

Para la obtención de muestras del lecho se tendrán en cuenta los tres sectores delimitados anteriormente.

En el tramo N°1 y N°2, debido a su uniformidad se tomará una muestra del lecho correspondiente al centro del escurrimiento.

En el tramo N°3, se realizan 3 muestras, ya que éste corresponde al tramo más largo. Donde la muestra 3.a se tomó en un sector sumergido del lecho y la 3.b a una zona seca, ambas ubicadas paralelamente a unos 150 m aguas arriba del puente Purema. El tramo 3.c corresponde a la muestra realizada al término de la zona de análisis, esta última muestra será usada para comparar los sedimentos encontrados aguas abajo del tramo 3.

3.6. Clasificación de la Capa subsuperficial.

En el presente estudio se realizará un análisis granulométrico para las muestras extraídas de los sólidos depositados. Para ello se utilizará la metodología señalada en la norma NCh 165 of 1977.

3.7. Análisis de transporte de sedimentos de fondo.

Finalmente, se estudiará el fondo del lecho del estero Purema. Para ello se estimará la tasa de transporte de sedimentos que éste posee para los distintos caudales, utilizando las fórmulas propuestas por Einstein (1942).

Para realizar los análisis de transporte de fondo se utilizará la topografía actual generada en terreno, utilizando una pendiente general de los tramos en estudio de 0,00113 m/m (entregada por la topografía actual realizada).

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

En el presente capítulo se da a conocer el análisis de los resultados obtenidos en la investigación.

4.1. Clasificación Morfológica.

Dentro de los tres grandes grupos presentes en la clasificación morfológica de los ríos; el estero Purema se clasifica como un río meándrico de sinuosidad moderada, ya que está formado por una sucesión de curvas muy dinámicas.

4.1.1. Índice de Sinuosidad.

El índice de sinuosidad es uno de los parámetros más utilizados para representar morfológicamente un río, ya que expresa el mínimo gasto de energía en el desplazamiento de un río. En la tabla N°2 se presentan los índices de sinuosidad por tramo y general.

Tabla N°3: Sinuosidad por tramos y general correspondiente al período de estudio.

	Fecha	Tramo	Largo (m)	Talweg (m)	Sinuosidad	Clasificación
Previo al tsunami 2010	27.11.2003	1	793.5	369.6	2.15	Sinuosidad alta
		2	377.4	268.8	1.40	Sinuosidad moderada
		3	947.6	641.9	1.48	Sinuosidad moderada
		1-3	2118.5	1280.2	1.65	Sinuosidad moderada
	28.04.2007	1	583.1	298.1	1.96	Sinuosidad moderada
		2	381.0	290.1	1.31	Sinuosidad moderada
		3	941.7	641.1	1.47	Sinuosidad moderada
		1-3	1905.9	1229.3	1.55	Sinuosidad moderada
	27.01.2010	1	672.4	318.4	2.11	Sinuosidad alta
		2	391.9	288.7	1.36	Sinuosidad moderada
		3	942.9	647.5	1.46	Sinuosidad moderada
		1-3	2007.2	1254.5	1.60	Sinuosidad moderada
Posterior al tsunami 2010	22.06.2011	1	391.5	316.1	1.24	Sinuosidad baja
		2	358.9	283.8	1.26	Sinuosidad baja
		3	948.4	648.6	1.46	Sinuosidad moderada
		1-3	1698.8	1248.5	1.36	Sinuosidad moderada
	29.12.2012	1	511.0	306.5	1.67	Sinuosidad moderada
		2	364.8	280.6	1.30	Sinuosidad moderada
		3	950.8	645.6	1.47	Sinuosidad moderada
		1-3	1826.5	1232.6	1.48	Sinuosidad moderada
	14.03.2013	1	532.4	331.4	1.61	Sinuosidad moderada
		2	371.7	282.9	1.31	Sinuosidad moderada
		3	942.6	648.9	1.45	Sinuosidad moderada
		1-3	1846.7	1263.1	1.46	Sinuosidad moderada

(Fuente: Elaboración propia).

Como se observa en la tabla N°2, los cambios de sinuosidad más apreciables ocurren en el tramo 1, que corresponde al área de la desembocadura del estero Purema, de características muy dinámicas debido a su ubicación en el área de estudio. Además se observan variaciones entre el período 2010-2011 relacionados al paso del tsunami, que tienden a ser recuperadas rápidamente para el año 2012. Aun así, la sinuosidad del tramo permanece por debajo de la observada en los años previos al tsunami de 2010.

En el tramo 2, el tsunami generó una disminución de la sinuosidad entre el periodo 2010-2011, dicho tramo se recupera al año 2013, presentando nuevamente la sinuosidad observada previa al tsunami de 2010.

El tramo 3 corresponde al sector geológico más estable, por lo cual la irrupción del tsunami no generó cambios, conservando una sinuosidad moderada durante el periodo de análisis.

Por lo tanto, entre los períodos 2003-2013 se observan variaciones en el índice de sinuosidad del cauce general. No obstante, este índice permanece dentro de una clasificación estable, presentando durante el período de análisis una sinuosidad moderada. En consecuencia, el paso del tsunami de 2010 no afectó significativamente la sinuosidad del estero Purema.

4.1.2. Clasificación morfológica según Wolman (1964).

Uno de los parámetros importantes en la clasificación de los ríos es el propuesto por Wolman(1964); el cual relaciona la pendiente y caudales en escala logarítmica, existiendo dos grandes grupos; los ríos meándricos y entrelazados (ver figura 6).

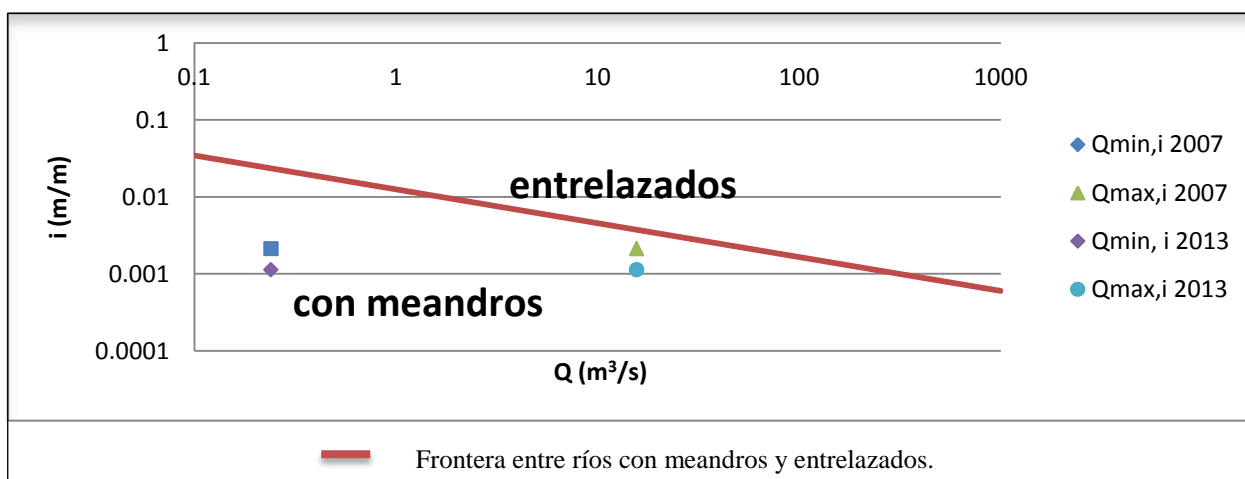


Figura N°6: Clasificación de ríos (Fuente: Wolman, 1964).

Se observa en la figura N° 6, que al relacionar los caudales (máximos y mínimos) con las pendientes del MDT y la topografía en terreno, el estero Purema según la clasificación de Wolman (1964) encontrándose dentro de ríos con meandros.

4.2. Análisis morfométrico del estero Purema.

Siguiendo con la observación de los cambios morfométricos generados en el estero Purema y la influencia que tuvo sobre éstos el tsunami del 27 de febrero 2010, se hace necesario estimar los cambios en los parámetros morfométricos como lo son largo, ancho superficial y área. La tabla N°3 muestra los valores obtenidos desde la plataforma Google Earth durante el período de análisis 2003-2013.

Tabla N°4: Variación en los Parámetros morfométricos por tramos y general del estero Purema.

Fecha	Tramo	Largo (m)	Área (ha)	Ancho Superficial (m)
27.11.2003-28.04.2007	1	-210.3	1.1	22.0
	2	3.6	0.2	6.2
	3	-5.8	0.0	0.0
	1-3	-212.6	1.3	9.4
28.04.2007-27.01.2010	1	89.3	-1.1	-20.2
	2	10.9	-0.3	-7.0
	3	1.1	0.0	0.3
	1-3	101.3	-1.3	-9.0
27.01.2010-22.06.2011	1	-280.9	-0.3	0.9
	2	-33.0	0.1	2.4
	3	5.5	-0.1	-0.9
	1-3	-308.4	-0.3	0.8
22.06.2011-29.12.2012	1	119.5	0.1	-0.1
	2	5.9	0.1	1.8
	3	2.4	0.0	0.0
	1-3	127.7	0.2	0.6
29.12.2012-14.03.2013	1	21.4	-0.1	-2.1
	2	6.9	0.0	0.0
	3	-8.2	0.0	0.1
	1-3	20.2	-0.1	-0.7
27.11.2003-14.03.2013	1	-261.1	-0.2	0.5
	2	-5.8	0.1	3.3
	3	-5.0	0.0	-0.5
	1-3	-271.8	-0.1	1.1

Nota: (-) Indica disminución con respecto a imagen satelital anterior indicada en el cuadro.

(Fuente: Elaboración propia).

