ESTUDIO CONCEPTUAL DE PROFUNDIZACIÓN DEL CANAL HAVERBECK. XIV REGIÓN DE LOS RÍOS, VALDIVIA

DEFENSA DEL PROYECTO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL OCEÁNICO

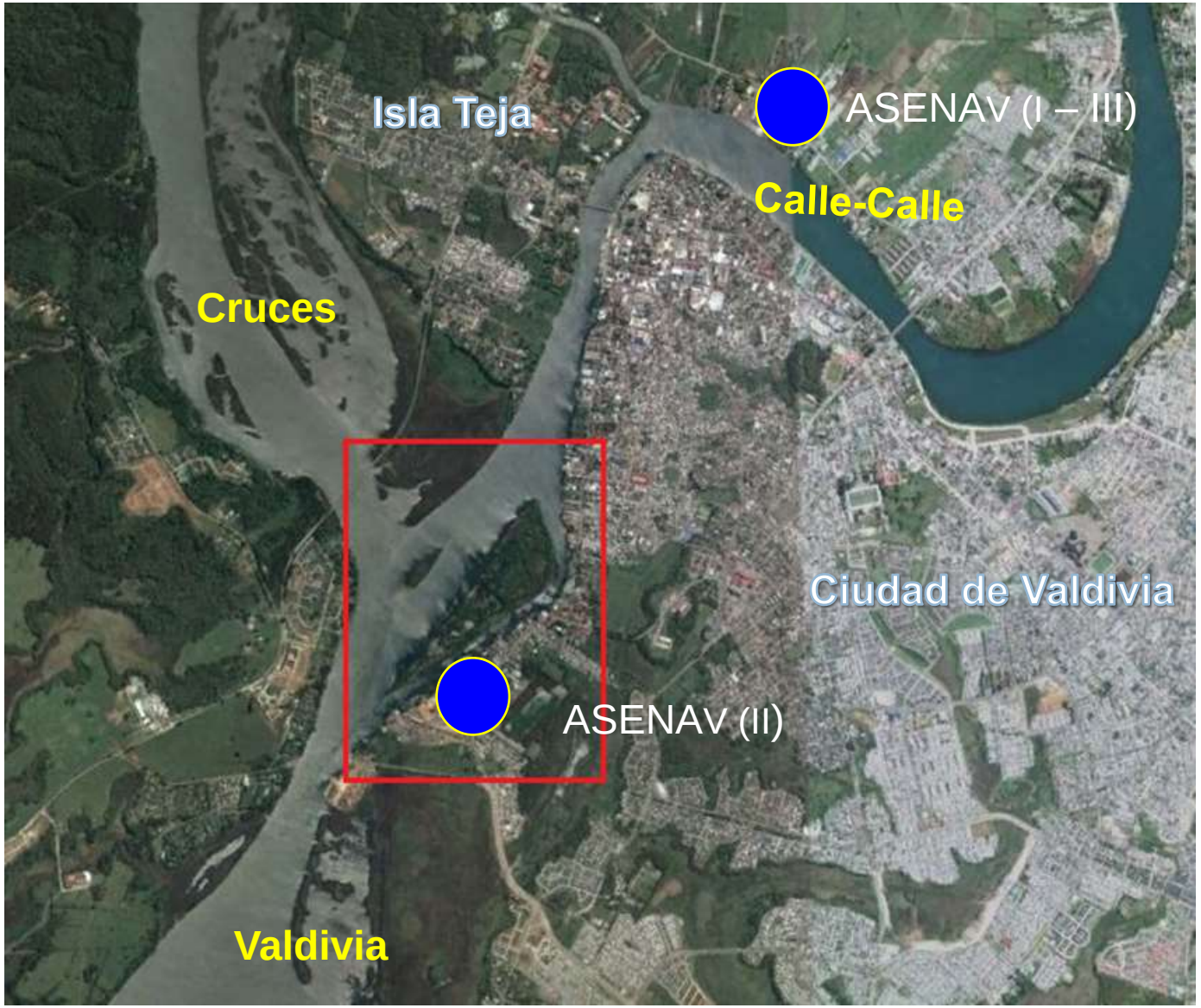
GINA GAJARDO ESPINOZA

NOVIEMBRE 2018

ÍNDICE DE CONTENIDOS

- Introducción
- Objetivos
- Alcances y limitaciones
- Metodología
- Resultados
- Conclusiones y recomendaciones

INTRODUCCIÓN



ASENAV

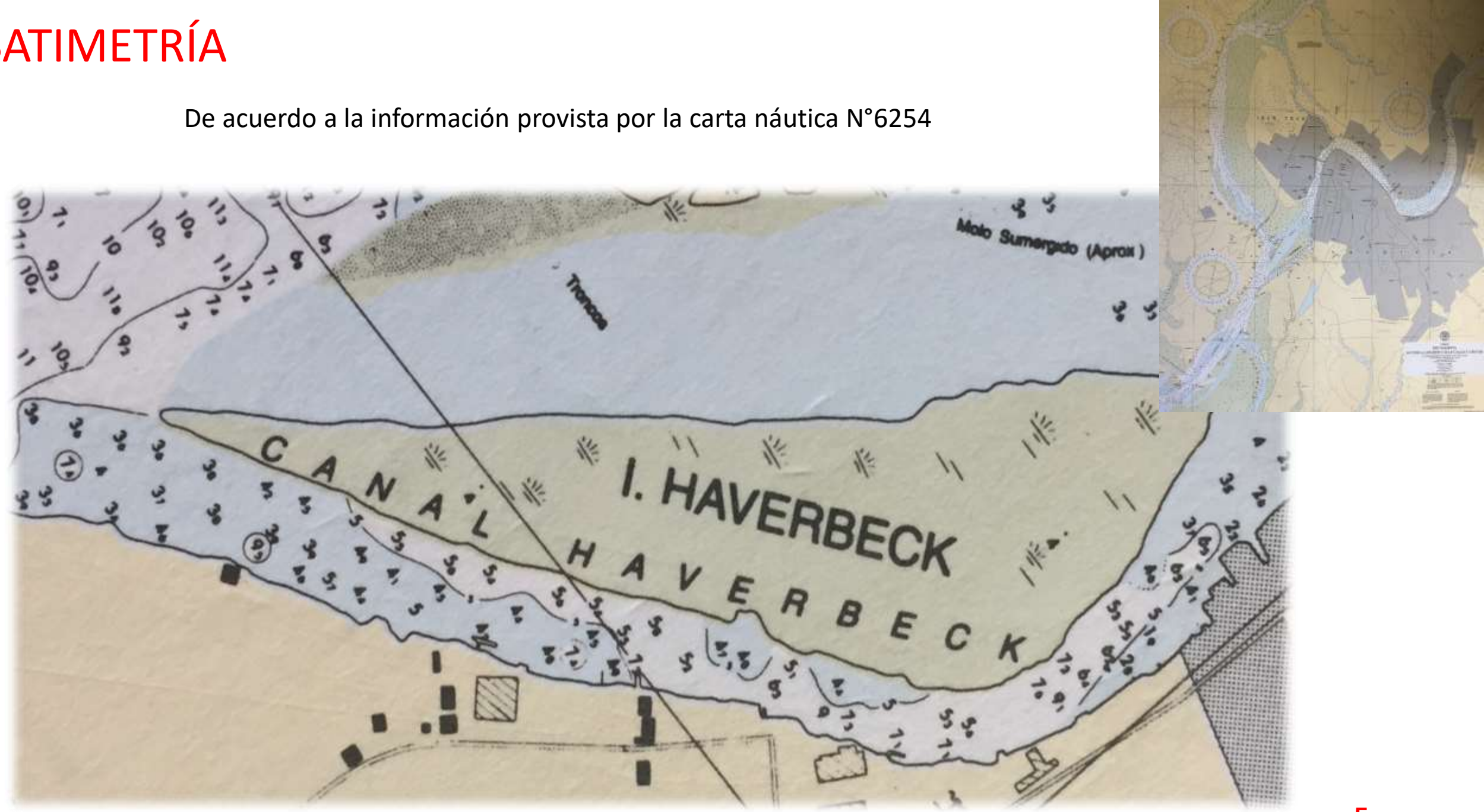
TERMINAL I Y III

PUENTE CRUCES

TERMINAL II

BATIMETRÍA

De acuerdo a la información provista por la carta náutica N°6254



OBJETIVOS

GENERAL

✓Diseñar un dragado de mantención que permita la óptima navegabilidad

ESPECÍFICOS

✓Caracterizar el régimen de transporte de sedimentos en la zona, en la condición actual y con proyecto.

✓Determinar la profundidad necesaria para la operación de naves de hasta 7 m de calado en el canal Haverbeck, empleando el modelo numérico FESWMS-2DH.

ALCANCES Y LIMITACIONES

NO SE LOGRÓ REALIZAR UNA CALIBRACIÓN DE SEDIMENTOS NI DE CORRIENTES

ESTA ES UNA LIMITANTE QUE PODRÍA AFECTAR A LOS RESULTADOS DE TRANSPORTE DE SEDIMENTO

EL MODELO HA SIDO REVISADO Y SOMETIDO A ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD, SE CUENTA CON UNA CONFIANZA DE QUE LOS RESULTADOS SON REPRESENTATIVOS.

METODOLOGÍA
MODELO NUMÉRICO FESWMS-2DH

Se aplican las ecuaciones de momentum promediadas en la profundidad para representar las velocidades ortogonales (U y V) integradas en la vertical

$$U=\frac{1}{H}\int_{z_b}^{z_w} u(z)\,dz \qquad V=\frac{1}{H}\int_{z_b}^{z_w} v(z)\,dz$$

z_w → ELEVACIÓN DE LA SUPERFICIE DE AGUA

z_b → ELEVACIÓN DEL FONDO

La ecuación de conservación de masa se define como

FLUJO DE MASA ↓ ↑

$$0 = \frac{\partial z_w}{\partial t} + \frac{\partial q_1}{\partial x} + \frac{\partial q_2}{\partial y}$$

$\frac{\partial q_2}{\partial y}$ → FLUJO EN DIRECCIÓN Y

$\frac{\partial q_1}{\partial x}$ ↓ FLUJO EN DIRECCIÓN X

MODELO NUMÉRICO FESWMS-2DH

Las ecuaciones de gobierno que describen el transporte de momentum tanto para el eje x como el eje y son

FRICCIÓN DE FONDO

$$\frac{\partial q_1}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\beta\frac{q_1^2}{H}+\frac{1}{2}gH^2\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\beta\frac{q_1 q_2}{H}\right)+gH\frac{\partial z_b}{\partial x}+\frac{H}{\rho}\frac{\partial p_a}{\partial x}-q_2+\frac{1}{\rho}\left[\tau_{bx}-\cancel{\tau_{sx}}-\frac{\partial(H\tau_{xx})}{\partial x}-\frac{\partial(H\tau_{xy})}{\partial y}\right]=0$$

$$\frac{\partial q_2}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial y}\left(\beta\frac{q_1^2}{H}+\frac{1}{2}gH^2\right)+\frac{\partial}{\partial x}\left(\beta\frac{q_1 q_2}{H}\right)+gH\frac{\partial z_b}{\partial y}+\frac{H}{\rho}\frac{\partial p_a}{\partial y}-q_1+\frac{1}{\rho}\left[\tau_{by}-\cancel{\tau_{sy}}-\frac{\partial(H\tau_{yx})}{\partial x}-\frac{\partial(H\tau_{yy})}{\partial y}\right]=0$$

TURBULENCIA DEL FLUJO

COEF. CORRECCIÓN DE FLUJO DE MOMENTO ISOTÓPICO
QUE REPRESENTA LA VARIACIÓN VERTICAL DE LA VELOCIDAD DE FLUJO

g aceleración de gravedad, ρ densidad del fluido, p_a presión atmosférica, Y Ω parámetro de coriolis

MODELO NUMÉRICO FESWMS-2DH, TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

Los cambios en los niveles del lecho provocados por la erosión o el depósito de sedimentos están dados por la ecuación de continuidad

FLUJO EN DIRECCIÓN Y

$$(1-\eta_s)\frac{\partial z_b}{\partial t}+\frac{\partial q_{s1}}{\partial x}+\frac{\partial q_{s2}}{\partial y}=0$$

POROSIDAD DEL MATERIAL

FLUJO EN DIRECCIÓN X

MODELO NUMÉRICO FESWMS-2DH, CÁLCULOS AUXILIARES

Se adimensiona la tensión de corte (τ) de acuerdo a la siguiente fórmula

$$\tau^* = \frac{\tau}{\rho g (S-1) d}$$

$\boldsymbol{\rho}$ es la densidad del fluido

$\boldsymbol{g}$ es la gravedad

$\boldsymbol{S}$ es la proporción de la densidad del sedimento y del fluido

$\boldsymbol{d}$ el diámetro de los sedimentos.