El largo, es uno de los parámetros morfométricos que más variaciones presentó en el período de análisis 2003-2013 (ver tabla N°3). Se observa que el tramo 1 es el más afectado debido a su ubicación, presentando cambios que pueden ser asociados a las mareas. Sin embargo, las variaciones máximas en el período de estudio corresponde a 89.3 m antes de ocurrido el tsunami. Es evidente, que el cambio más severo se ve reflejado entre el año 2010-2011 período en el cual ocurre el terremoto del 27 de febrero del 2010 presentando una disminución de 280.9 m en el tramo 1. No obstante, se presenta una clara tendencia a recuperar su condición al año 2013 aumentando en 147.9 m el largo del tramo 1 (ver figura 7).

En lo que corresponde a las variaciones de área y ancho superficial, se destaca el año 2007 un aumento del tramo 1 y 2 los que presentan un incremento de área del 250% y 207% respectivamente, fenómeno que puede ser asociado, de acuerdo a lo observado en terreno, a un período de marea alta, dado que, Google Earth no aporta el horario a la cual fue capturada la imagen satelital. No es posible asociar directamente esta anomalía al efecto generado por las mareas.

Mismo fenómeno se observa en el ancho superficial que está directamente relacionado con el área del estero. Para los tramos 1 y 2, se observa un incremento correspondiente al año 2007 del 341 % y 205 % respectivamente, fenómeno que de acuerdo a lo observado en terreno, puede estar asociado de igual forma a un incremento de la marea. No siendo concluyente esta información para el análisis por lo anteriormente indicado.

El tramo 3, posee variaciones que se pueden presentar normalmente en el comportamiento dinámico del cauce, que no están asociados al tsunami de 2010. Ratificando que éste tramo es el más estable dentro del área de análisis.

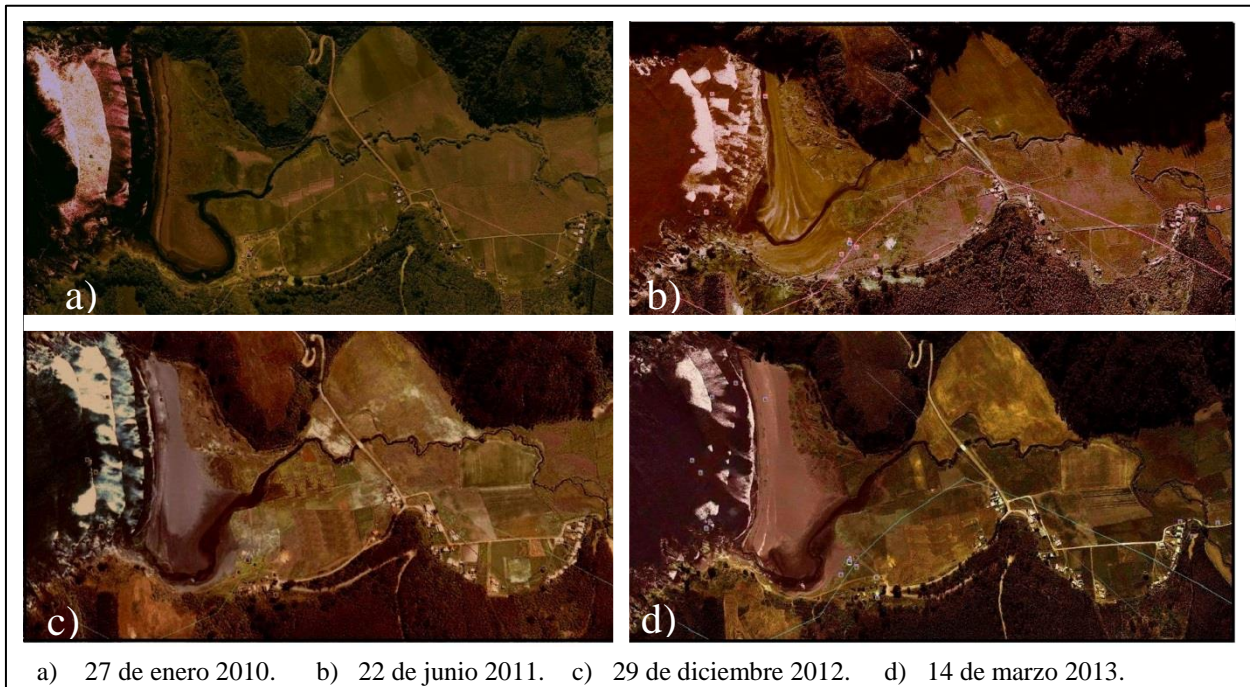


Figura N°7: Variaciones observadas durante el periodo 2010-2013 en el estero Purema (Fuente: GoogleEarth).

4.3. Análisis comparativo correspondiente al desempeño hidráulico 2007 y 2010.

Para realizar esta comparación, se tuvo que corregir las secciones en el MDT con el fin de uniformar la pendiente y así poder contrastar con la información del levantamiento actual de terreno. Cabe destacar que, debido a las complicaciones en el acceso, la topografía in situ sólo alcanzó los 1.4 km desde las desembocadura al interior del valle.

Al comparar los perfiles hidráulicos correspondiente a los caudales (máximo, mínimo e intermedio), se observa una diferencia en el comportamiento del cauce entre la modelación del año 2007 y la del 2013. La modelación correspondiente al año 2007, presenta una serie de resaltos y caídas hidráulicas, que se hacen más evidentes en la medida que aumenta el caudal (ver figura 8). Mientras que para la modelación con información in situ los resaltos y caídas hidráulicas disminuyen y se vuelven más suaves, incluso al aumentar los caudales (ver figura 8).

En cuanto a las velocidades, éstas se ven aumentadas en general para los distintos caudales. Para el caudal mínimo se presenta un aumento del 9,5%, para un caudal intermedio la velocidad aumenta en un 68,5% y para un caudal máximo se produce un incremento del 78,9% con respecto al año 2007, produciéndose un incremento promedio de la velocidad del 52,3%.

El número de Froude para ambas modelaciones permanece por debajo de la unidad, clasificándose como un flujo subcrítico, con excepción de la desembocadura, donde se presenta un flujo crítico para la condición de bajamar.

De acuerdo a los datos aportados por Hec-ras, la influencia de bajamar y pleamar se ve reflejada sólo en el tramo que corresponde al sector de playa y/o desembocadura (tramo 1), generando un aumento en la profundidad del cauce, sin producir grandes efectos en el tramo (ver anexo B).

Con el MDT del 2007 no es posible observar la presencia de una roca que se encuentra en el recorrido del cauce, y como ésta afecta al lecho del estero Purema. De acuerdo a lo observado en terreno, se realizó un corte para prestar atención a los efectos producidos por la presencia de dicha roca, observando que genera socavación local, al interrumpir el flujo (ver figura 8).

También se observa que el estero presenta una leve disminución de cota entre las secciones 5 y 7 de aproximadamente 0,15 m (ver figura 8). Dicho descenso se puede eventualmente asociar al evento sísmico del 27 febrero del 2010 (Quezada et al., 2010), éste indica que se produjo un descenso en el sector de río Itata de 0,3 m \pm 0,1m, por tanto, el descenso producido en el valle de Purema puede ser también una consecuencia del terremoto.

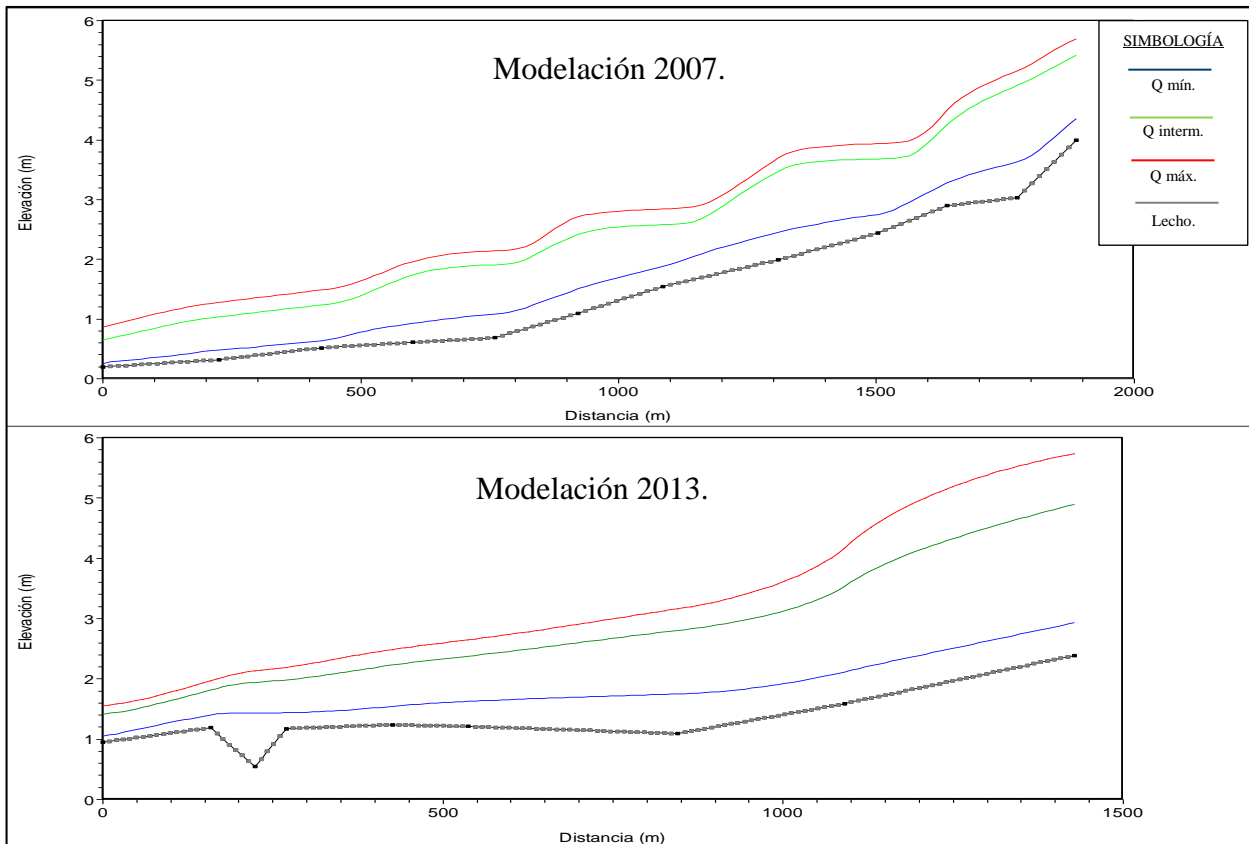


Figura N°8: Perfil hidráulico para los caudales y topografías usadas (Fuente: Elaboración propia).

Para ambos casos de modelación, las inundaciones se observan desde el caudal intermedio. Para el MDT del 2007 las zonas inundables comienzan desde 500 m al interior de la desembocadura incrementándose notoriamente aguas arriba (ver figura 9), de presentarse este fenómeno, una inundación podría no sólo afectar las zonas correspondientes a chacras del sector, sino también a casas de pobladores que se encuentran dentro de dichas zonas.

Para el modelo generado a partir de la topografía actual in situ, las zonas inundables alcanzarían los 1.2 Km al interior del valle desde la desembocadura con un caudal intermedio o un caudal máximo, abarcando áreas dedicadas actualmente a la plantación de hortalizas y la playa. Por lo tanto, la inundación abarcaría prácticamente en su totalidad al estero Purema, pudiendo generar complicaciones en las zonas dedicadas a las plantaciones como también a la población presente.

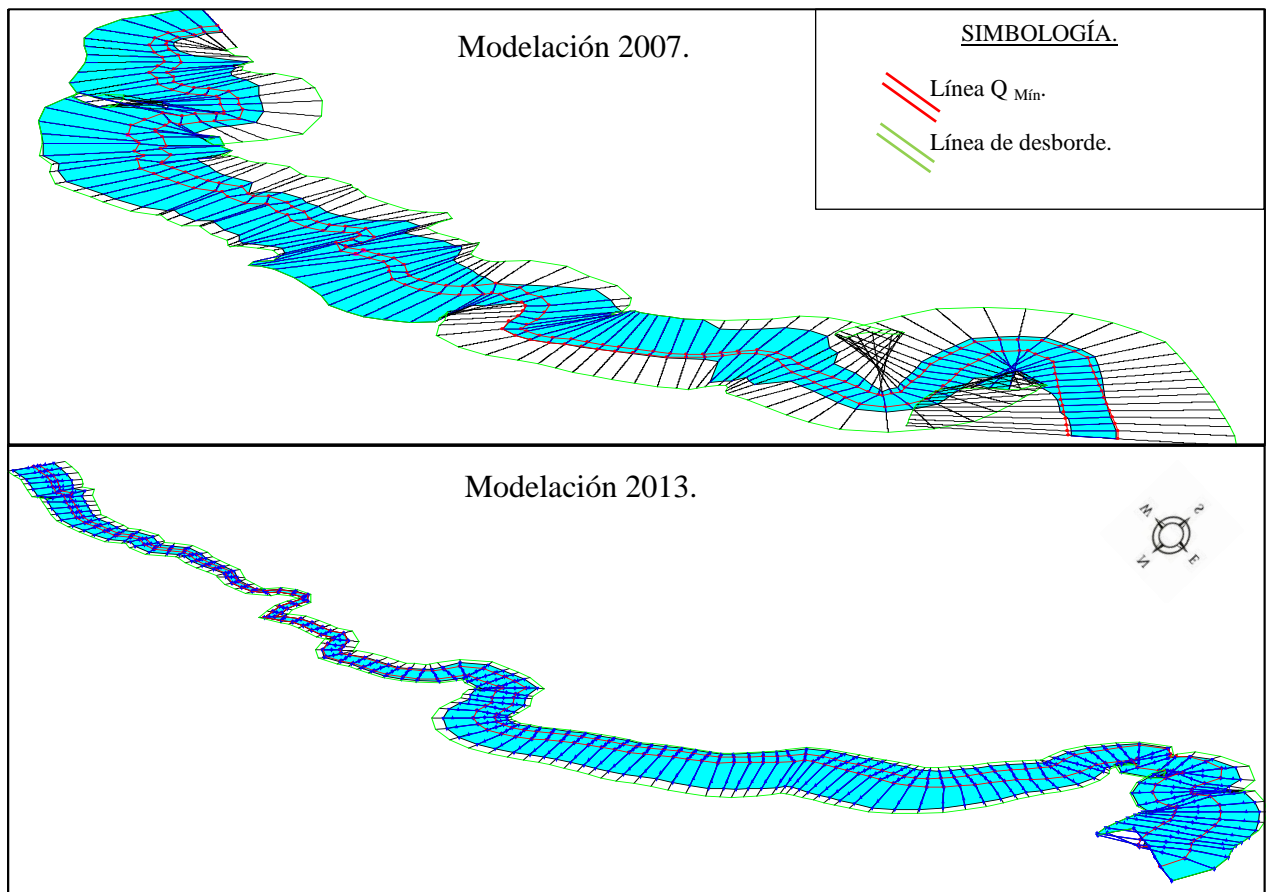


Figura N°9: Zonas de inundación para los caudales Máximos con el MDT 2007 y topografía 2013 (Fuente: Elaboración propia).

4.4. Caracterización del lecho.

De acuerdo a la toma de muestras realizadas por tramo en el estero Purema, se tiene las clasificaciones del lecho mostradas en la tabla N°4 (ver anexo C).

Tabla N°5: Tabla de clasificación de muestras de sedimentos del lecho.

Muestra	Clasificación según AASHTO		Clasificación según USCS		
	Clasificación	IG	Cu	Cc	Clasificación
1	A-2-4	0	2.53	0.83	SP
2	A-5	6	0	0	ML
3.a	A1-B	0	6.167	2.108	SW
3.b	A1-B	0	18.78	2.348	SW-SM
3.c	A1-B	0	2.598	0.826	SP

(Fuente: Elaboración propia).

La granulometría del lecho del estero Purema es variada. En el tramo 1 se encontró arenas finas acompañadas de una mínima porción de limos; en el tramo 2, que corresponde a un sector de chacras, se tiene un lecho limoso que es aportado por las chacras presentes y los sedimentos aportados por el cerro cercano al estero (ver figura 10). En el tramo 3 se encuentra arenas gruesas; también se encontró presencia de arenas del tramo 1 que se puede atribuir al paso del tsunami del 27 de febrero del 2010.

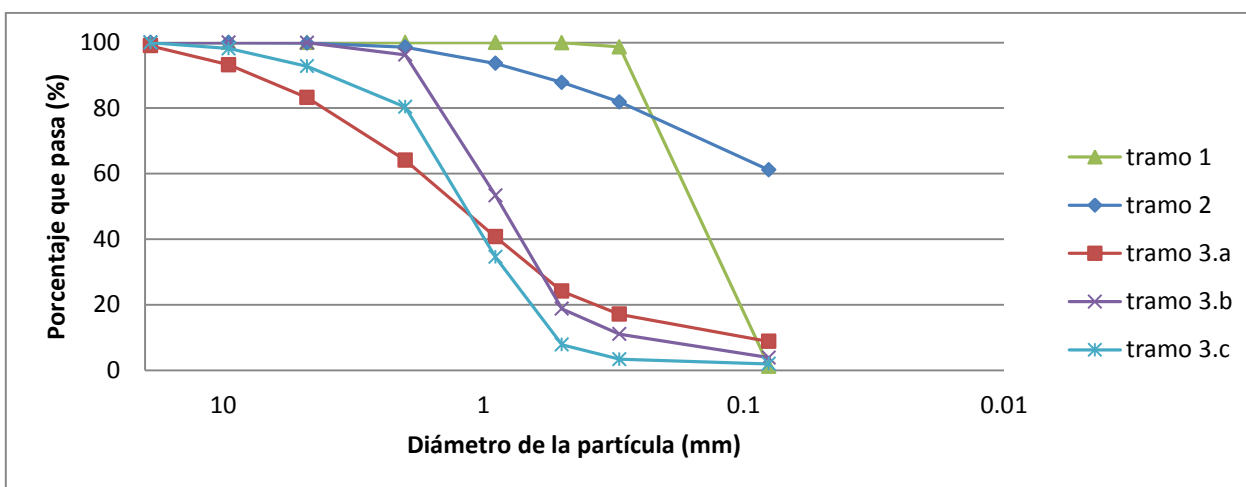


Figura N°10: Granulometría de los tramos (Fuente: Elaboración propia).

4.4.1. Tasas de arrastre de fondo.

Se presentan los resultados por tramo de las tasas de transporte en la tabla N°5.

Tabla N°6: Tasa de arrastre de fondo estimado.

Q(m ³ /s)	Tramo	Qsf(m ³ /hr)
0,24	1	0,38
	2	0,16
	3	1,47
7,95	1	0,54
	2	0,16
	3	4,01
15,66	1	0,56
	2	0,16
	3	4,35

Nota: *Qsf: Caudal sólido de fondo

(Fuente: Elaboración propia).

De acuerdo a la topografía in situ se observó una contrapendiente en el terreno, que puede ser atribuida al descenso que se generó en el área producto del sismo del 2010 o bien, estar relacionado a las marejadas que se producen en el sector, las que generan arrastre de material desde el lecho del estero, abarcando un Volumen de 336 m³. Por lo tanto, se estima que este volumen se recupera en un período de 2 semanas considerando el caudal mínimo presentado en la tabla N°6. Es decir, para el tiempo de realización del estudio, el estero Purema debió cubrir ampliamente el volumen arrastrado.