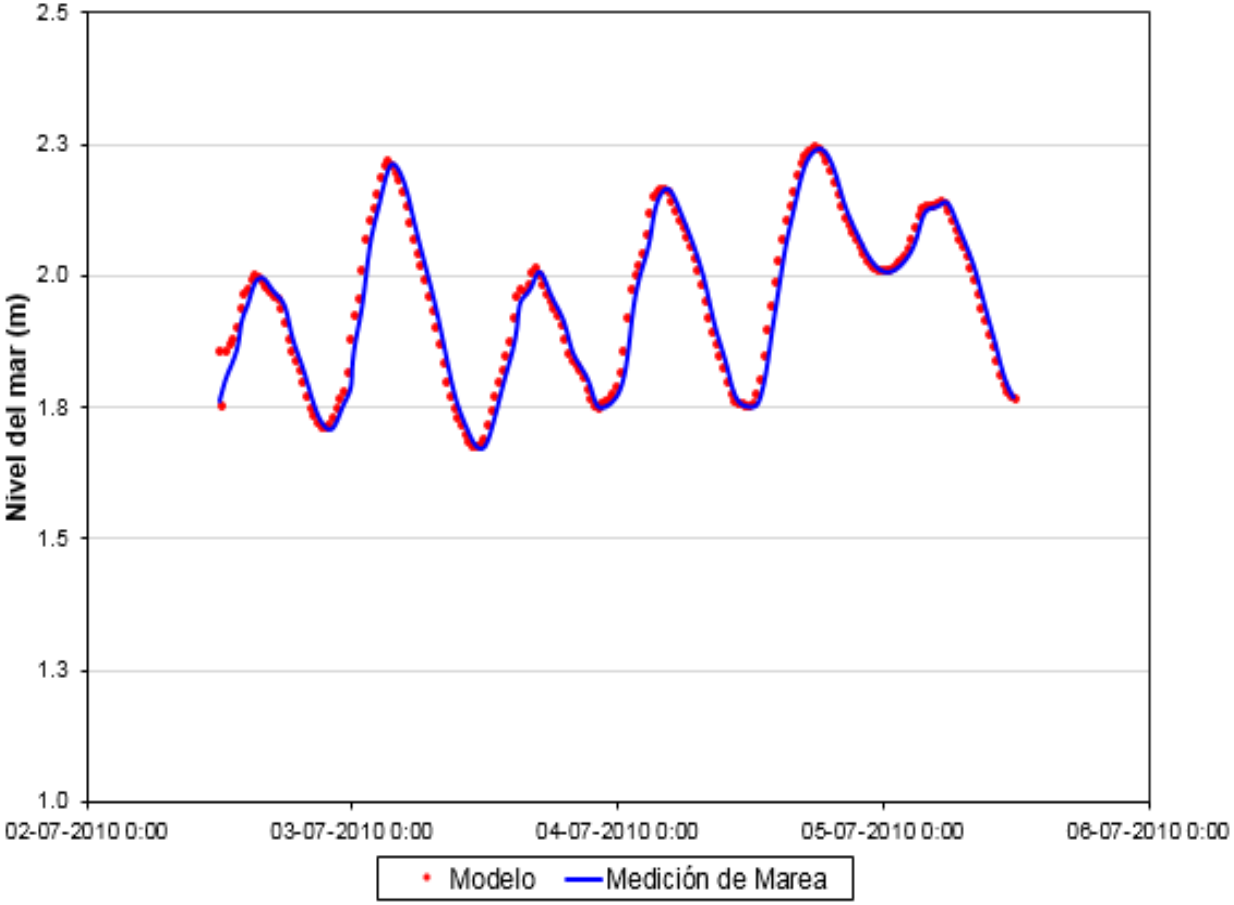
Luego se calculó la tensión admisible (τ^*) a partir del cual se calcula el transporte adimensional, de acuerdo a la siguiente expresión para Meyer-Peter y Müller (1948)

$$q^* = 8\,\underbrace{(\tau^* - 0{,}048)}_{\text{DESBALANCE DE TENSIÓN CRÍTICA}}{}^{\frac{3}{2}}$$

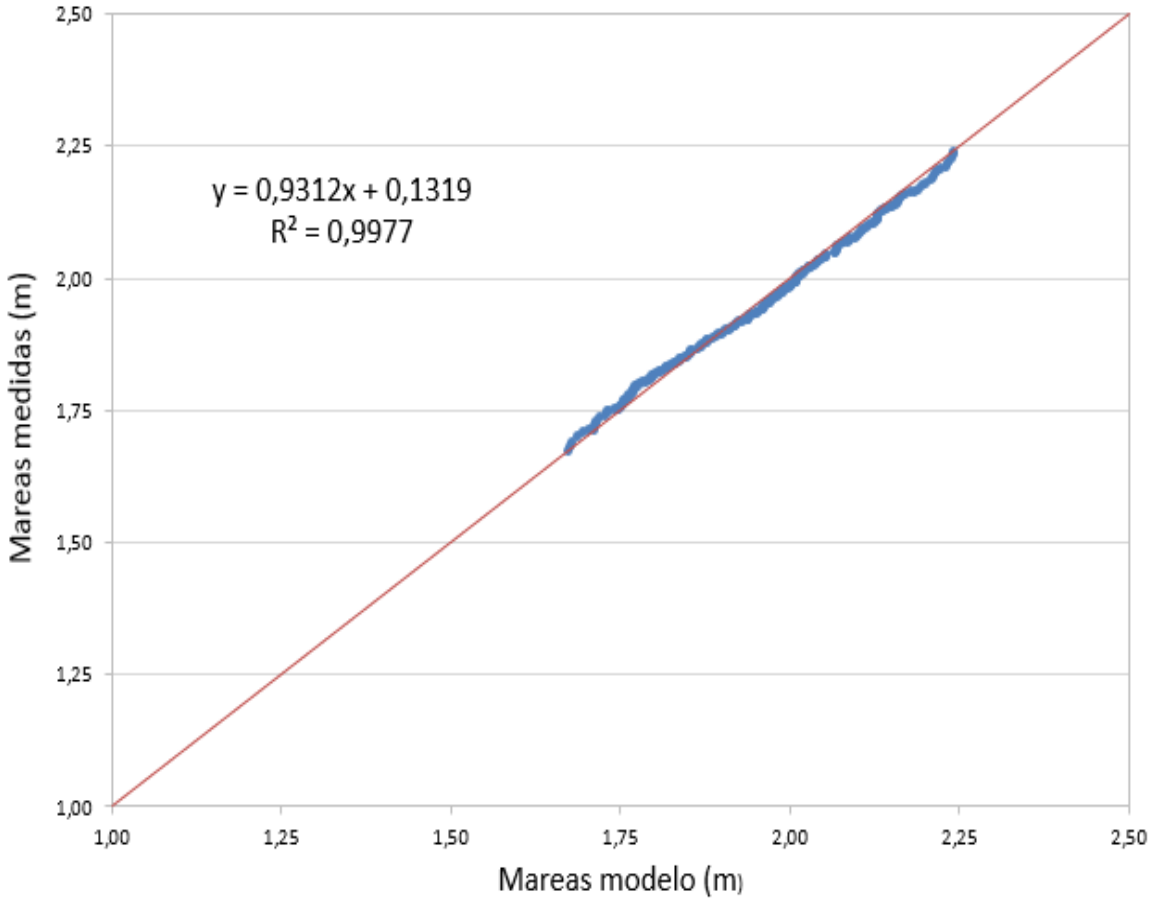
SI $\boldsymbol{q}^*$ ES POSITIVO EXISTE TRANSPORTE
SI ES NEGATIVO NO EXISTE TRANSPOTE

CALIBRACIÓN CON MAREAS

Comparación series de tiempo



Comparación dato a dato



BUQUE DE DISEÑO

TIPO	ARMADOR	CALADO MÁX.	DISEÑO	ESLORA TOTAL	MANGA	AÑO CONSTRUCCIÓN	POTENCIA	ÁREA DE CARGA
UT 745 CDL PSV Supply Vessel	Maersk	7 m	Rolls Royce Marine	90,15 m	18,80 m	2009/2010	2 x 5.222 hp	900 m²