Por lo anteriormente indicado, esta información no es concluyente, ya que no puede ser atribuida directamente como una consecuencia del terremoto del 2010, y tampoco a las marejadas que se producen en el sector, siendo esta última, información insuficiente para asociarla a dicha contrapendiente del terreno.

5. CONCLUSIONES.

Luego de analizar los resultados mediante la metodología propuesta en este proyecto de título, se desprenden las siguientes conclusiones:

El sector de la playa es el tramo más dinámico del estero. Dicho dinamismo se debe al comportamiento del flujo en las zonas de desembocadura. Los cambios más evidentes e inmediatos corresponden a la sinuosidad presente en el sector de la playa, que pasó desde una sinuosidad alta a una sinuosidad baja entre el período 2010-2011.

El sector entre la playa y el puente Purema se mantuvo estable post tsunami 2010. Sin embargo, presenta un pequeño aumento progresivo de su ancho superficial, que está dentro de las variaciones esperadas del estero.

La zona interior es el tramo más estable. No presentó variaciones por el paso del tsunami.

Al analizar el desempeño hidráulico del estero Purema, se contrastaron un MDT 2007 y un levantamiento in situ del 2013, por lo tanto, al comparar un modelo digital con la topografía en terreno se generan imprecisiones en la modelación, sin embargo, se suavizó las singularidades observadas en el perfil longitudinal del estero, manteniendo la pendiente general, de forma de tener una mejor comparación en ambas modelaciones.

En el levantamiento in situ se observó la presencia de una roca en el recorrido del cauce que genera una socavación local que no es posible apreciar con el MDT del 2007. También se observa que el sector entre la playa y el puente existe una contrapendiente en el terreno, efecto que como se mencionó anteriormente, no es posible atribuir directamente al tsunami del 2010. Para la modelación del MDT del 2007, se observa una serie de resaltos y caídas hidráulicas a lo largo de la zona de estudio, mientras que para el levantamiento in situ, no se presentan estas variaciones, más bien se observa un comportamiento fluvial más suave y estable.

Cabe mencionar que las zonas de inundación presentan un cambio al año 2013 con respecto al año 2007; ya que según el MDT del 2007, las grandes zonas de inundación se presentan 500 m al interior del estero hasta la línea final de estudio, en cambio los resultados para la modelación del 2013, se agrega el sector de playa como zona inundable. De presentarse un caudal máximo se podrían ver afectados los caseríos presentes en el valle.

Según los tramos seleccionados, el lecho del estero es variado dependiendo de su ubicación en el valle de Purema. El sector de playa posee un lecho de arenas finas y arenas limosas, el sector que se ubica entre la playa y el puente Purema se presenta un lecho limoso. En el tramo que abarca desde el puente hasta la línea final de estudio se encontró arenas gruesas con un porcentaje de gravas, que de acuerdo a la pendiente se ajusta al comportamiento del cauce, ya que, aguas arriba los sedimentos del lecho se vuelven más gruesos. Cabe destacar que, a 1.2 km al interior del valle se encontró la presencia de sedimentos de arenas finas, similares a las que se encuentran en el tramo 1, lo que evidencia la distancia a la cual el tsunami se adentró en el valle de Purema. En general, se puede decir que existieron variaciones inmediatas por el paso del tsunami 2010 en la morfología del estero Purema, sin embargo, dichas variaciones se podían presentar dentro del período estudiado, como lo muestra la tabla N°4, por lo tanto, el evento estudiado no generó cambios significativos en la morfología en planta del estero Purema.

6. BIBLIOGRAFÍA.

AASHTO M 145-91, (2000). "Clasificación de soil and soil-aggregate Mixtures for highway construction purposes". American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington DC. UnitedStates.

Chow, V., Maidment, D. and Mays L. (1988). "Hidrología Aplicada". McGraw Hill, New York.

Conesa, C., (1999). "Cambio Ambiental y equilibrio Dinámico de los cauces". Departamento de Geografía Física, Humana y Análisis Regional, Universidad de Murcia, España.

Dirección General de Aeronáutica Civil. "Informe de Precipitaciones". http://www.meteochile.gob.cl/inf_precipitacion.php. [Acceso el 17 octubre del 2013].

Flores, E., (2011). "Caracterización Morfológica de Cauces y Cuencas Costeras de la Region del Biobío". Proyecto de Título, Ingeniería Civil, Universidad del Bío-Bío, Concepción.

Global Mapper, v11.00 Copyright © 2002-2009.

Google Earth, V7.1.2.2041, Google Inc.

Hydrologic Engineering Center - River Analisis System (HEC-RAS), v4.1.0 (2010). Developed by the US Army Corps of Engineers.

Ilustre Municipalidad Tomé. Hidrografía, <http://www.tome.cl/#>, [Acceso el 10 septiembre de 2013].

Leopold, L., Wolman, M. and Miller, J., (1964). "Fluvial Processes in Geomorphology". San Francisco, Freeman and Co., 522pp.

MOP, (2005). "Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas sin Información Fluviométrica". Ministerio de Obras Públicas, Chile.

Mueller, J., (1968). "An Introduction to the Hydraulic and Topographic Sinuosity Indexes". Arizona State University, Arizona, USA.

NCh 165 of 1977. "Árido para Morteros y hormigones - Tamizado y determinación de la granulometría", Instituto Nacional de Normalización, Chile.

Quezada, J., Jaque, E., Belmonte, A., Fernández, A., Vásquez, D. y Martínez, C., (2010). *“Movimientos Cosísmicos Verticales y Cambios Geomorfológicos Generados Durante el Terremoto MW=8,8 del 27 de Febrero de 2010 en el Centro-sur de Chile”*. Revista Geográfica del Sur 2: 11.44.

Rocha, A., (1998). *“Introducción a la hidráulica Fluvial”*. Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.

Schumm, S., (1977). *“The Fluvial System”*. John Wiley and sons, Inc, New York, USA.

ANEXO A: DETALLE ESTIMACIÓN DE CAUDALES, RUGOSIDAD.

A.1. Determinación del Caudal Medio Diario Máximo de Período de Retorno 10 años.

El caudal medio diario máximo de período de retorno 10 años Q_{10} , es la variable usada para adimensionalizar las curvas de frecuencias regionales del método.

Para su determinación se plantean las siguientes relaciones, las cuales dependen de la región en que se ubique la cuenca a analizar.

$$\text{III y IV Región } Q_{10} = 1,94 \times 10^{-7} A_p^{0,776} P^{3,108} \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{Ec. 2}$$

$$\text{V - RM- VI Región } Q_{10} = 5,42 \times 10^{-8} A_p^{0,915} P^{3,432} \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{Ec. 3}$$

$$\text{VII a IX Región } Q_{10} = 2 \times 10^{-3} A_p^{0,973} P^{1,224} \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{Ec. 4.}$$

Donde:

Q_{10} : Caudal medio diario máximo de período de retorno 10 años, expresado en m^3/s .

A_p : Área pluvial de la cuenca, expresada en km^2 .

P_{10}^{24} : Precipitación diaria máxima de período de retorno 10 años, expresada en mm.

A.2. Determinación del Caudal Diario Mínimo en 30 días consecutivos y con Probabilidad de Excedencia de 50%.

Para determinar esta variable se consideran dos situaciones posibles, las que dependen de la fuente dominante de suministro del recurso agua, estas fuentes pueden ser de dos tipos, originadas por deshielos y originadas por aportes de napas subterráneas.

- a) Fuente: Aportes de Deshielo

En este caso se ajustó la siguiente ecuación en base a los datos disponibles:

$$Q_{\min}^{50\%} = 5,54 \times 10^{-8} A_n^{0,914} P^{0,735} \text{ m}^3 / \text{s} \quad \text{Ec.5}$$

Donde:

A_n : es el área nival, expresada en km^2

P: es la precipitación media anual, expresada en mm

A continuación se presentan los valores de los caudales estimados de acuerdo a las formulas propuestas por el manual de la DGA.

An(km ²)=	31
P24/10(mm)	99
Pma(mm)	1107
Qmax (m ³ /s)	15.66
Qmin (m ³ /s)	0.24
Qinter(m ³ /s)	7.95

A.3. Coeficiente de rugosidad.

Para la modelación del cauce se necesita estimar la rugosidad presente en el estero Purema, por lo que se aplicará el método de Cowan (Chow, 1959).

Para realizar una buena estimación del coeficiente de rugosidad de un cauce natural se debe tener en cuenta los presentes factores:

- Aspereza del lecho y las paredes.
- Presencia de vegetación y cambios estacionales de esta.
- Irregularidad del cauce (dando énfasis al perímetro mojado, variaciones de sección, forma y tamaño, etc. a lo largo del canal).
- Curvas presentes en el canal.
- Obstrucciones.
- Tendencia al embancamiento o socavación.
- Cambios de niveles y caudal.
- Presencia de solidos en suspensión.

Cowan relacionó los siguientes factores en la siguiente formula que propuso:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) * m$$

Donde:

n_0 : valor de n para un canal recto, uniforme, prismático y con rugosidad homogénea.

n_1 : corrección por irregularidades del perímetro mojado a lo largo del tamo estudiado.

n_2 : corrección por variaciones de forma y de dimensiones de las secciones.

n_3 : corrección por obstrucciones (ej: troncos, rocas, etc.).

n_4 : corrección por presencia de vegetación.

m: factor que mide la frecuencia de meandros o curvas.

Los valores recomendados de n_0 , n_1 , n_2 , n_3 , n_4 , m (Chow, 1959) son los presentados en la tabla A.4 de rugosidades:

Tabla A.4.: Valores recomendados por Chow (1959).