ANCHO DE LA VÍA DE NAVEGACIÓN

Requerimientos en planta de la ROM, parte 8

ANCHURA NOMINAL

ANCHURA TOTAL

$$Bt = Bn + Br$$

ANCHURA DE RESERVA

PROFUNDIDAD DE LA VÍA DE NAVEGACIÓN

Requerimientos en alzado de la ROM, parte 7

CALADO ESTÁTICO

AUMENTO CALADO

MOVIMIENTO POR OLEAJE

$$\boxed{H_1 = D_e + d_s + d_g + d_t + 0.7d_w + rv_{sm} + rv_{sd}}$$

PROF. TOTAL

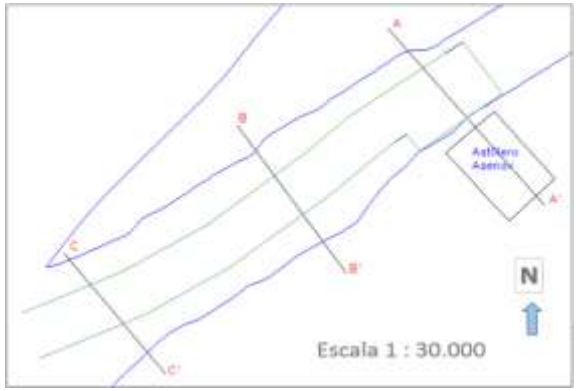
CAMBIO DE DENSIDAD

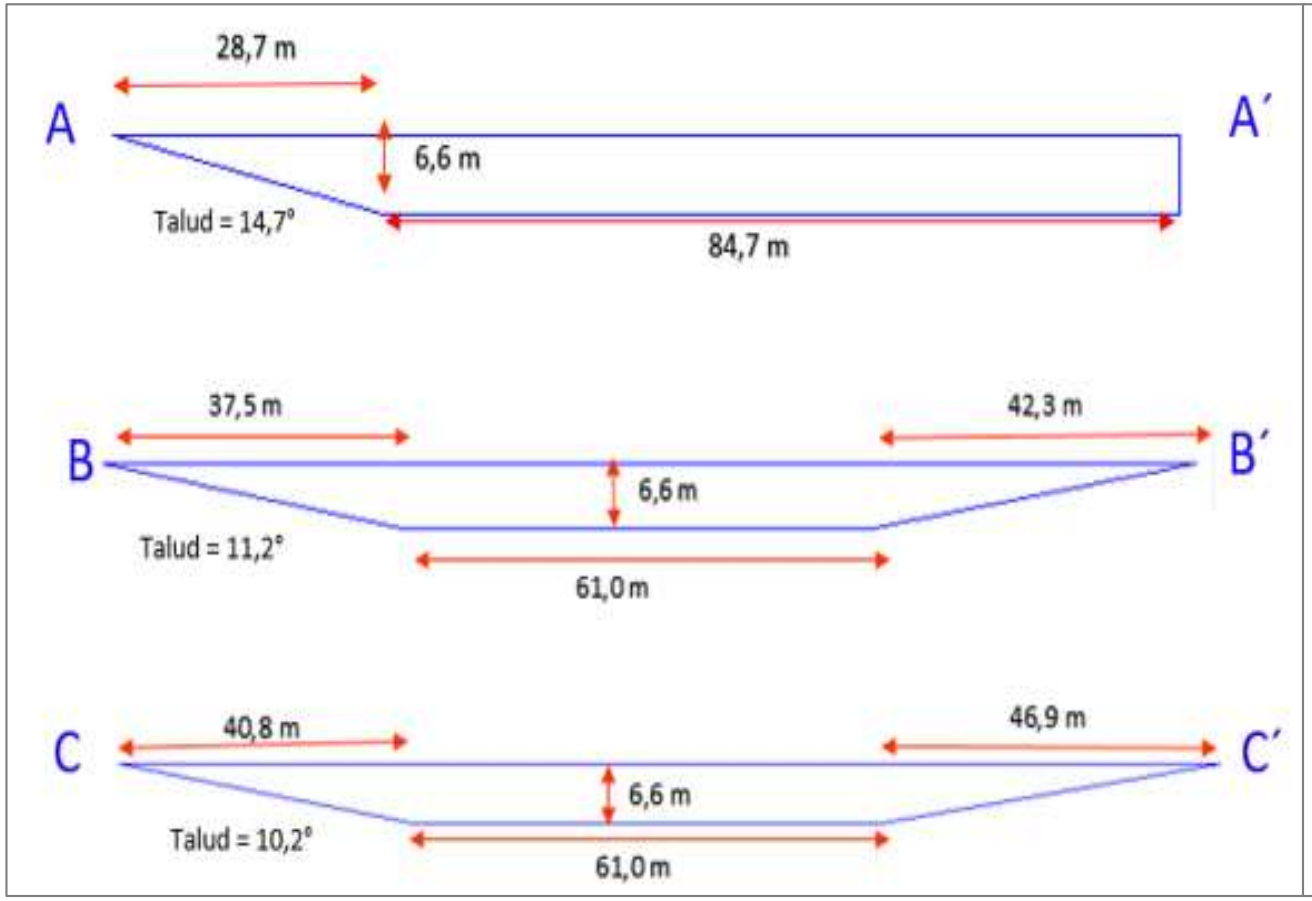
MÁX. SOBRECALADO

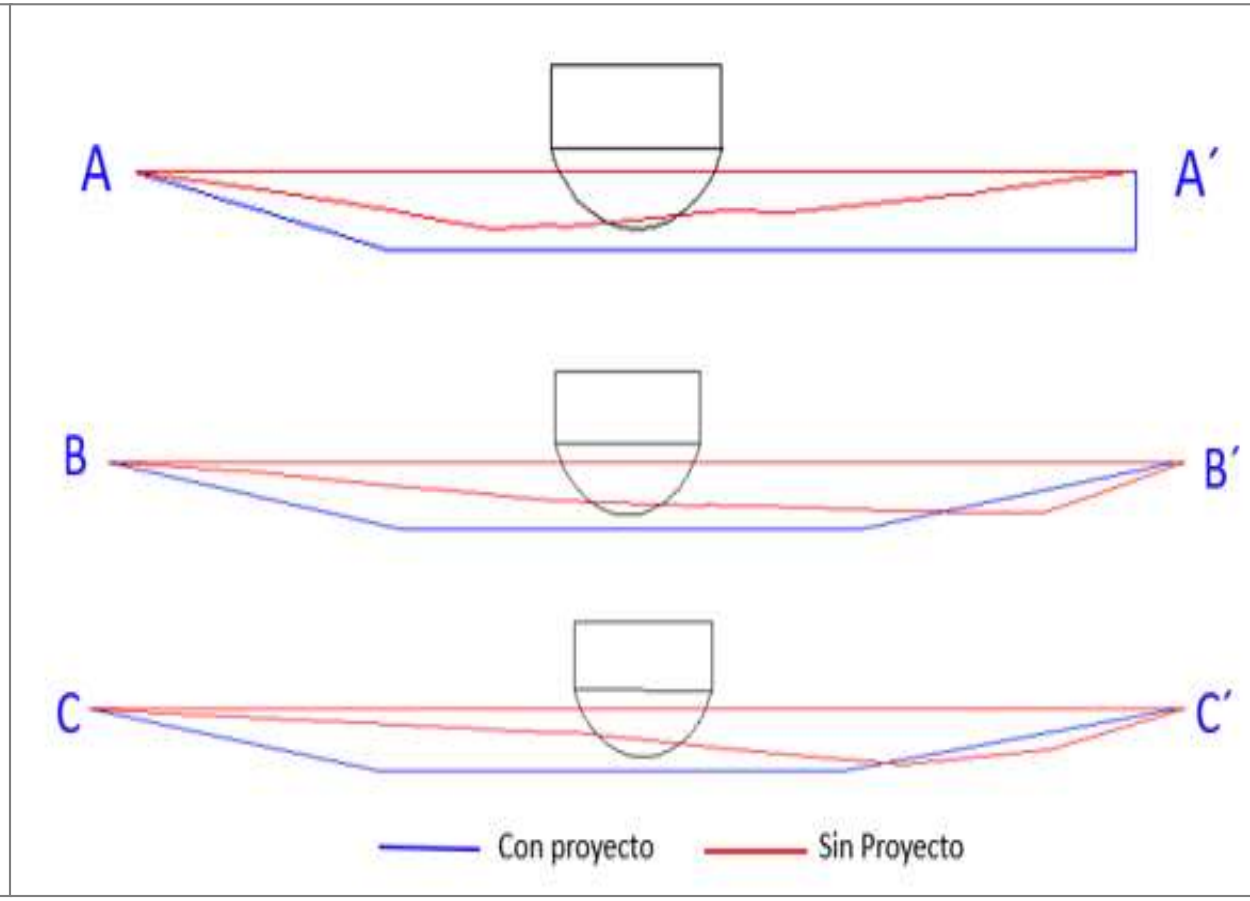
RESGUARDO DE SEGURIDAD

GEOMETRÍA DE DRAGADO

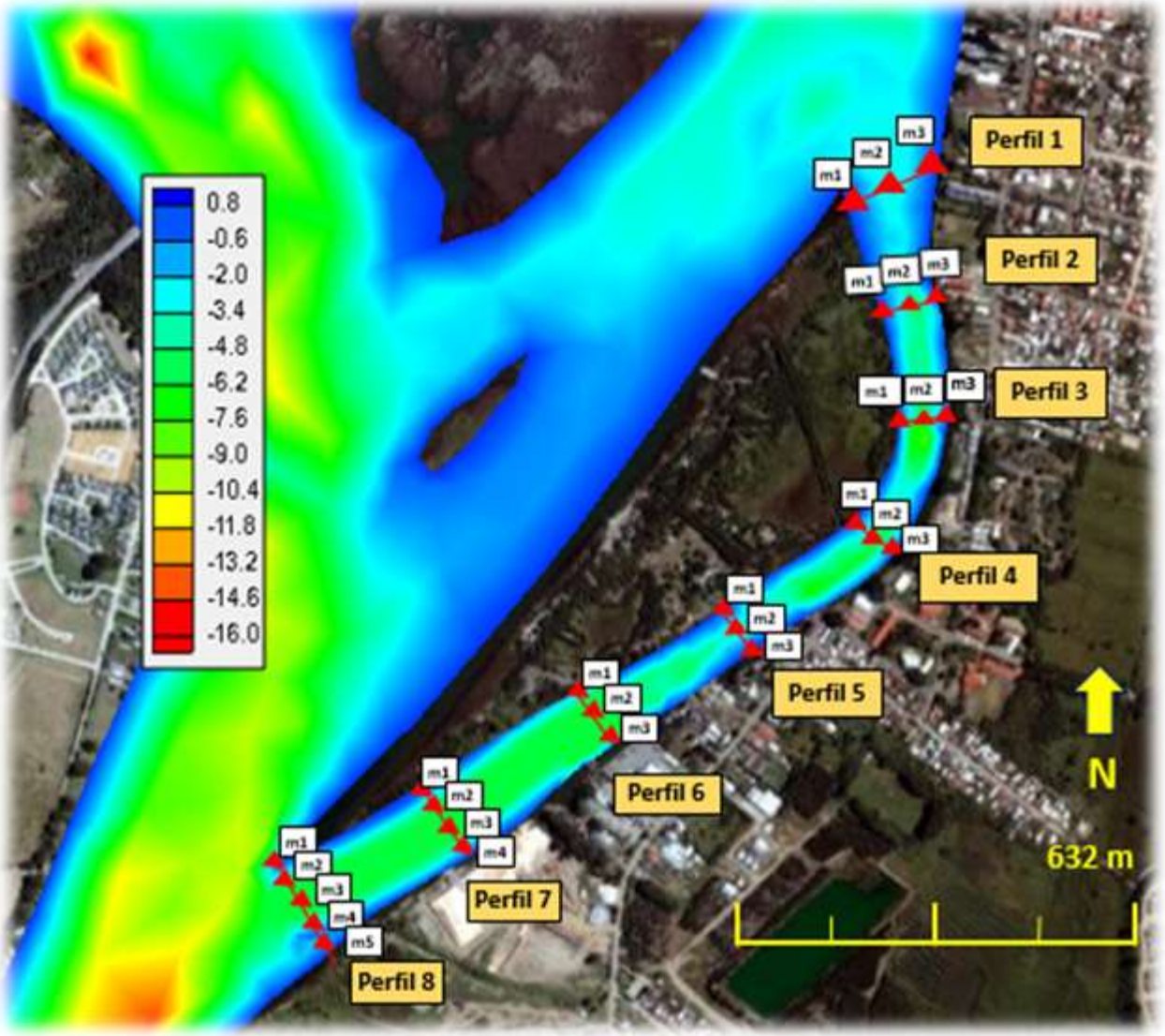
Sección actual y con proyecto







EXTRACCIÓN DE SEDIMENTOS

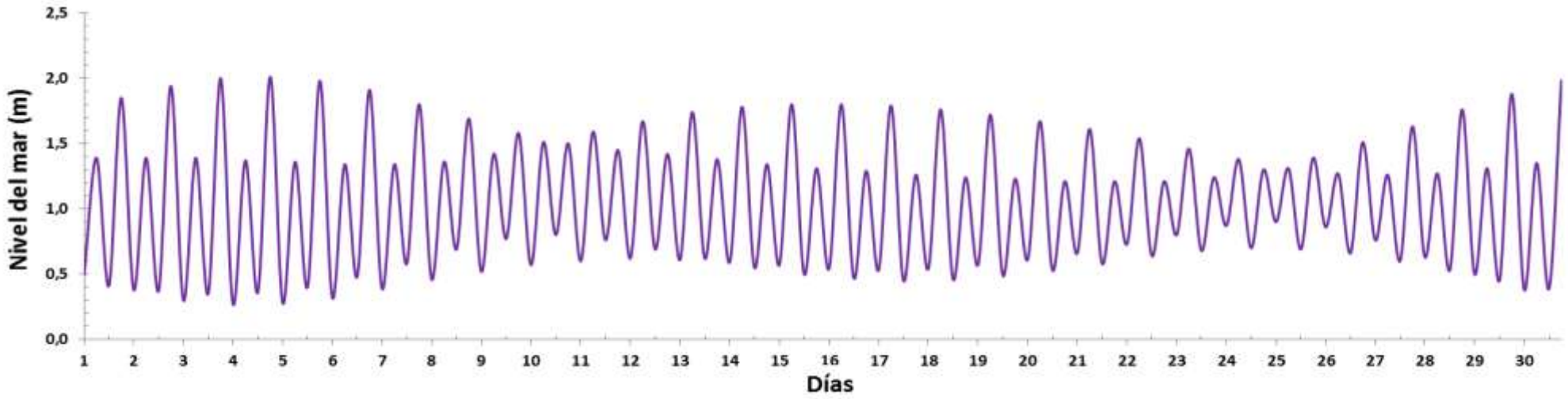


0,27mm

Clasificación de arena fina

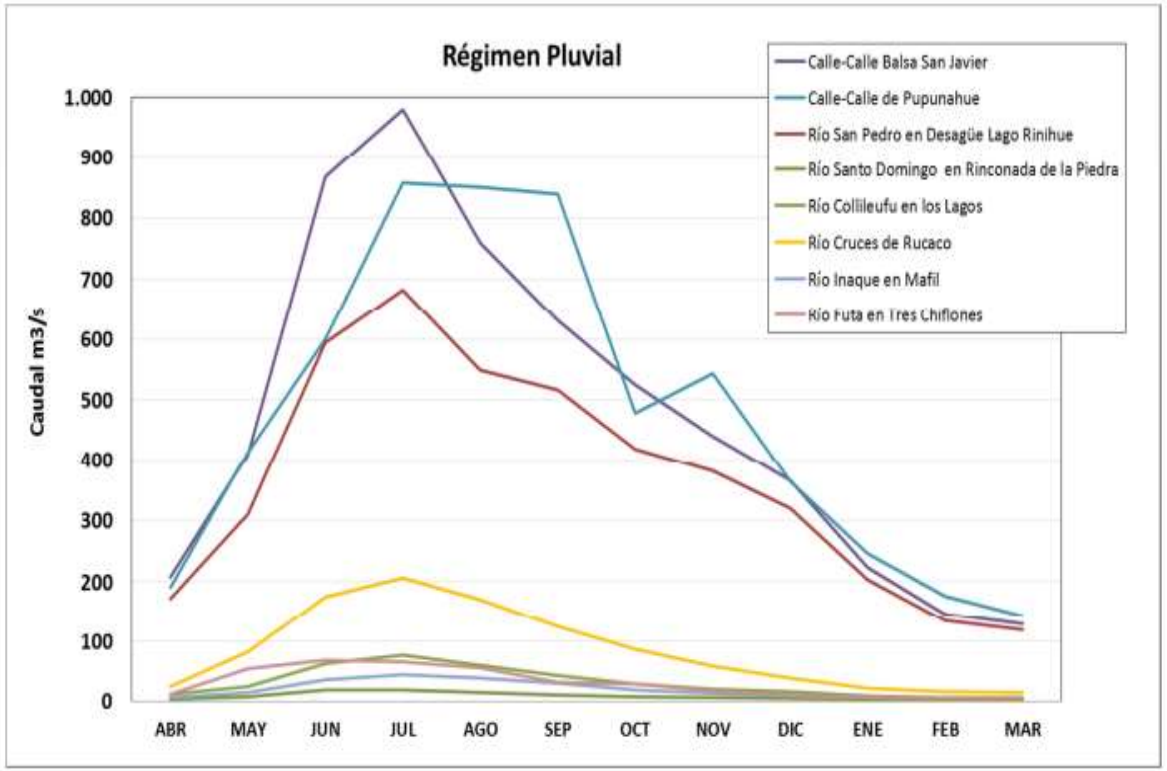
CONDICIONES NATURALES - Mareas

Diciembre 2013



CONDICIONES NATURALES - Caudales

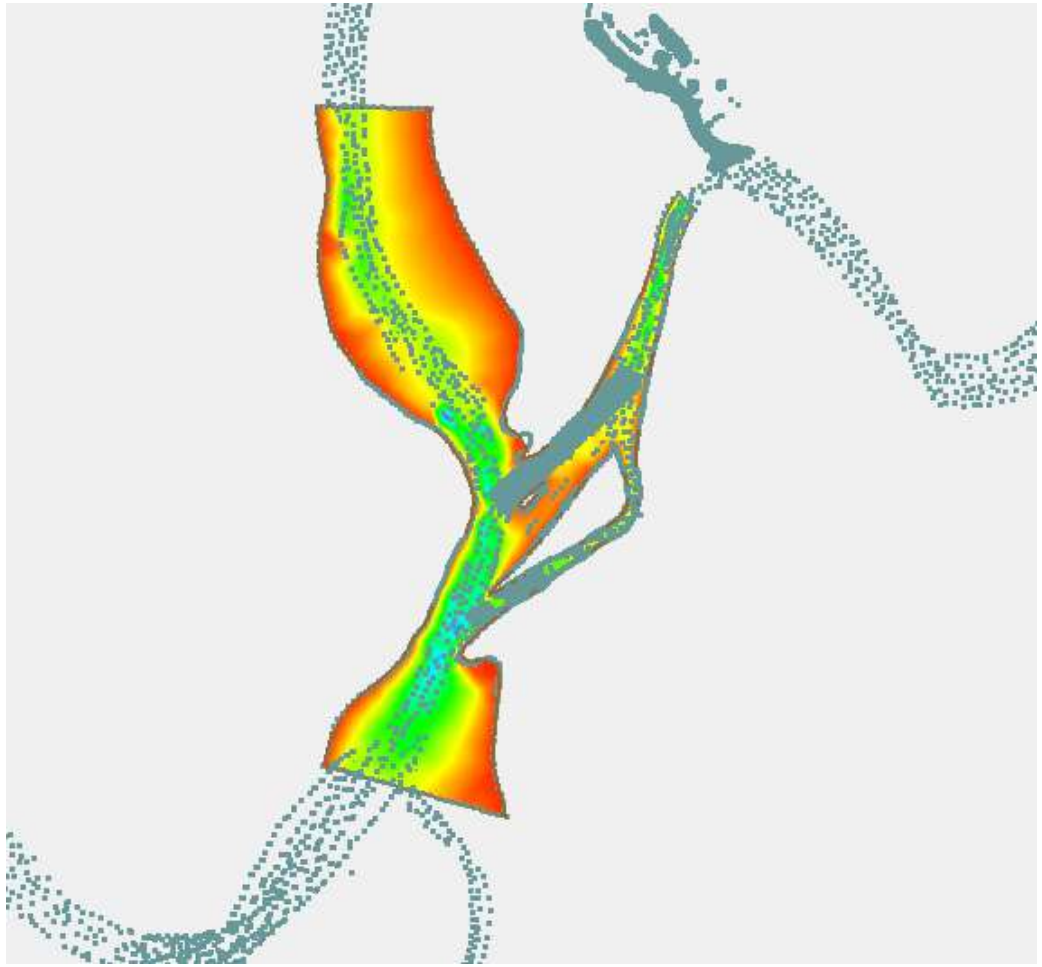
Variación media mensual de las estaciones pluviales

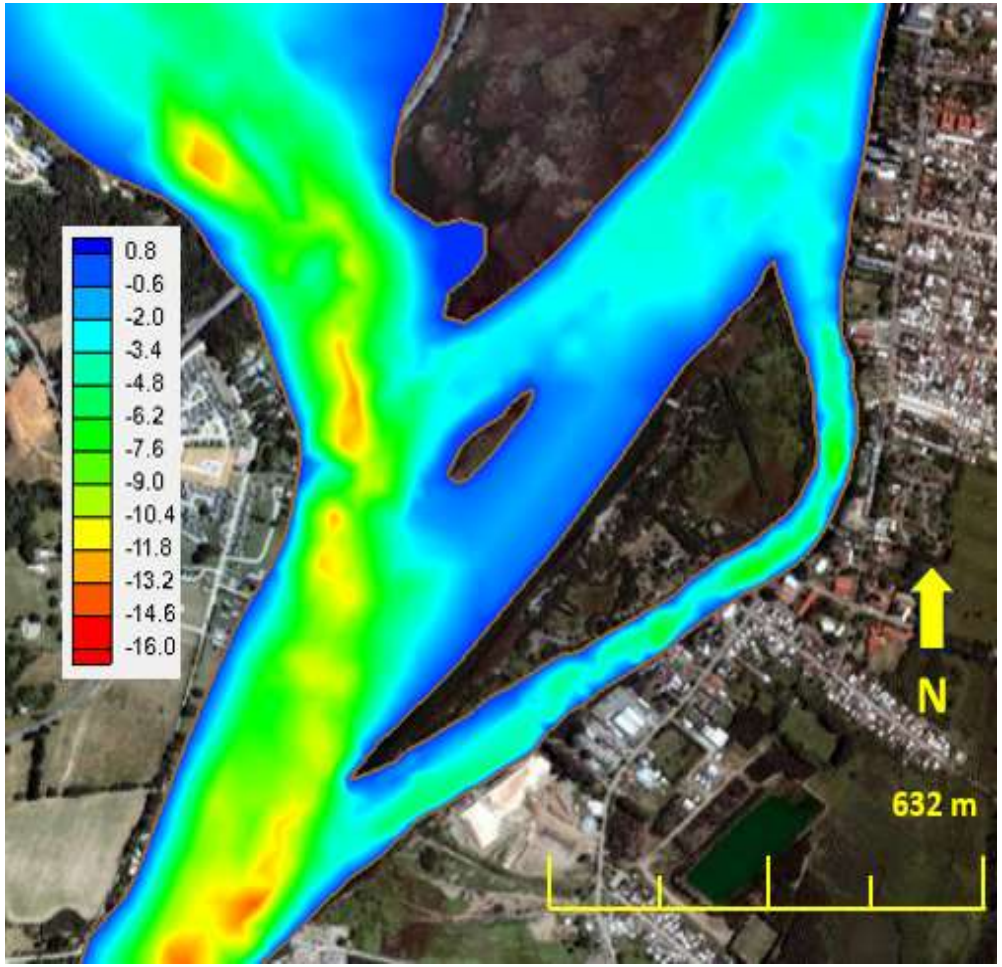


Promedio de los Caudales mensuales

Caso	Caudal Calle-Calle [m³/s]	Caudal Cruces [m³/s]	Mes	Transporte de Sedimentos
1	397	39	Enero	NO
2	180	18	Febrero	NO
3	164	18	Marzo	NO
4	276	45	Abril	NO
5	366	66	Mayo	NO
6	1208	299	Junio	SI
7	1517	294	Julio	SI
8	920	230	Agosto	SI
9	606	115	Septiembre	SI
10	508	76	Octubre	NO
11	354	48	Noviembre	NO
12	256	31	Diciembre	NO