Variable	Condición	Valor	Concepto
n_0	Tierra	0.020	Material involucrado.
	Corte en roca	0.025	
	Grava fina	0.024	
	Grava gruesa	0.028	
n_1	Suave	0.000	Grado de irregularidad.
	Menor	0.005	
	Moderado	0.010	
	Severo	0.020	
n_2	Gradual	0.000	Variación en la sección transversal.
	Alta pero ocasional	0.005	
	Alta y frecuente	0.100-0.015	
n_3	Insignificante	0.000	Obstrucciones.
	Media	0.010-0.015	
	Alta	0.020-0.030	
	Muy alta	0.040-0.060	
n_4	Baja	0	Vegetación
	Media	0.010-0.025	
	Alta	0.025-0.050	
	Muy alta	0.050-0.100	
m	Menor	1.000	Sinuosidad.
	apreciable	1.150	
	severa	1.300	

A.5. Tabla Valores de rugosidad por tramos para el estero Purema.

sector	n0	n1	n2	n3	n4	m	n
1	0.02	0.005	0.005	0.01	0	1.15	0.046
2	0.02	0.005	0.005	0.01	0.04	1	0.08
3	0.012	0.015	0.01	0.015	0.06	1.15	0.13

**ANEXO B: DETALLE ELABORACIÓN DEL MODELO Y RESULTADOS
DE LA MODELACIÓN CON HEC-RAS.**

B.1. Modelación MDT 2007.

A continuación se presenta la metodología usada para la modelación correspondiente al MDT 2007.

- a) Importar línea media longitudinal del cauce desde Global Mapper a Hec-Ras.

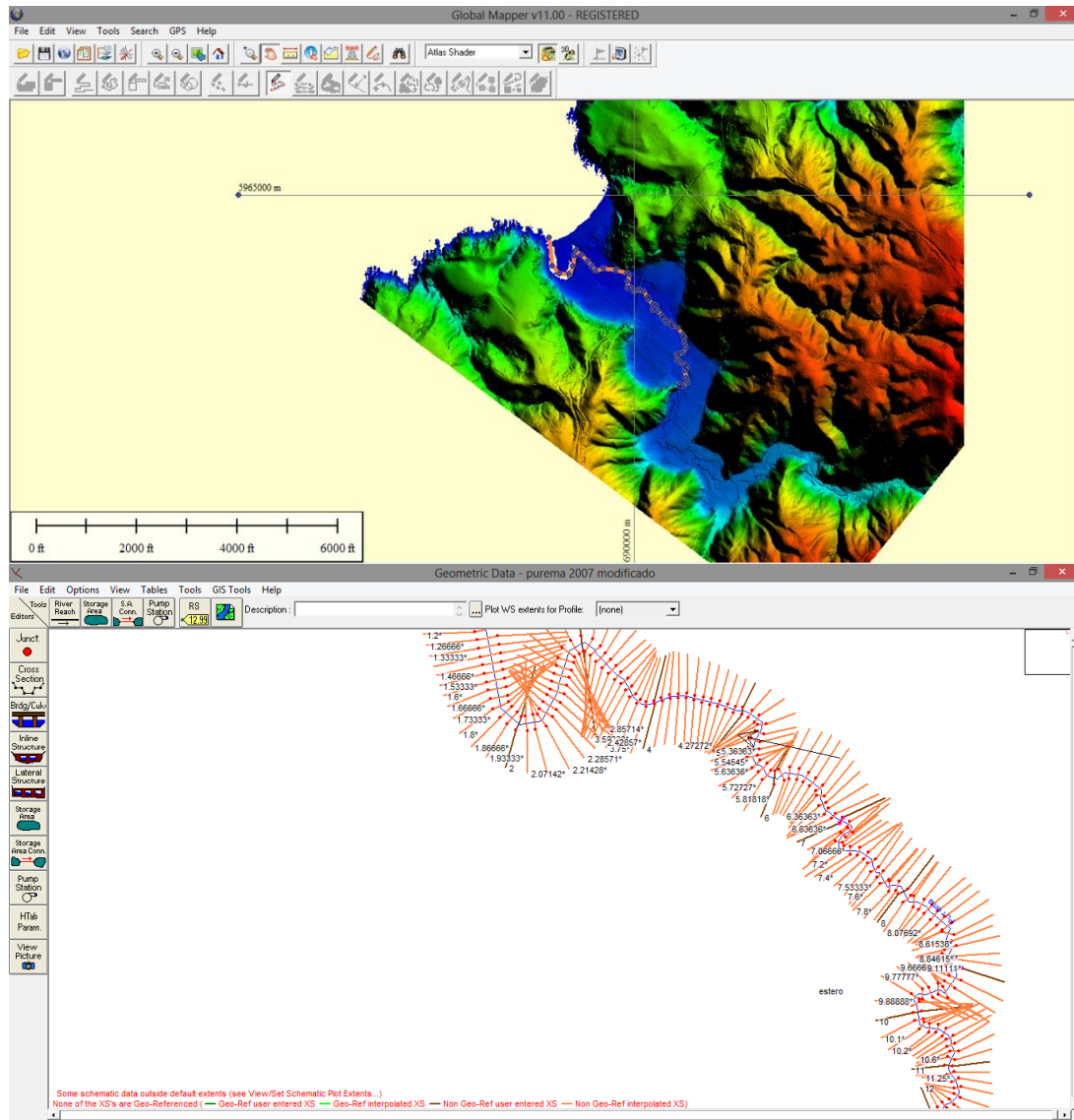


Figura b.1. Perfil longitudinal extraído desde Global Mapper a Hec-ras.

b) Generar los perfiles transversales desde Global Mapper.

A continuación se presentan ejemplo de como se realizó la modelación, se debe mencionar que los perfiles se ingresaron en HEC-ras desde aguas abajo a aguas arriba en la modelación.

Tabla B.1. Perfil entregado por Global Mapper presentando elevación/estación.

Estación	Elevación	Estación	Elevación	Estación	Elevación	Estación	Elevación	Estación	Elevación	Estación	Elevación	Estación	Elevación
0	24.442	21.18	13.583	37.86	11.099	58.24	5.804	99.48	0.2	206.2	1.78	258.1	2.314
0.794	24.527	21.44	13.424	38.12	11.111	59.04	6.031	109.32	0.21	208.9	1.771	258.7	2.33
1.324	24.219	21.71	13.252	38.39	11.128	59.3	6.048	111.19	1	211.3	1.774	258.9	2.339
1.853	23.905	21.97	13.067	38.65	11.149	59.57	6.016	111.46	1	216.8	1.767	259.5	2.356
2.383	23.584	22.24	12.869	38.92	11.15	59.83	5.988	111.91	0.2	221.6	1.754	260	2.383
2.648	23.421	22.5	12.658	39.45	10.97	60.1	5.962	132.18	0.2	225	1.762	260.2	2.398
2.912	23.255	22.77	12.434	39.98	10.785	60.36	5.94	136.61	1.11	226.6	1.758	260.8	2.423
3.177	23.085	23.03	12.197	40.24	10.69	61.69	5.855	137.67	1.11	229.3	1.779	261	2.434
3.442	22.944	23.3	11.946	40.51	10.594	62.22	5.493	137.93	1.13	231.7	1.804	261.8	2.46
4.236	22.647	23.56	11.683	40.77	10.496	62.48	5.308	138.2	1.135	234.3	1.8	262.4	2.474
4.766	22.457	23.83	11.419	41.04	10.397	62.75	5.125	140.32	1.169	237	1.824	262.6	2.484
5.03	22.365	24.09	11.159	41.3	10.297	63.01	4.942	140.58	1.1	237.2	1.83	263.2	2.503
5.82	22.097	24.36	10.898	41.57	10.115	63.28	4.761	140.69	0.98	237.5	1.836	263.4	2.513
6.09	21.918	24.62	10.638	41.83	9.885	63.8	4.399	141.43	0.97	237.7	1.842	264	2.531
6.35	21.719	24.89	10.378	42.1	9.653	64.07	4.22	141.64	1.101	238.3	1.853	264.5	2.552
6.62	21.516	25.15	10.117	42.62	9.185	64.33	4.082	147.2	1.104	238.5	1.859	264.7	2.564
6.88	21.311	25.42	9.857	42.89	8.948	65.13	3.878	147.99	1.111	239.1	1.869	265.3	2.574
7.15	21.102	25.68	9.597	43.15	8.71	65.39	3.809	150.64	1.184	239.3	1.874	265.5	2.58
7.41	20.891	26.21	9.089	43.42	8.47	65.66	3.741	153.03	1.2	241.7	1.894	266.1	2.592
7.68	20.677	26.47	8.918	43.68	8.229	65.92	3.672	153.29	1.17	242	1.899	266.3	2.599
7.94	20.46	26.74	8.76	43.95	7.992	66.19	3.603	155.67	1.178	242.2	1.907	266.9	2.615
8.21	20.239	27	8.616	44.21	7.877	66.45	3.534	158.06	1.207	242.8	1.923	267.1	2.623
8.47	19.993	27.27	8.484	44.48	7.763	66.72	3.465	159.11	1.235	243	1.931	267.7	2.638
8.74	19.673	27.53	8.365	44.74	7.649	67.25	3.292	160.7	1.29	243.6	1.947	267.9	2.645
9	19.351	27.8	8.26	45.01	7.535	67.51	3.205	162.29	1.245	243.8	1.954	268.5	2.662
9.27	19.027	28.06	8.167	45.27	7.421	68.04	3.032	162.56	1.235	244.4	1.969	268.7	2.671
9.53	18.7	28.33	8.088	45.54	7.307	68.83	2.779	163.09	1.223	244.6	1.978	269.3	2.691
9.8	18.371	28.59	8.022	45.8	7.194	69.1	2.697	163.35	1.221	245.2	1.995	269.5	2.702
10.06	18.041	28.86	8.098	46.07	7.08	69.36	2.626	165.2	1.284	245.4	2.003	269.8	2.714
10.33	17.707	29.12	8.278	46.33	6.967	70.69	2.485	165.73	1.297	246	2.019	271.1	2.732
10.59	17.372	29.39	8.459	46.6	6.872	71.75	2.364	168.12	1.271	246.2	2.027		
10.85	17.034	29.65	8.64	46.86	6.803	72.28	2.291	168.38	1.272	246.5	2.035		
11.12	16.781	29.92	8.822	47.39	6.673	73.34	2.137	170.76	1.338	246.7	2.043		
11.38	16.577	30.18	9.005	47.65	6.612	74.39	1.977	173.41	1.361	247	2.051		
11.91	16.185	30.45	9.189	48.18	6.495	75.98	1.835	175.79	1.438	248.1	2.068		
12.44	15.816	30.71	9.373	48.71	6.388	76.78	1.771	176.06	1.438	248.3	2.073		
12.97	15.47	30.98	9.559	48.98	6.338	78.1	1.649	177.12	1.415	249.4	2.089		
13.24	15.305	31.24	9.745	49.24	6.318	78.63	1.603	178.44	1.396	249.7	2.096		
13.5	15.159	31.77	10.064	50.83	6.237	79.42	1.54	180.82	1.503	249.9	2.105		
13.77	15.164	32.03	10.201	51.36	6.215	81.81	1.32	183.47	1.57	250.5	2.121		
14.3	15.182	32.3	10.337	51.63	6.191	82.07	1.302	184.27	1.587	250.7	2.13		
14.83	15.209	32.83	10.614	52.16	6.079	84.46	1.271	185.06	1.613	251	2.138		
15.36	15.246	33.36	10.899	52.69	5.96	85.78	1.288	185.59	1.635	251.2	2.147		
15.62	15.267	33.62	11.044	53.48	5.771	87.1	1.313	185.85	1.648	251.8	2.164		
15.88	15.291	33.89	11.128	54.01	5.637	89.49	1.336	186.12	1.658	252	2.172		
16.15	15.283	34.15	11.117	54.27	5.605	89.75	1.336	188.5	1.674	252.6	2.182		
16.41	15.24	34.42	11.109	54.54	5.586	90.01	1.332	190.62	1.717	252.8	2.187		
16.68	15.198	34.95	11.101	55.07	5.54	90.81	1.314	191.15	1.73	253.4	2.196		
16.94	15.155	35.21	11.1	55.6	5.482	91.6	1.305	191.68	1.733	254.7	2.22		
17.47	15.075	35.48	11.102	56.13	5.415	92.13	1.305	193.8	1.72	255	2.228		
18.53	14.934	36.01	11.114	56.39	5.377	94.78	1.187	194.86	1.725	255.2	2.235		
18.8	14.826	36.27	11.124	56.66	5.351	95.84	1.145	195.65	1.737	255.5	2.243		
19.33	14.58	36.8	11.1	56.92	5.426	96.37	1.121	196.18	1.749	255.7	2.25		
19.86	14.317	37.06	11.093	57.19	5.501	97.16	1.078	198.83	1.77	257.1	2.283		
20.39	14.036	37.33	11.09	57.45	5.577	98.22	1.039	200.7	1.776	257.3	2.291		
20.92	13.737	37.59	11.092	57.72	5.652	98.49	1.031	203.9	1.771	257.9	2.306		