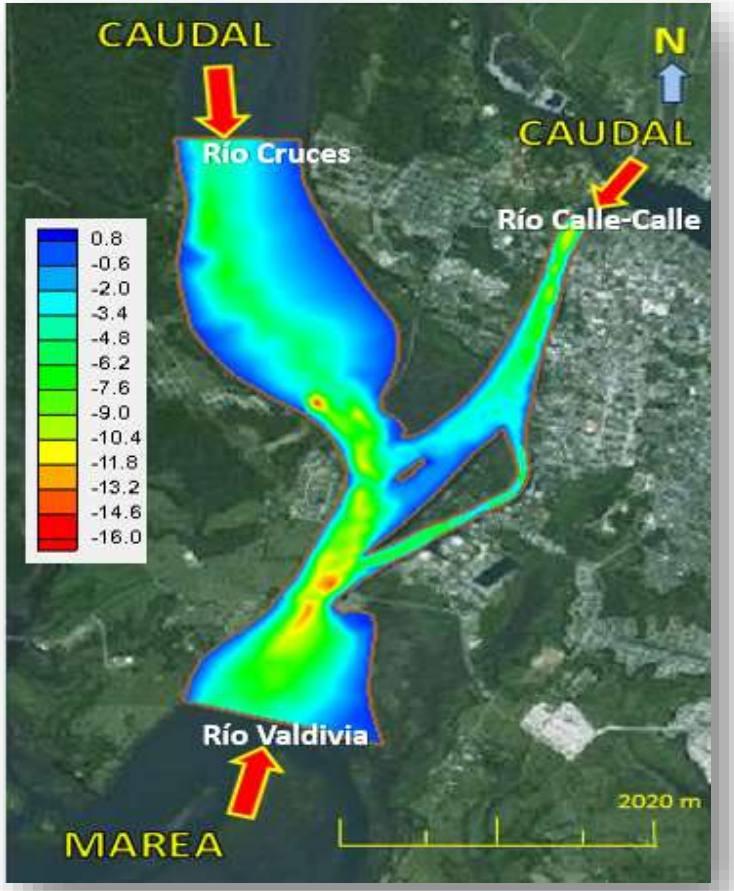
CONDICIONES NATURALES - Batimetría



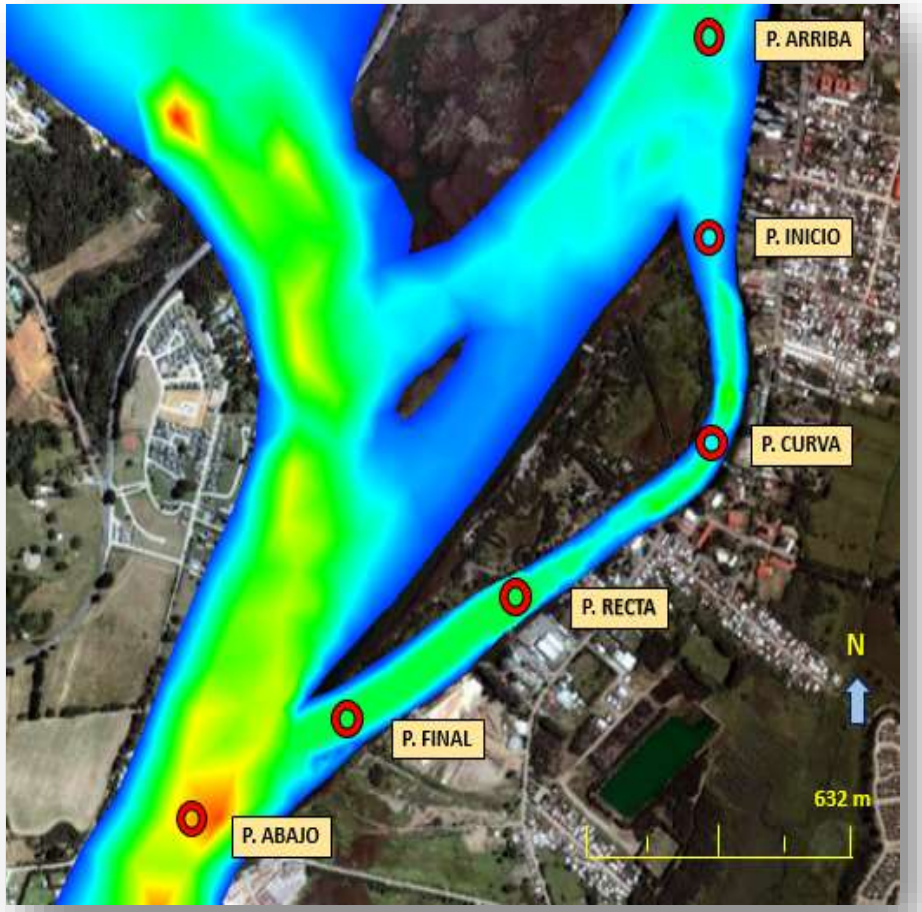


RESULTADOS

FORZANTES DEL MODELO



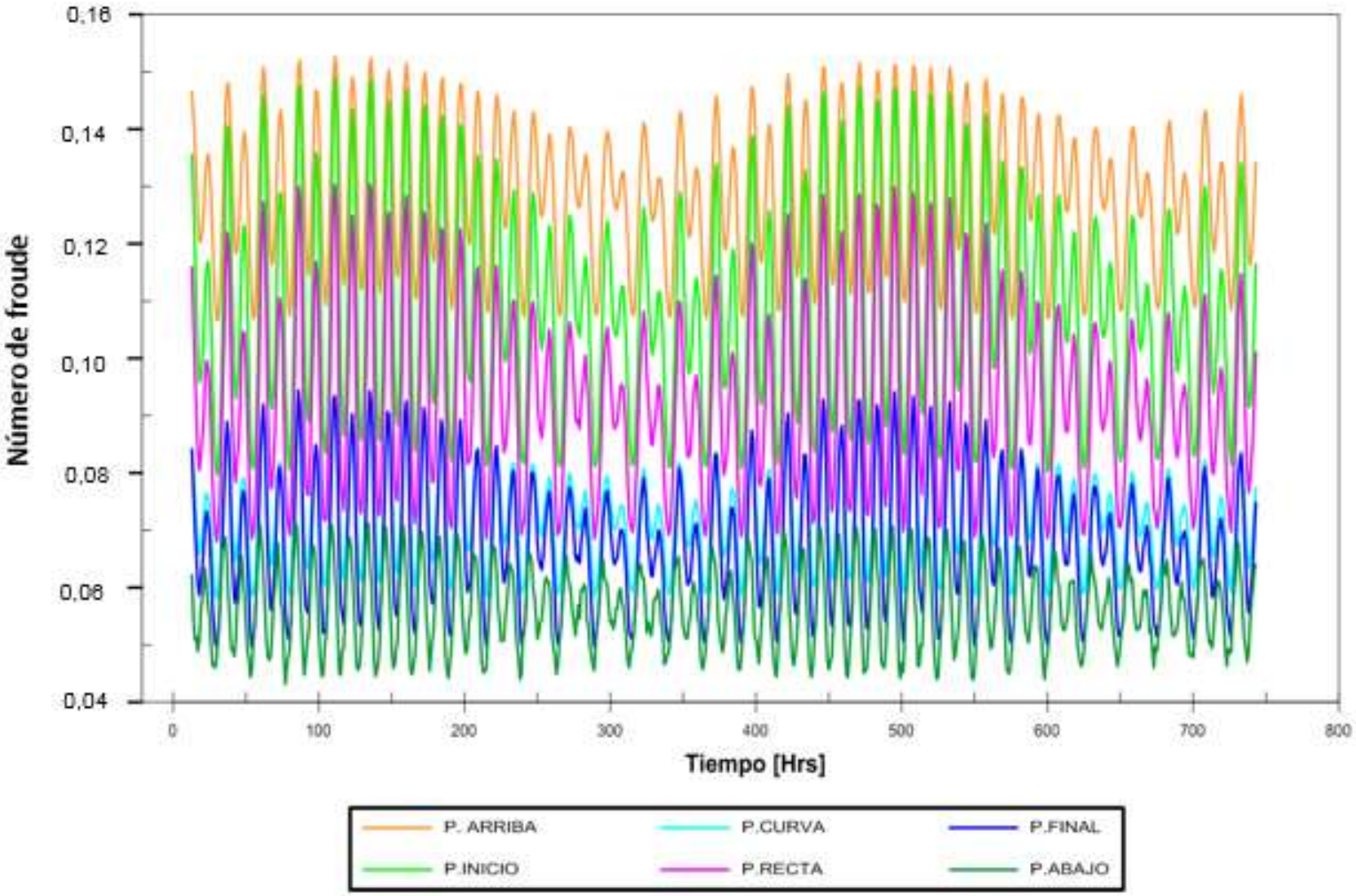
PUNTOS DE ANÁLISIS



- ✓ NÚMERO DE FROUDE
- ✓ VELOCIDADES
- ✓ TENSIÓN DE CORTE EN EL LECHO
- ✓ TRANSPORTE ADIMENSIONAL

NÚMERO DE FROUDE

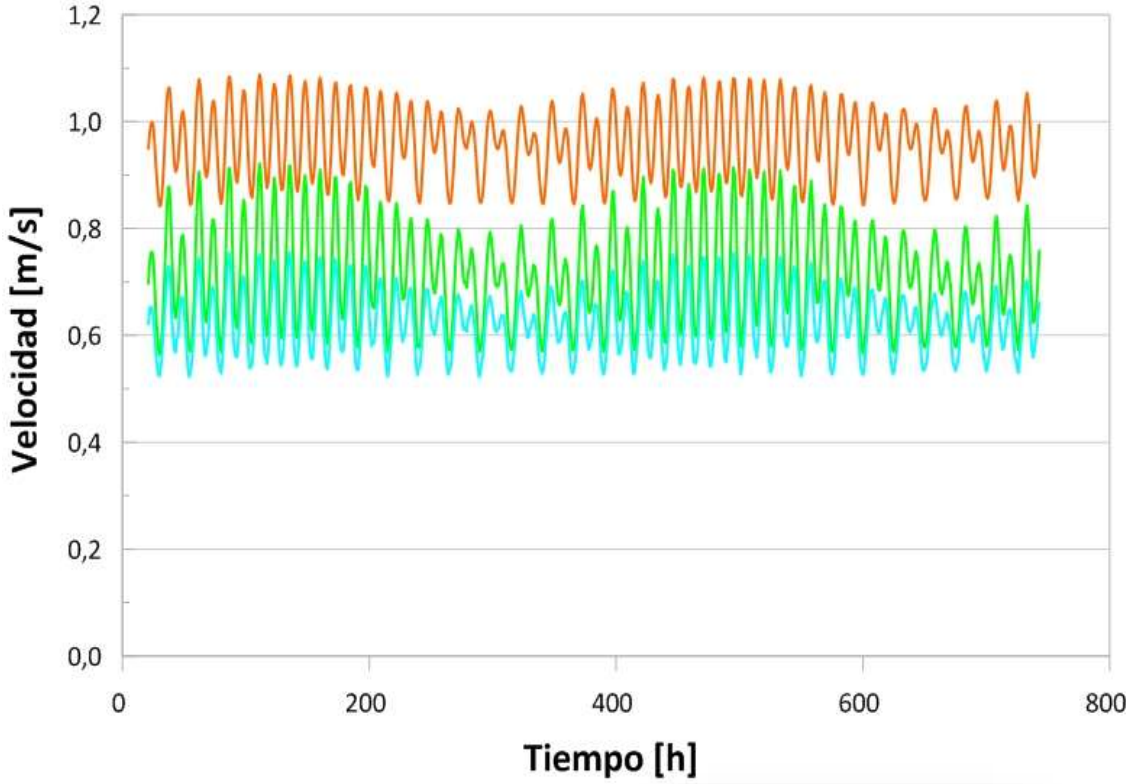
$$F_r < 1$$



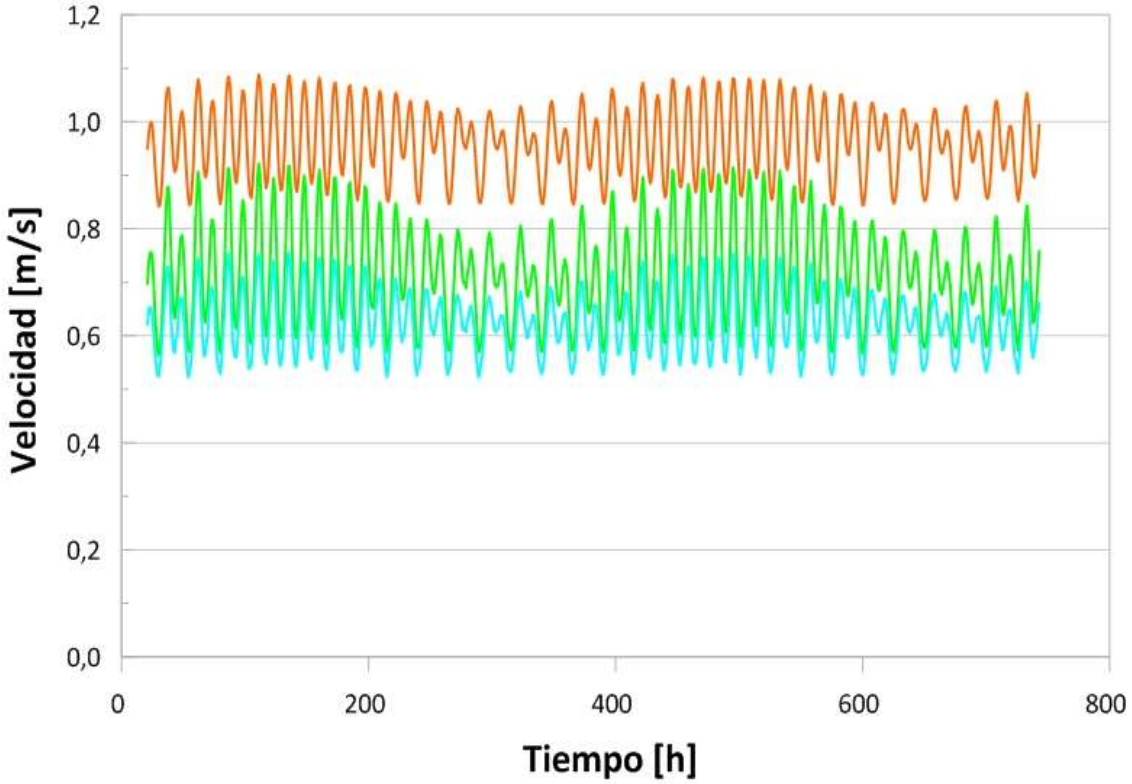
* El río es controlado por la condición de nivel de aguas abajo.

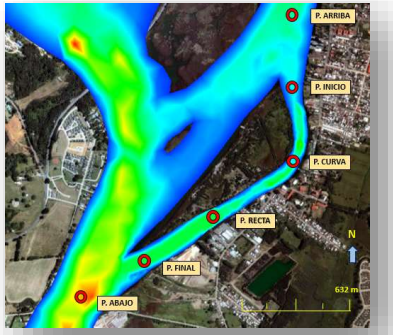
MAGNITUD DE LAS VELOCIDADES, Julio

SIN PROYECTO



CON PROYECTO

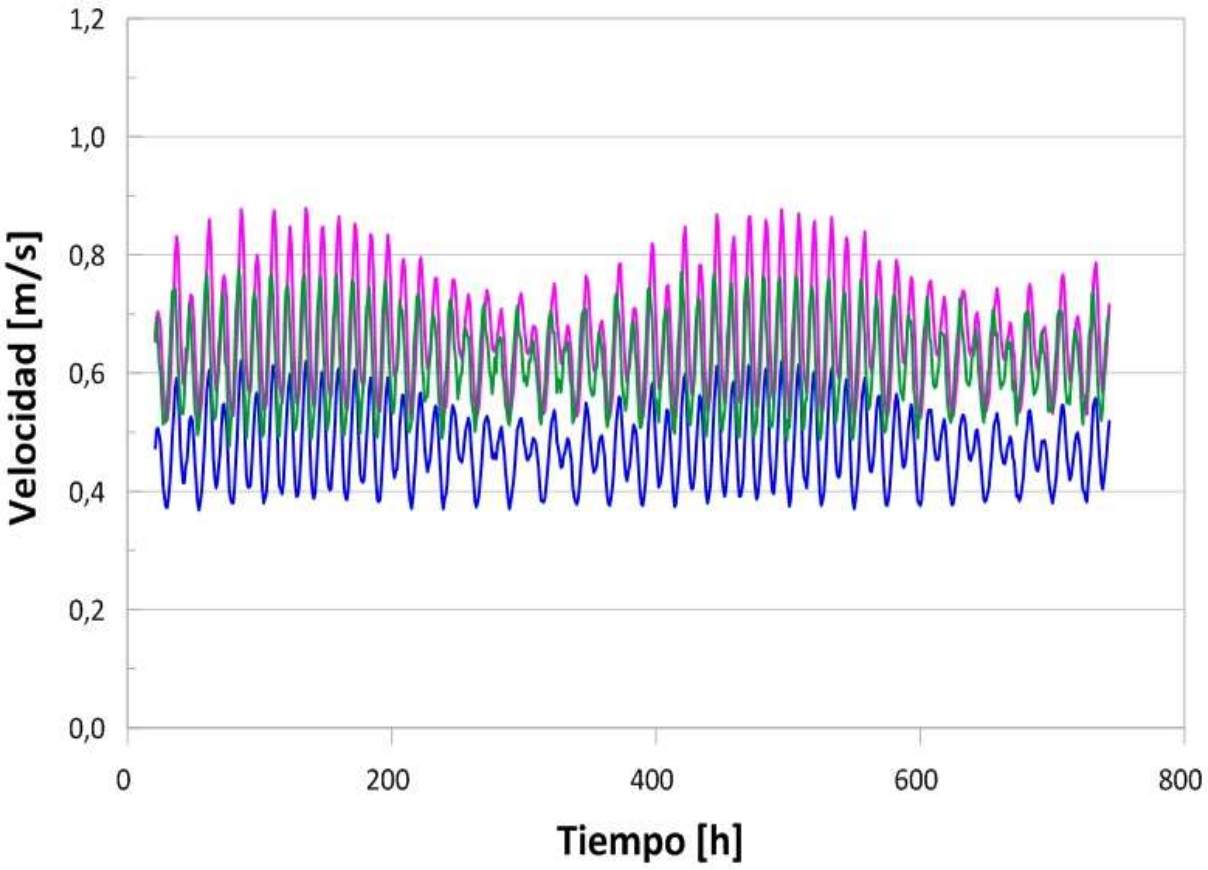




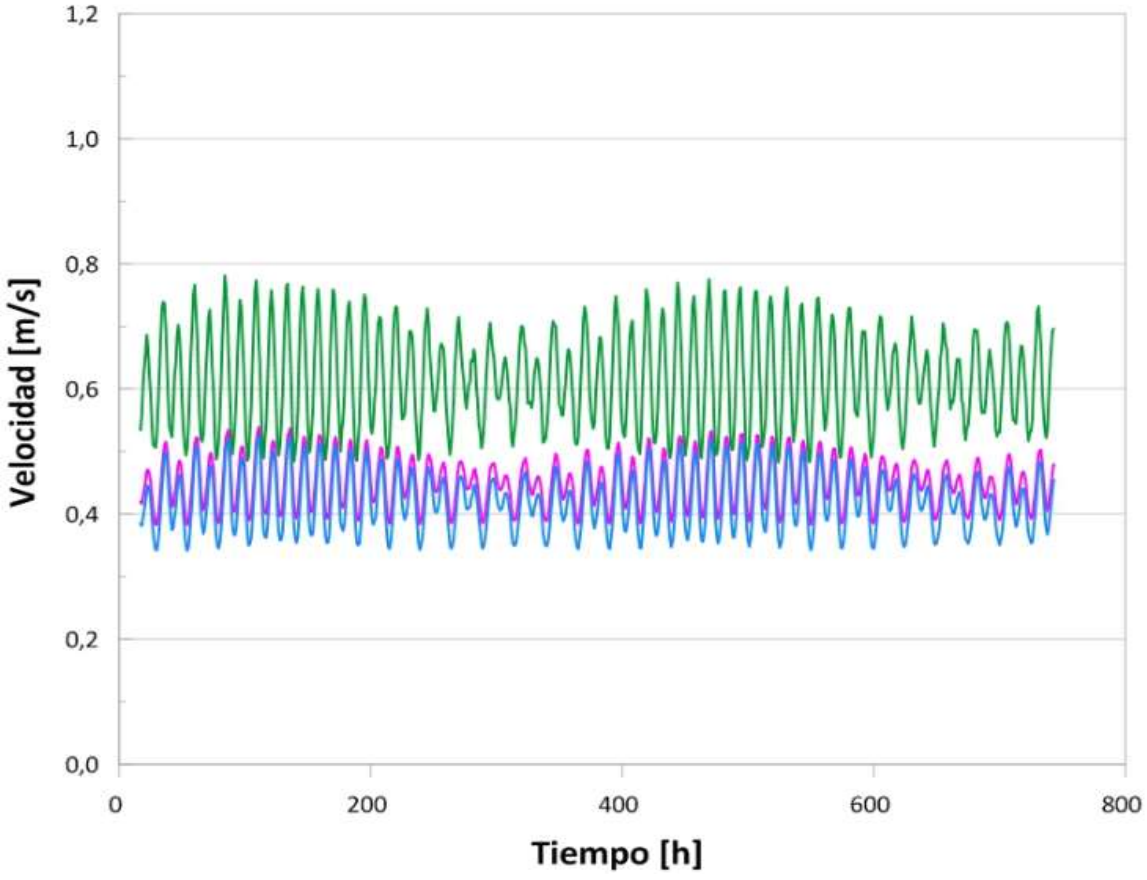
Arriba
Inicio
Curva
Recta
Final
Abajo

MAGNITUD DE LAS VELOCIDADES, Julio

SIN PROYECTO



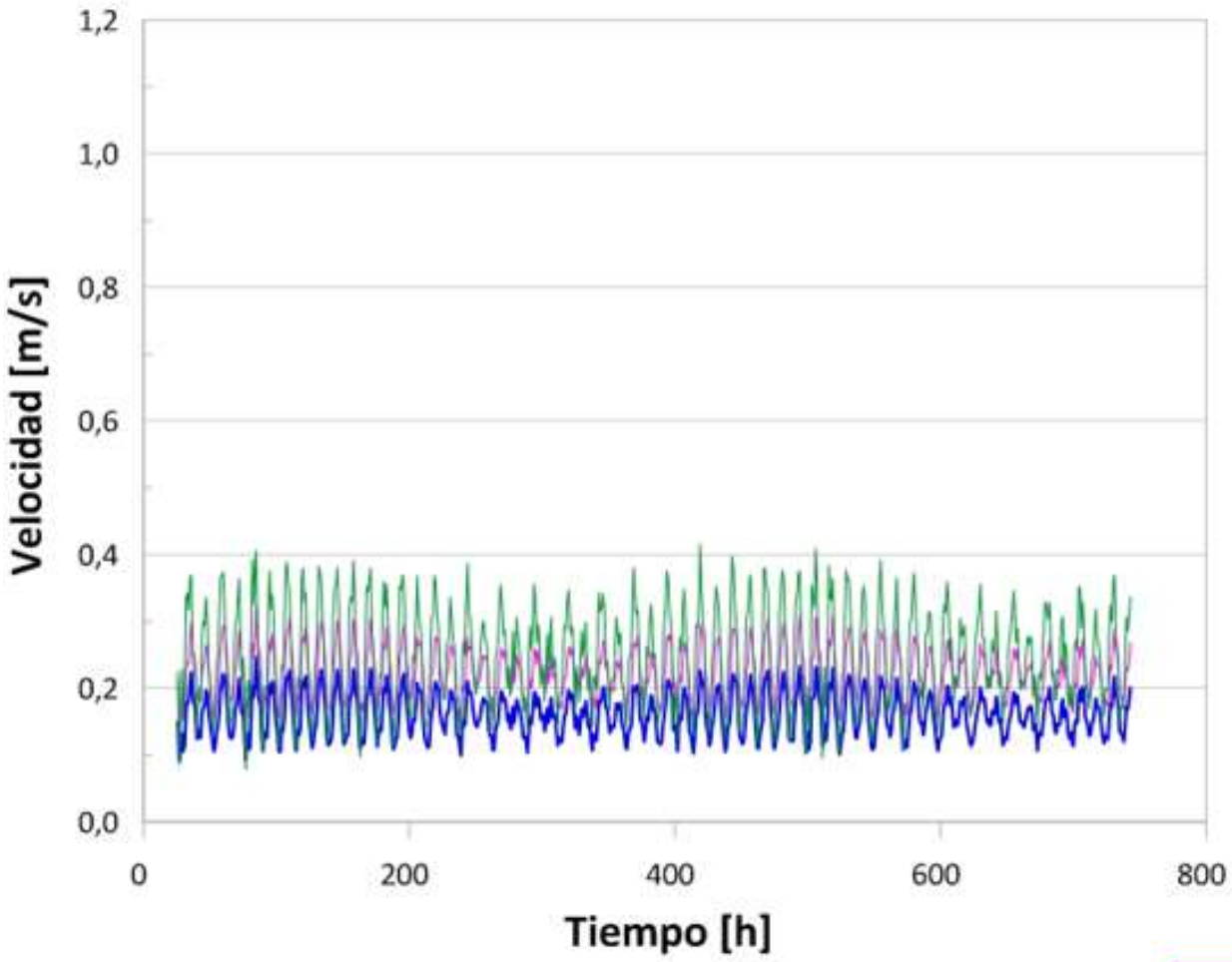
CON PROYECTO



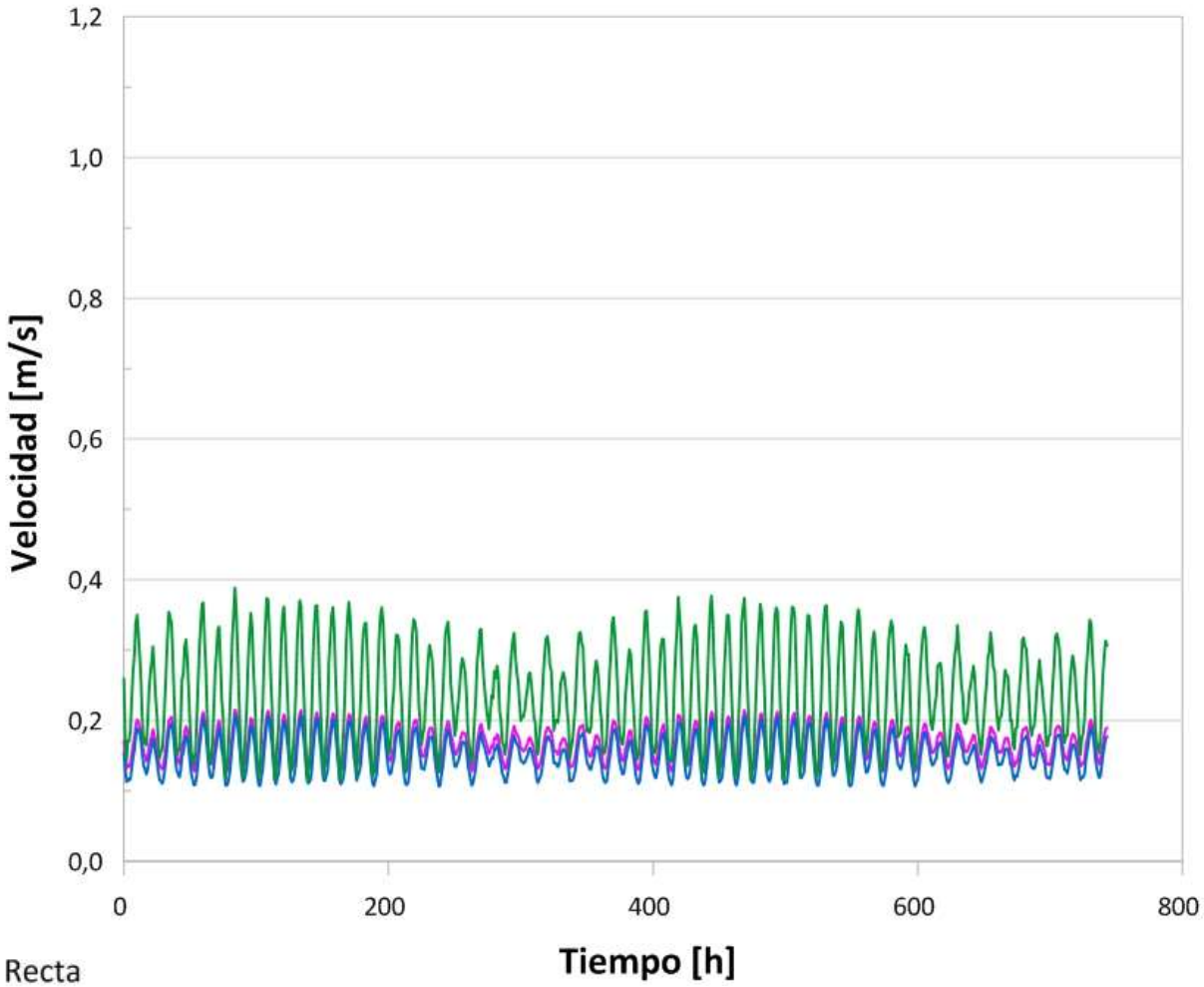
Recta
Final
Abajo