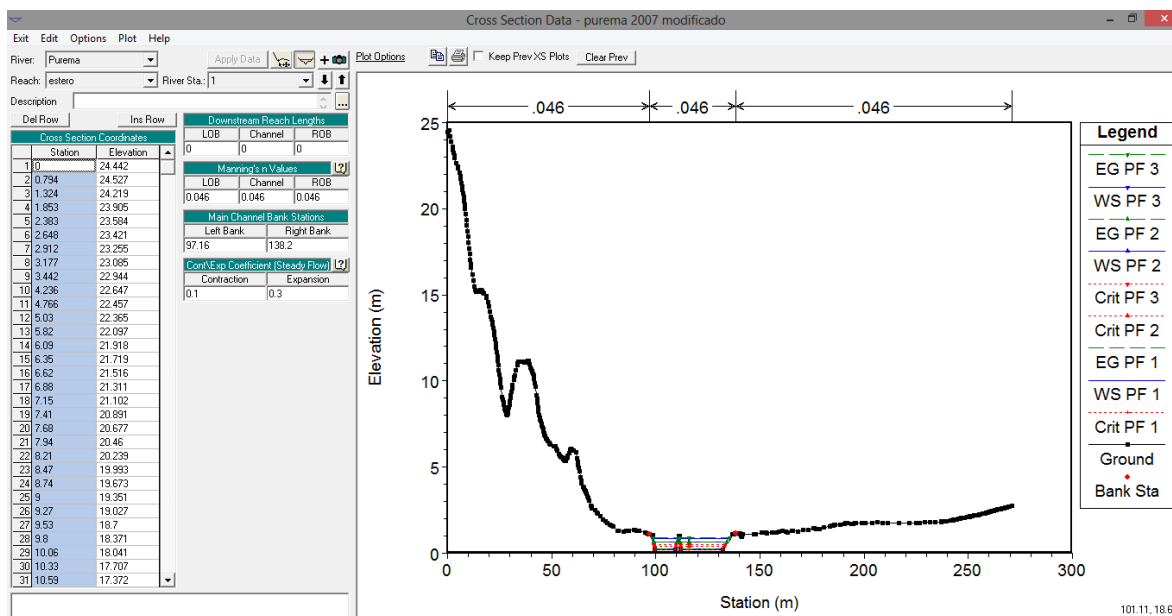


Figura b.2. Perfil Transversal N°1.

B.2. Modelación topografía 2013.

A continuación se presenta la metodología usada para la modelación correspondiente al MDT 2007.

- a) Importar línea media longitudinal del cauce desde Global Mapper a Hec-Ras.

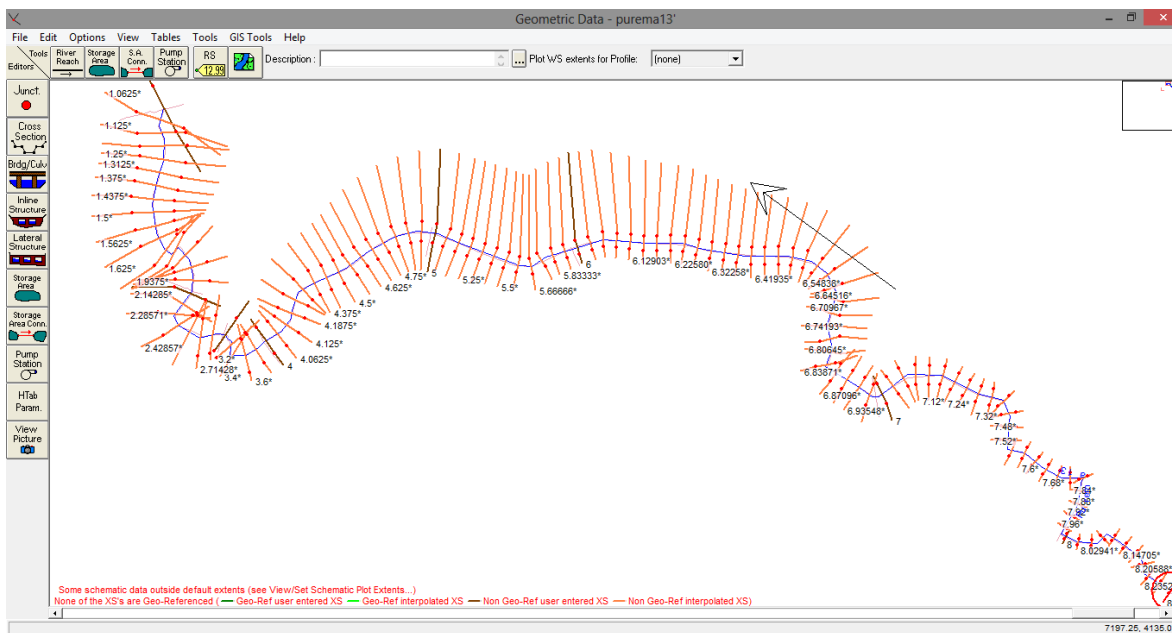


Figura b.3. Perfil longitudinal extraído desde topografía en terreno a Hec-ras.

a) Generar los perfiles transversales desde Global Mapper.

A continuación se presentan ejemplo de como se realizó la modelación, se debe mencionar que los perfiles se ingresaron en HEC-ras desde aguas abajo a aguas arriba en la modelación.

Tabla B.2. Perfil entregado por la topografía en terreno presentando elevación/estación.