MAGNITUD DE LAS VELOCIDADES, Septiembre

SIN PROYECTO



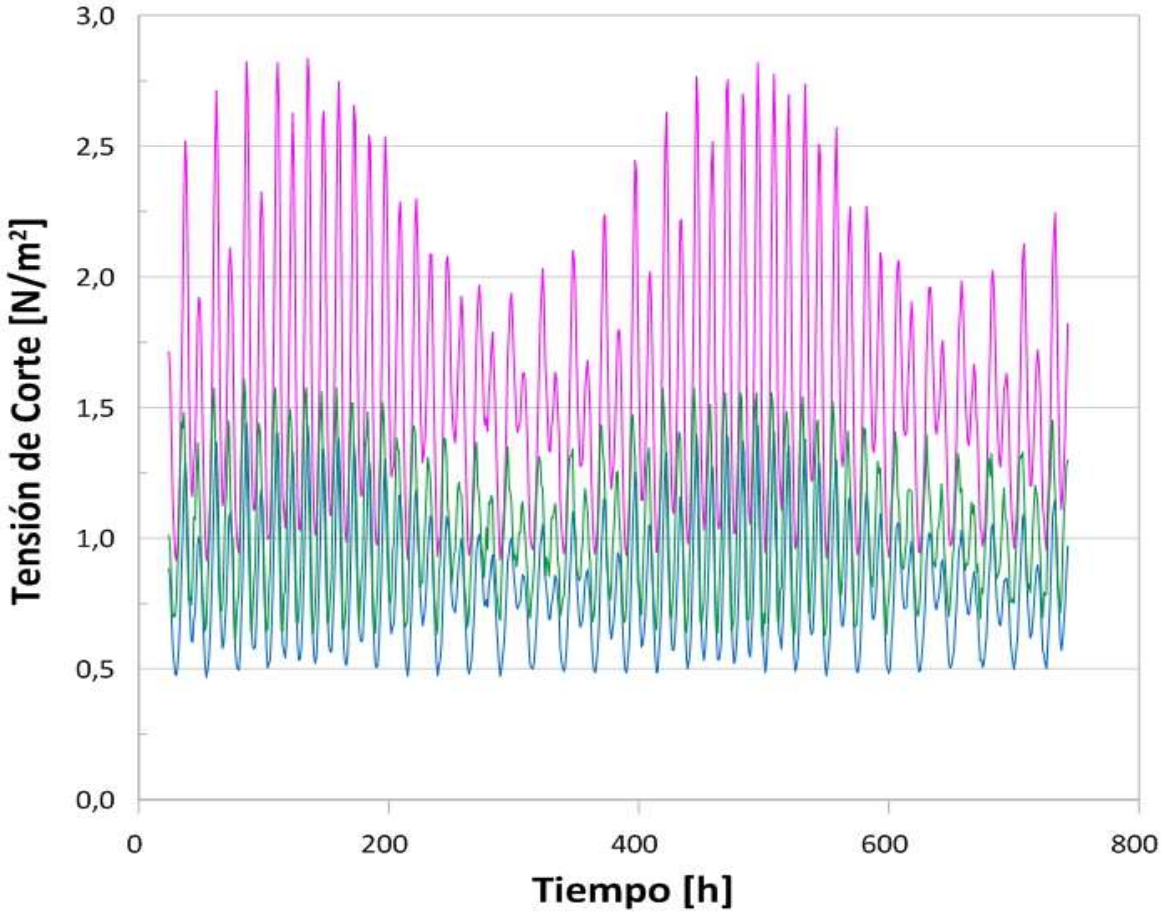
CON PROYECTO



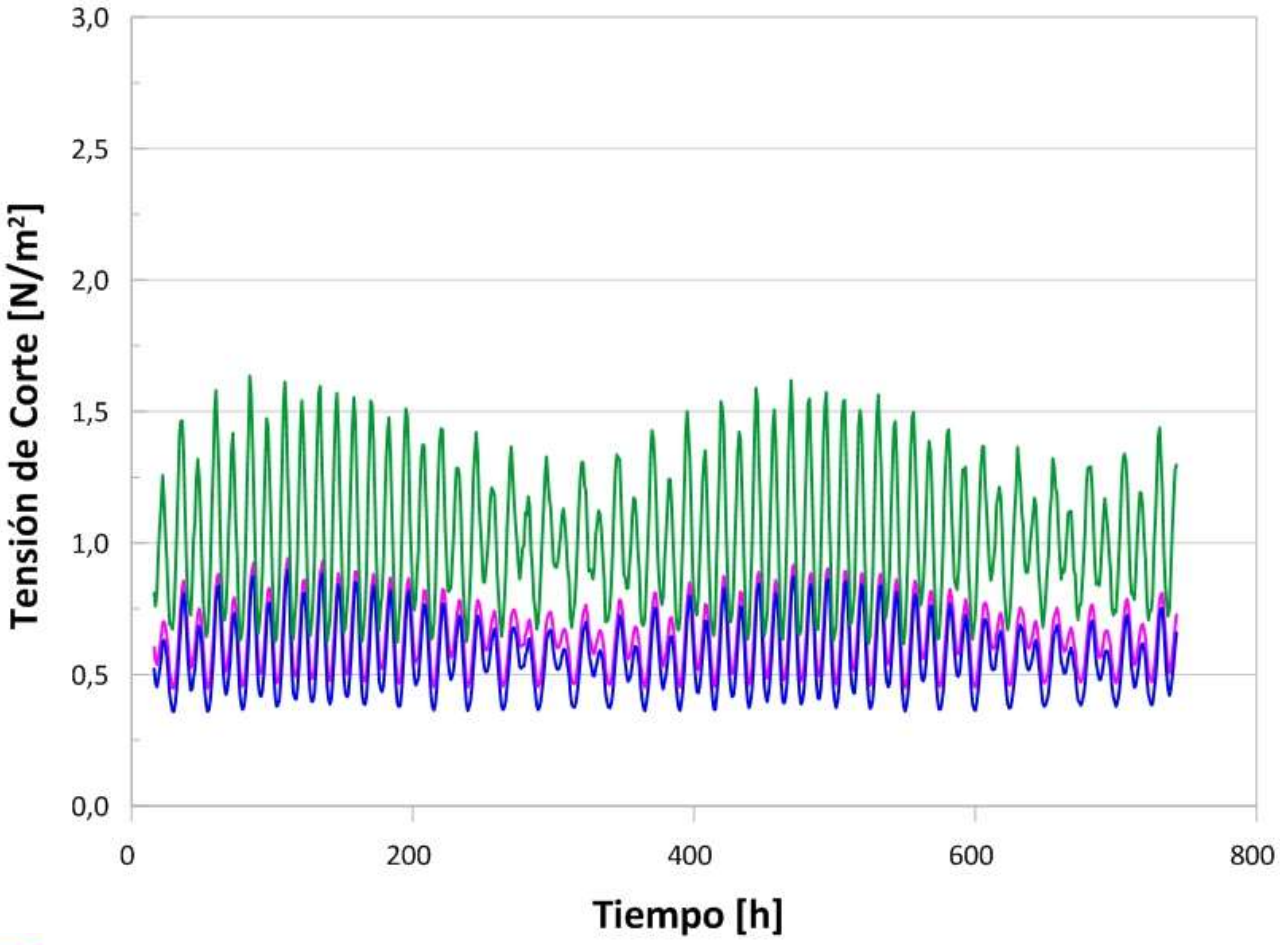
Recta
Final
Abajo

MAGNITUD DE LA TENSIÓN DE CORTE, Julio

SIN PROYECTO



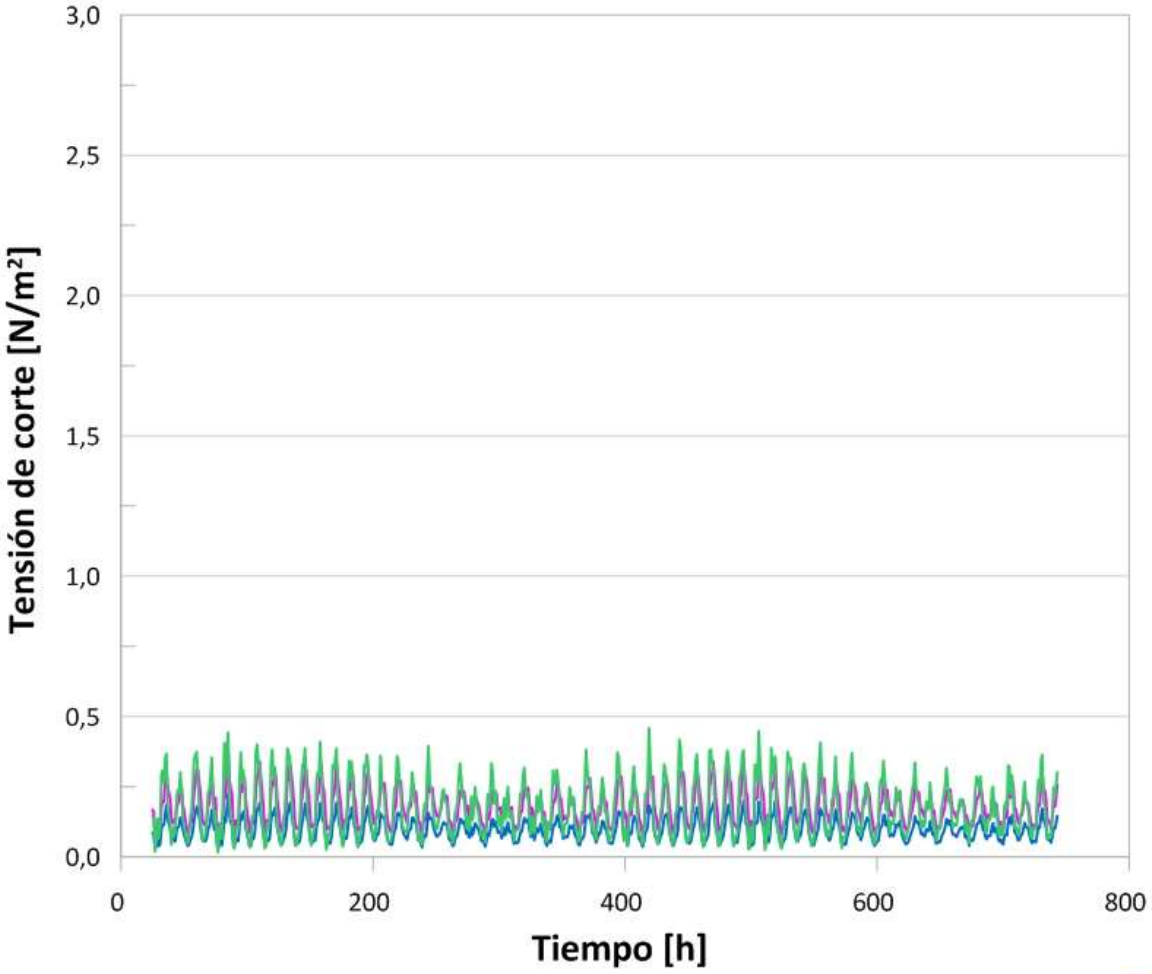
CON PROYECTO



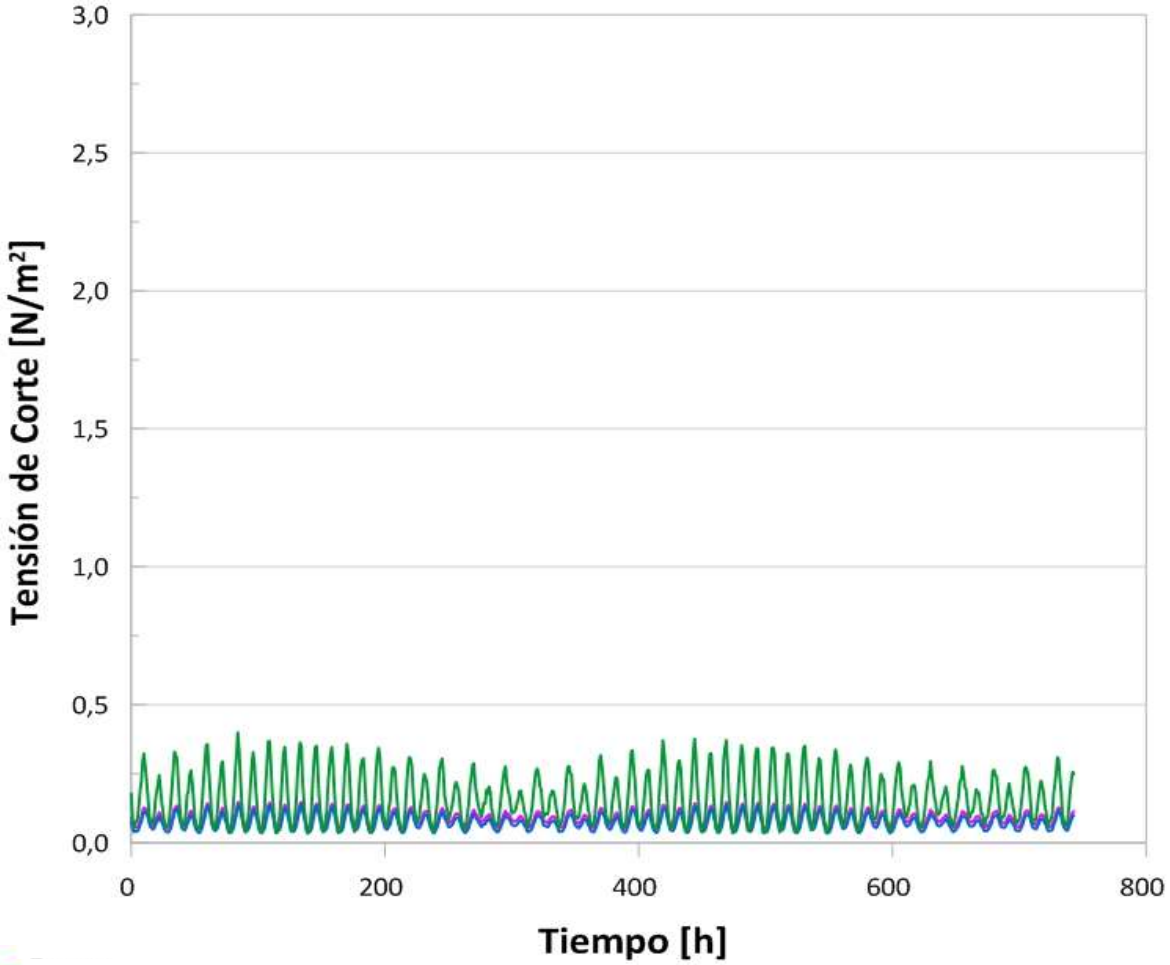
Recta
Final
Abajo

MAGNITUD DE LA TENSIÓN DE CORTE, Septiembre

SIN PROYECTO