Estación	Elevación	Estación	Elevación
-19.31	1.35	26	0.958
1	1.252	27	0.956
2	1.24	28	0.955
3	1.228	29	0.954
4	1.217	30	0.952
5	1.203	31	0.958
6	1.188	32	0.965
7	1.17	33	0.973
8	1.151	34	0.98
9	1.129	35	0.987
10	1.106	36	0.995
11	1.083	37	1.002
12	1.059	38	1.009
13	1.036	39	1.017
14	1.013	40	1.024
15	0.999	41	1.031
16	0.995	42	1.039
17	0.992	43	1.055
18	0.989	44	1.078
19	0.986	45	1.102
20	0.983	46	1.125
21	0.98	47	1.148
22	0.977	51.48	1.26
23	0.972	79.51	1.32
24	0.966		
25	0.961		

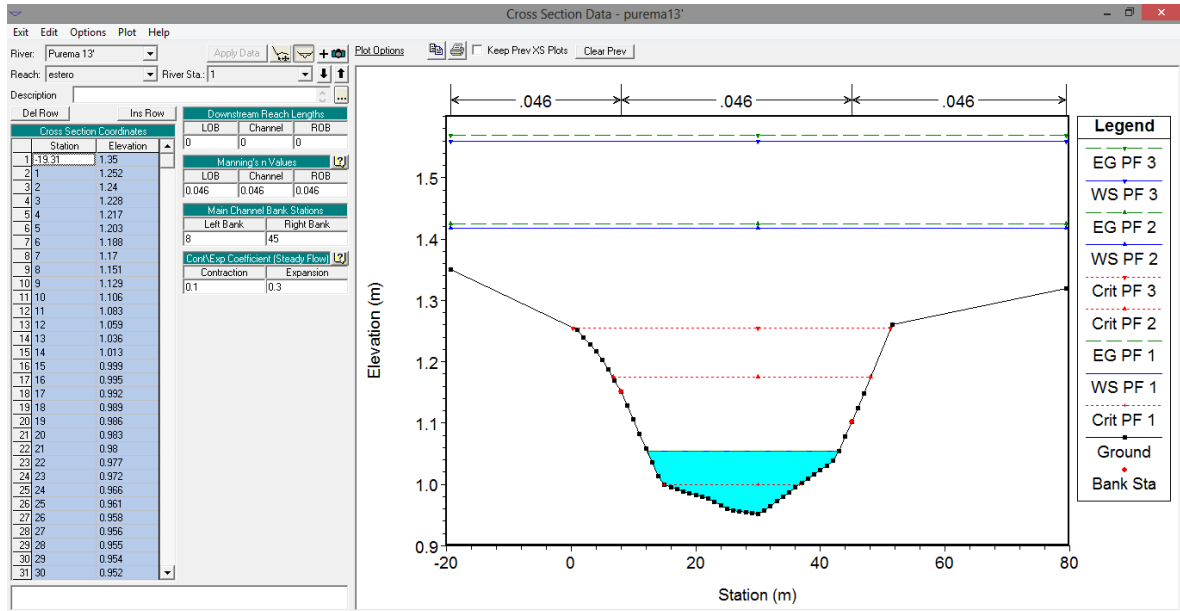


Figura b.4. Perfil Transversal N°1.

Si siguiendo el procedimiento mostrado anteriormente se completa para los 12 cortes transversales que fue posible realizar con la ayuda del MDT 2007 y los 9 cortes realizados en la topografía en terreno, una vez modelado con estos datos se obtuvieron los resultados mostrados a continuación.

B.3. Tabla de resultados en condición de bajamar para modelación MDT 2007.

RiverSta	Q total(m3/s)	slope (m/m)	vel (m/s)	area (m2)	top width (m)	Froude
1	0.24	0.000005	0.02	11.27	37.79	0.01
2	0.24	0.00001	0.03	7.79	25.89	0.02
3	0.24	0.000009	0.03	8.33	27.53	0.02
4	0.24	0.000626	0.14	1.75	5.51	0.08
5	0.24	0.002693	0.21	1.13	5.93	0.16
6	0.24	0.003063	0.19	1.24	8.3	0.16
7	0.24	0.002631	0.15	1.55	7.09	0.11
8	0.24	0.00228	0.15	1.6	6.81	0.1
9	0.24	0.00185	0.1	2.3	14.66	0.08
10	0.24	0.004478	0.18	1.31	6.91	0.13
11	0.24	0.002167	0.17	1.41	4.69	0.1
12	0.24	0.007532	0.26	0.93	4.29	0.18
1	7.95	0.005514	0.71	11.27	37.79	0.41
2	7.95	0.000897	0.47	16.8	26.02	0.19
3	7.95	0.000439	0.37	21.37	27.74	0.14
4	7.95	0.010556	1.17	7.22	14.75	0.34
5	7.95	0.000528	0.25	44.29	94.2	0.09
6	7.95	0.002477	0.51	19.91	66.85	0.19
7	7.95	0.000197	0.1	90.76	144.67	0.04
8	7.95	0.00473	0.48	21.18	50.43	0.17
9	7.95	0.000156	0.11	94.64	146.56	0.03
10	7.95	0.008117	0.65	12.59	26.67	0.23
11	7.95	0.003505	0.48	22.92	76.66	0.15
12	7.95	0.004336	0.51	20.63	47.57	0.17
1	15.66	0.021396	1.4	11.27	37.79	0.82
2	15.66	0.001242	0.68	23.04	26.1	0.23
3	15.66	0.0006	0.53	29.56	30.32	0.16
4	15.66	0.008135	1.21	18.22	46.66	0.31
5	15.66	0.000516	0.29	68.08	94.59	0.09
6	15.66	0.00151	0.45	47.06	96.1	0.15
7	15.66	0.000256	0.14	131.31	160.82	0.04
8	15.66	0.005663	0.58	36.16	74.8	0.19
9	15.66	0.000216	0.14	132.23	146.94	0.04
10	15.66	0.009755	0.83	26.24	78.56	0.26
11	15.66	0.003181	0.53	45.8	104.43	0.15
12	15.66	0.00415	0.6	35.48	55.64	0.17

B.4. Tabla de resultados en condición de pleamar para modelación MDT 2007.

RiverSta	Q total (m3/s)	slope (m/m)	vel (m/s)	area (m2)	top width (m)	Froude
1	0.24	0	0.01	47.38	63	0
2	0.24	0	0.01	36.75	103.96	0
3	0.24	0	0.01	34.04	35.87	0
4	0.24	0.00001	0.04	7.12	14.33	0.01
5	0.24	0.000182	0.07	3.54	18.79	0.04
6	0.24	0.003034	0.19	1.24	8.3	0.16
7	0.24	0.00263	0.15	1.55	7.09	0.11
8	0.24	0.00228	0.15	1.6	6.81	0.1
9	0.24	0.00185	0.1	2.3	14.66	0.08
10	0.24	0.004478	0.18	1.31	6.91	0.13
11	0.24	0.002167	0.17	1.41	4.69	0.1
12	0.24	0.007532	0.26	0.93	4.29	0.18
1	7.95	0.000062	0.17	47.38	63	0.05
2	7.95	0.000104	0.24	38.57	115.03	0.07
3	7.95	0.000093	0.23	35.38	37.22	0.07
4	7.95	0.005474	0.9	11.01	25.41	0.25
5	7.95	0.000484	0.24	45.53	94.22	0.08
6	7.95	0.002472	0.51	19.92	66.96	0.19
7	7.95	0.000197	0.1	90.77	144.67	0.04
8	7.95	0.00473	0.48	21.18	50.43	0.17
9	7.95	0.000156	0.11	94.64	146.56	0.03
10	7.95	0.008117	0.65	12.59	26.67	0.23
11	7.95	0.003505	0.48	22.92	76.66	0.15
12	7.95	0.004336	0.51	20.63	47.57	0.17
1	15.66	0.000241	0.34	47.38	63	0.1
2	15.66	0.000337	0.44	44.07	125.9	0.13
3	15.66	0.000281	0.42	38.9	42.69	0.12
4	15.66	0.006784	1.13	20.92	59.13	0.29
5	15.66	0.0005	0.28	68.73	94.6	0.09
6	15.66	0.001509	0.45	47.06	96.11	0.15
7	15.66	0.000256	0.14	131.32	160.82	0.04
8	15.66	0.005663	0.58	36.16	74.8	0.19
9	15.66	0.000216	0.14	132.23	146.94	0.04
10	15.66	0.009755	0.83	26.24	78.56	0.26
11	15.66	0.003181	0.53	45.8	104.43	0.15
12	15.66	0.00415	0.6	35.48	55.64	0.17

B.5. Tabla de resultados en condición de bajamar para modelación 2010.

RiverSta	Q total(m3/s)	slope (m/m)	vel (m/s)	area (m2)	top width (m)	Froude
1	0.24	0.05395	0.44	0.55	21.63	0.87
2	0.24	0.00219	0.23	1.04	9.59	0.22
3	0.24	0.00004	0.05	4.7	21.29	0.03
4	0.24	0.00021	0.09	2.69	17.84	0.07
5	0.24	0.00113	0.12	1.97	13.25	0.1
6	0.24	0.00051	0.11	2.3	11.78	0.07
7	0.24	0.00036	0.1	2.39	8.54	0.06
8	0.24	0.00282	0.19	1.28	4.57	0.11
9	0.24	0.00238	0.18	1.35	4.61	0.11
1	7.95	0.03663	1.27	6.35	41.33	0.99
2	7.95	0.00310	0.67	13.55	46.07	0.33
3	7.95	0.00081	0.45	18.94	35.12	0.18
4	7.95	0.00108	0.53	15.69	29.51	0.21
5	7.95	0.00153	0.42	24.89	57.04	0.15
6	7.95	0.00121	0.43	25.98	51.13	0.14
7	7.95	0.00131	0.46	17.89	20.63	0.14
8	7.95	0.00751	1.03	7.87	4.69	0.25
9	7.95	0.00277	0.75	12.13	12.5	0.16
1	15.66	0.03651	1.64	10.03	50.91	1.05
2	15.66	0.00339	0.86	21.34	54.88	0.37
3	15.66	0.00129	0.64	26.23	40.65	0.23
4	15.66	0.00150	0.75	22.36	33.85	0.26
5	15.66	0.00160	0.52	42.01	76.33	0.16
6	15.66	0.00139	0.54	41.8	65.34	0.15
7	15.66	0.00175	0.65	26.07	25.52	0.17
8	15.66	0.01022	1.47	10.83	4.75	0.31
9	15.66	0.00215	0.82	30.04	29.82	0.15

B.6. Tabla de resultados en condición de pleamar para modelación 2010.

RiverSta	Q total(m3/s)	slope (m/m)	vel (m/s)	area (m2)	top width (m)	Froude
1	0.24	0.000021	0.03	7.43	43.88	0.02
2	0.24	0.002179	0.23	1.04	9.6	0.22
3	0.24	0.000044	0.05	4.7	21.29	0.03
4	0.24	0.00021	0.09	2.69	17.84	0.07
5	0.24	0.00113	0.12	1.97	13.26	0.1
6	0.24	0.000511	0.11	2.3	11.78	0.07
7	0.24	0.000361	0.1	2.39	8.54	0.06
8	0.24	0.002823	0.19	1.28	4.57	0.11
9	0.24	0.002375	0.18	1.35	4.61	0.11
1	7.95	0.022676	1.1	7.43	43.88	0.79
2	7.95	0.003103	0.67	13.55	46.07	0.33
3	7.95	0.000812	0.45	18.94	35.12	0.18
4	7.95	0.001081	0.53	15.69	29.51	0.21
5	7.95	0.001533	0.42	24.89	57.04	0.15
6	7.95	0.00121	0.43	25.98	51.13	0.14
7	7.95	0.00131	0.46	17.89	20.63	0.14
8	7.95	0.007514	1.03	7.87	4.69	0.25
9	7.95	0.002767	0.75	12.13	12.5	0.16
1	15.66	0.036508	1.64	10.03	50.91	1.05
2	15.66	0.003389	0.86	21.34	54.88	0.37
3	15.66	0.00129	0.64	26.23	40.65	0.23
4	15.66	0.001501	0.75	22.36	33.85	0.26
5	15.66	0.001601	0.52	42.01	76.33	0.16
6	15.66	0.001391	0.54	41.8	65.34	0.15
7	15.66	0.001745	0.65	26.07	25.52	0.17
8	15.66	0.010224	1.47	10.83	4.75	0.31
9	15.66	0.002149	0.82	30.04	29.82	0.15

B.7. Tabla de resultados en condición de altura normal para modelación 2007.

RiverSta	Q Total(m3/s)	E.G. Slope(m/m)	VelChnl(m/s)	FlowArea(m2)	Top Width(m)	Froude
1	0.24	0.002121	0.14	1.67	30.59	0.2
2	0.24	0.000488	0.1	2.31	22.85	0.1
3	0.24	0.000852	0.14	1.75	17.43	0.14
4	0.24	0.001108	0.18	1.37	4.81	0.1
5	0.24	0.000692	0.13	1.92	8.07	0.08
6	0.24	0.003067	0.19	1.24	8.3	0.16
7	0.24	0.002485	0.15	1.59	7.16	0.1
8	0.24	0.002282	0.15	1.6	6.81	0.1
9	0.24	0.001783	0.1	2.35	15.02	0.08
10	0.24	0.004454	0.18	1.31	6.92	0.13
11	0.24	0.00217	0.17	1.41	4.69	0.1
12	0.24	0.00739	0.26	0.94	4.3	0.18
1	7.95	0.002121	0.56	14.32	34.11	0.27
2	7.95	0.001031	0.5	16.07	33.58	0.2
3	7.95	0.000961	0.47	17.56	37.21	0.2
4	7.95	0.002525	0.6	21.45	74.65	0.19
5	7.95	0.00025	0.18	56.02	94.39	0.06
6	7.95	0.002437	0.5	20.09	68.01	0.19
7	7.95	0.000197	0.1	90.85	144.69	0.04
8	7.95	0.00474	0.48	21.16	50.4	0.17
9	7.95	0.000157	0.11	94.61	146.56	0.03
10	7.95	0.008124	0.66	12.58	26.59	0.23
11	7.95	0.003508	0.48	22.91	76.63	0.15
12	7.95	0.004322	0.51	20.66	47.67	0.17
1	15.66	0.002124	0.71	22.05	36.09	0.29
2	15.66	0.000939	0.6	35.68	126.13	0.21
3	15.66	0.000996	0.61	28.53	48.24	0.21
4	15.66	0.002007	0.61	46.33	132.01	0.18
5	15.66	0.000329	0.24	78.15	94.76	0.07
6	15.66	0.001529	0.45	46.82	96.04	0.15
7	15.66	0.000257	0.14	131.09	160.76	0.04
8	15.66	0.005673	0.58	36.14	74.79	0.19
9	15.66	0.000216	0.14	132.17	146.94	0.04
10	15.66	0.009794	0.83	26.18	78.49	0.26
11	15.66	0.003186	0.53	45.77	104.34	0.15
12	15.66	0.004149	0.6	35.48	55.64	0.17

B.8. Tabla de resultados en condición de altura normal para modelación 2010.

RiverSta	Q Total(m3/s)	E.G. Slope(m/m)	VelChnl(m/s)	FlowArea(m2)	Top Width(m)	Froude
1	0.24	0.00113	0.12	2.02	30.74	0.15
2	0.24	0.002185	0.23	1.04	9.59	0.22
3	0.24	0.000044	0.05	4.7	21.29	0.03
4	0.24	0.000211	0.09	2.69	17.84	0.07
5	0.24	0.00113	0.12	1.97	13.25	0.1
6	0.24	0.000511	0.11	2.3	11.78	0.07
7	0.24	0.000361	0.1	2.39	8.54	0.06
8	0.24	0.002823	0.19	1.28	4.57	0.11
9	0.24	0.002375	0.18	1.35	4.61	0.11
1	7.95	0.00113	0.4	24.17	98.82	0.2
2	7.95	0.003087	0.67	13.58	46.1	0.33
3	7.95	0.000811	0.45	18.94	35.13	0.18
4	7.95	0.00108	0.53	15.7	29.51	0.21
5	7.95	0.001533	0.42	24.9	57.04	0.15
6	7.95	0.00121	0.43	25.98	51.13	0.14
7	7.95	0.00131	0.46	17.89	20.63	0.14
8	7.95	0.007514	1.03	7.87	4.69	0.25
9	7.95	0.002767	0.75	12.13	12.5	0.16
1	15.66	0.001131	0.49	38.15	98.82	0.21
2	15.66	0.003355	0.86	21.41	54.98	0.37
3	15.66	0.001288	0.64	26.24	40.66	0.23
4	15.66	0.001499	0.75	22.37	33.86	0.26
5	15.66	0.0016	0.52	42.02	76.33	0.16
6	15.66	0.001391	0.54	41.8	65.34	0.15
7	15.66	0.001745	0.65	26.07	25.52	0.17
8	15.66	0.010224	1.47	10.83	4.75	0.31
9	15.66	0.002149	0.82	30.04	29.82	0.15

**ANEXO C: GRANULOMETRÍA DE LA CAPA SUBSUPERFICIAL POR
TRAMOS SEGÚN NCH 165 OF. 77.**

C.1. granulometría correspondiente a la capa subsuperficial del tramo 1.

Tamiz	Abertura (mm)	Retiene	% retenido	% pasa
3/4	19.05	0	0.0	100.0
3/8	9.525	0	0.0	100.0
N°4	4.76	0	0.0	100.0
N°10	2	0	0.0	100.0
N°20	0.9	0	0.0	100.0
N°40	0.5	0.4	0.1	99.9
N°60	0.3	7.1	1.3	98.7
N°200	0.08	552.4	97.5	1.2
Material fino lavado (gr)		6.7		
Peso inicial (gr)	566.6			

C.2. granulometría correspondiente a la capa subsuperficial del tramo 2.

Tamiz	Abertura(mm)	Retiene	% retenido	% pasa
¾	19.05	0	0.0	100.0
3/8	9.525	0	0.0	100.0
N°4	4.76	0.9	0.2	99.8
N°10	2	7	1.2	98.6
N°20	0.9	28.6	5.0	93.6
N°40	0.5	33.1	5.8	87.8
N°60	0.3	34	5.9	81.9
N°200	0.08	118.5	20.7	61.2
Material fino lavado (gr)		349.6		
Peso inicial (gr)	571.7			

C.3. granulometría correspondiente a la capa subsuperficial del tramo 3.1.

Tamiz	Abertura(mm)	Retiene	% retenido	% pasa
¾	19.05	6	1.0	99.0
3/8	9.525	35.4	5.8	93.2
N°4	4.76	61.1	10.0	83.2
N°10	2	116.5	19.1	64.1
N°20	0.9	142.8	23.4	40.7
N°40	0.5	101.3	16.6	24.1
N°60	0.3	42.7	7.0	17.1
N°200	0.08	50.6	8.3	8.8
Material fino lavado (gr)		59.9		
Peso inicial (gr)	610.3			

C.4. granulometría correspondiente a la capa subsuperficial del tramo 3.2.

Tamiz	Abertura(mm)	Retiene	% retenido	% pasa
¾	19.05	0	0.0	100.0
3/8	9.525	0	0.0	100.0
N°4	4.76	0.3	0.1	99.9
N°10	2	18.9	3.7	96.3
N°20	0.9	220.3	42.9	53.4
N°40	0.5	177.7	34.6	18.8
N°60	0.3	39.6	7.7	11.1
N°200	0.08	36.9	7.2	3.9
Material fino lavado (gr)		20		
Peso inicial (gr)	513.7			

C.4. granulometría correspondiente a la capa subsuperficial del tramo 3.3.

Tamiz	Abertura (mm)	Retiene	% retenido	% pasa
3/4	19.05	0	0.0	100.0
3/8	9.525	10	1.8	98.2
N°4	4.76	29.9	5.4	92.8
N°10	2	68.4	12.4	80.4
N°20	0.9	252.9	45.8	34.6
N°40	0.5	147.5	26.7	7.8
N°60	0.3	24.6	4.5	3.4
N°200	0.08	7.7	1.4	2.0
Material fino lavado (gr)		11		
Peso inicial (gr)	552			