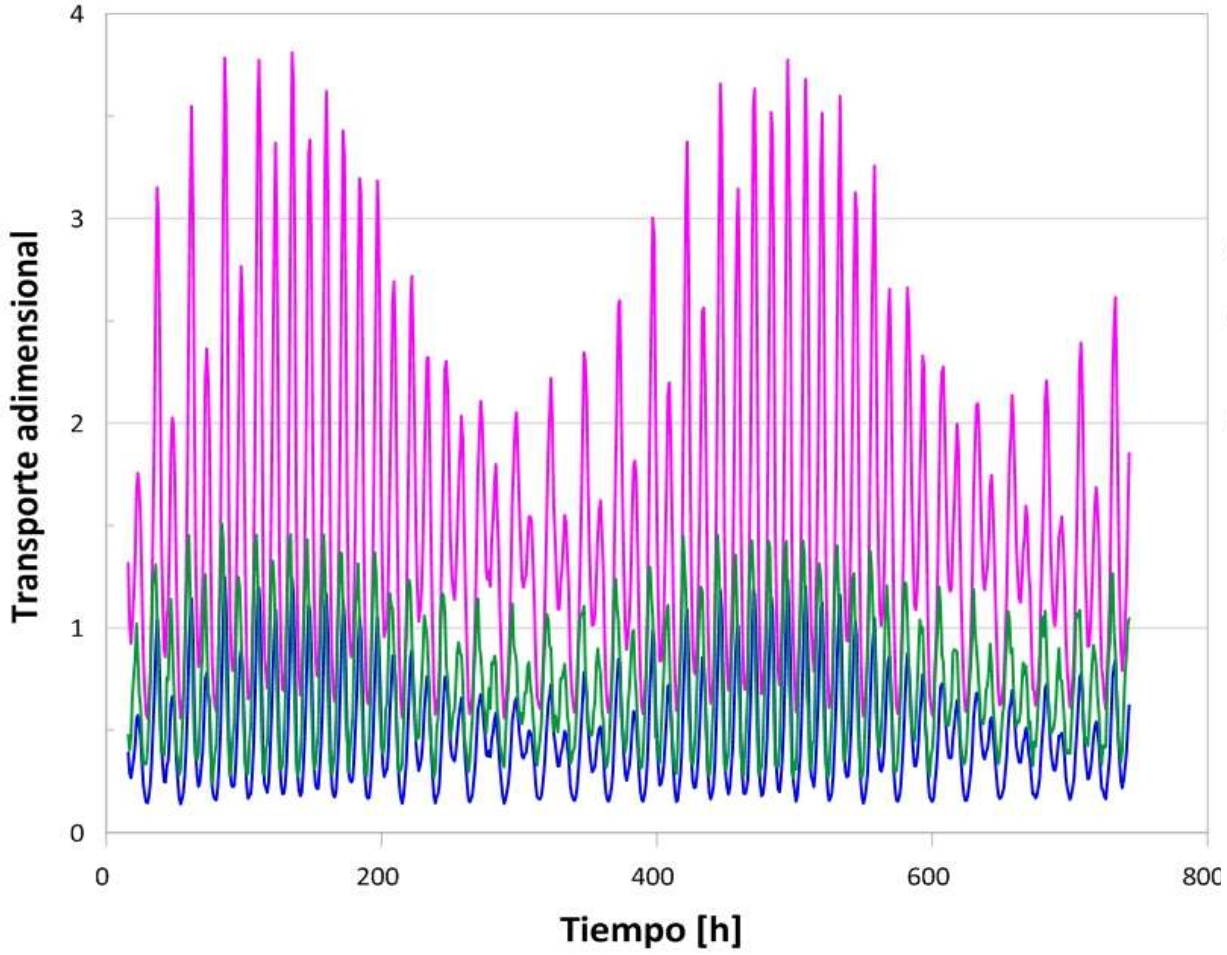
CON PROYECTO



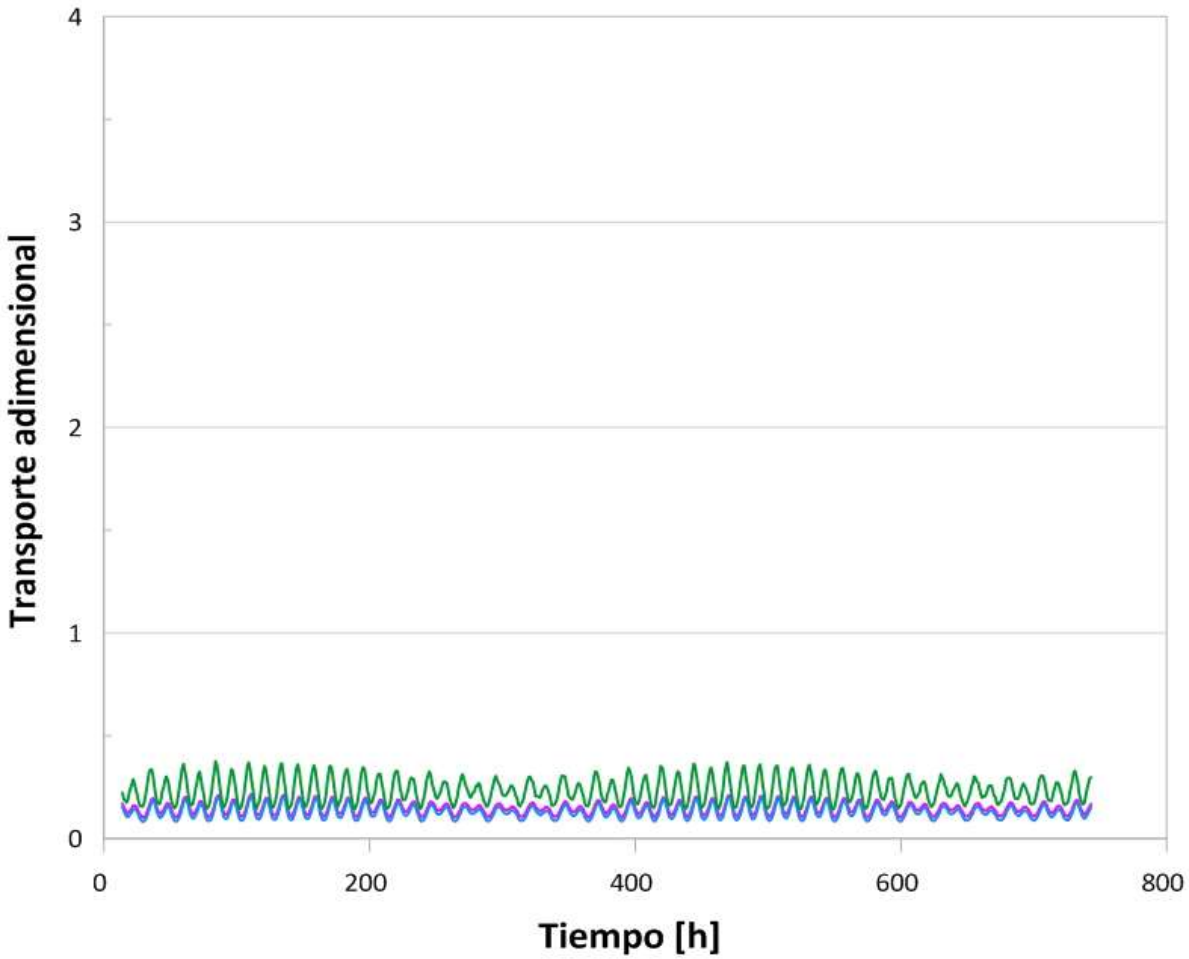
Recta
Final
Abajo

TRANSPORTE ADIMENSIONAL DE SEDIMENTOS, Julio

SIN PROYECTO



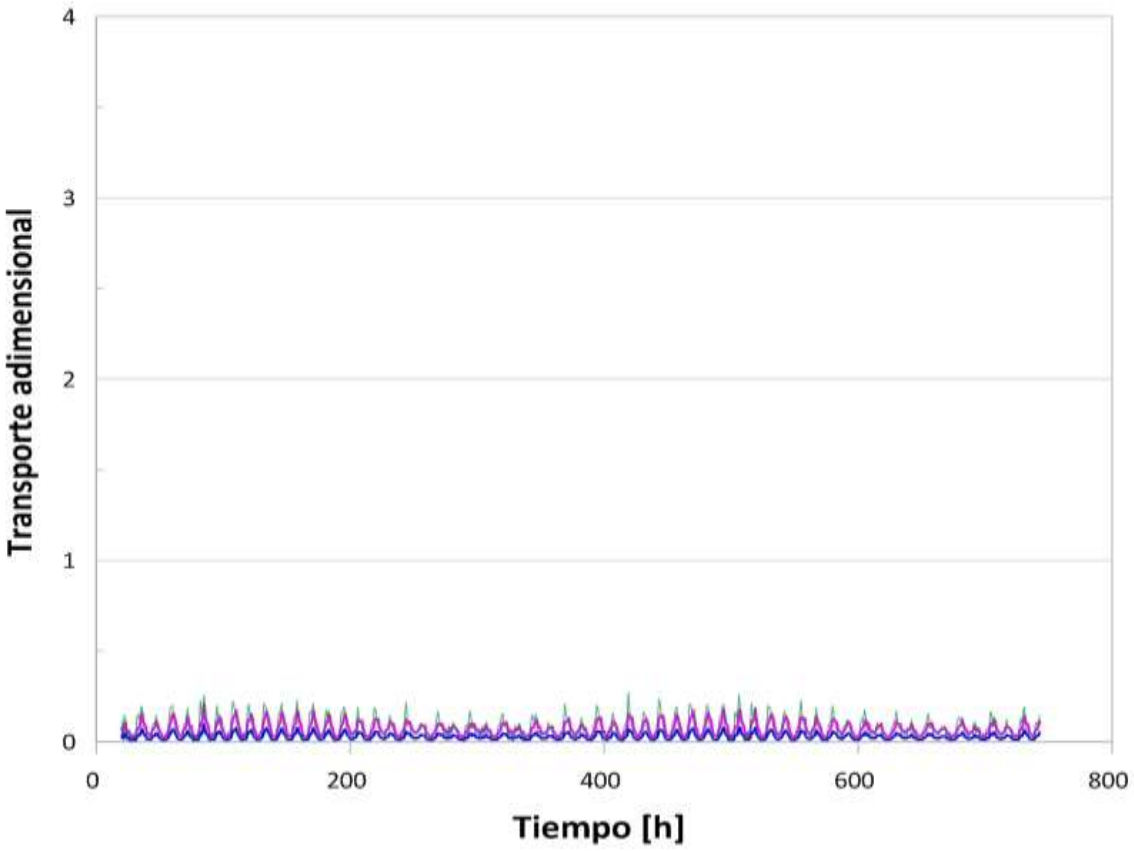
CON PROYECTO



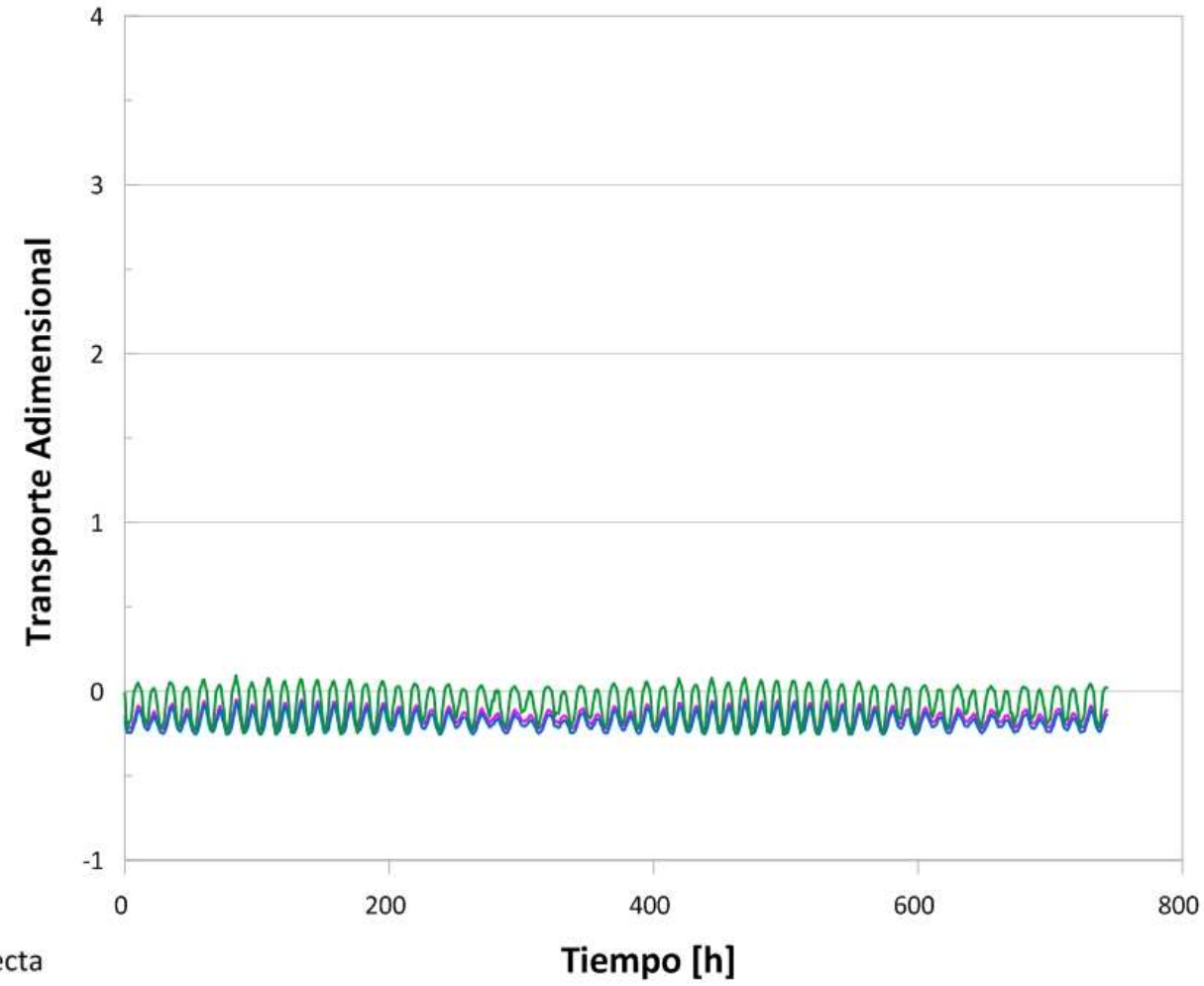
Recta
Final
Abajo

TRANSPORTE ADIMENSIONAL DE SEDIMENTOS, Septiembre

SIN PROYECTO



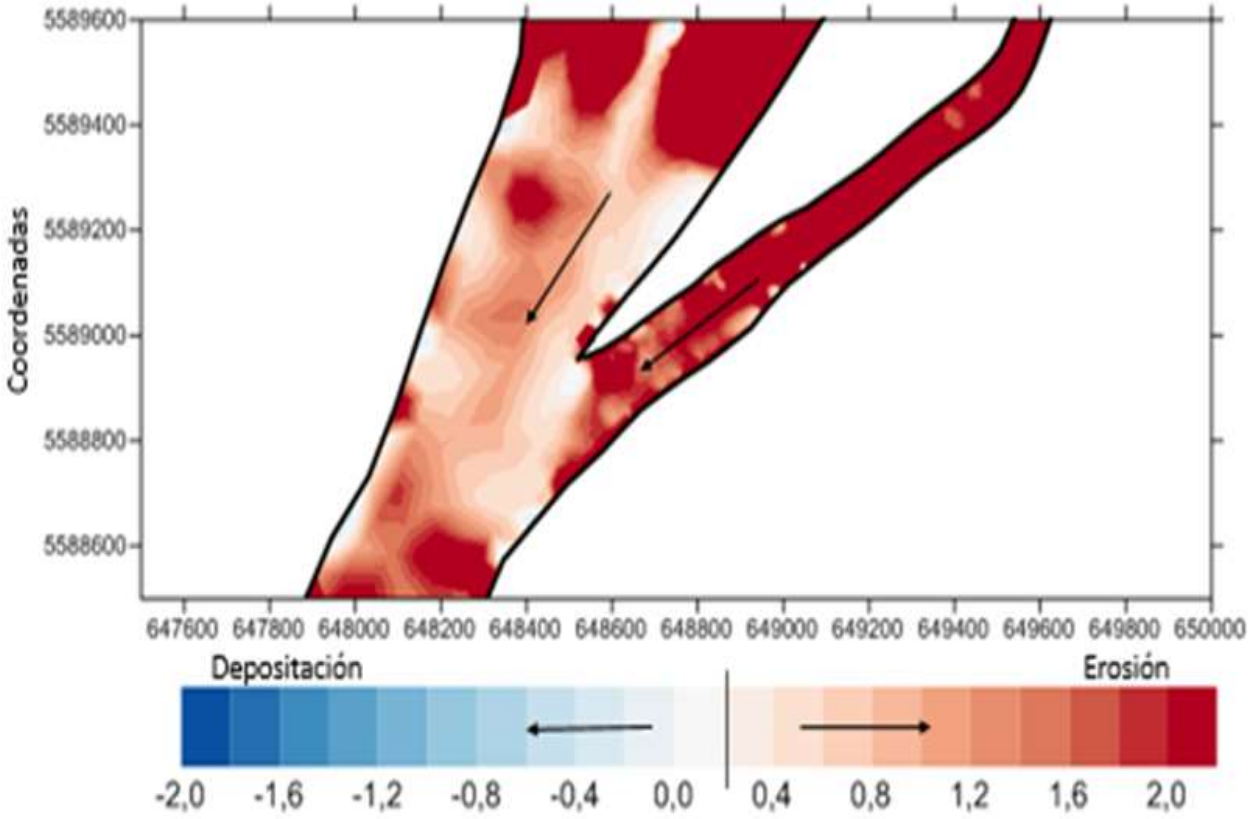
CON PROYECTO



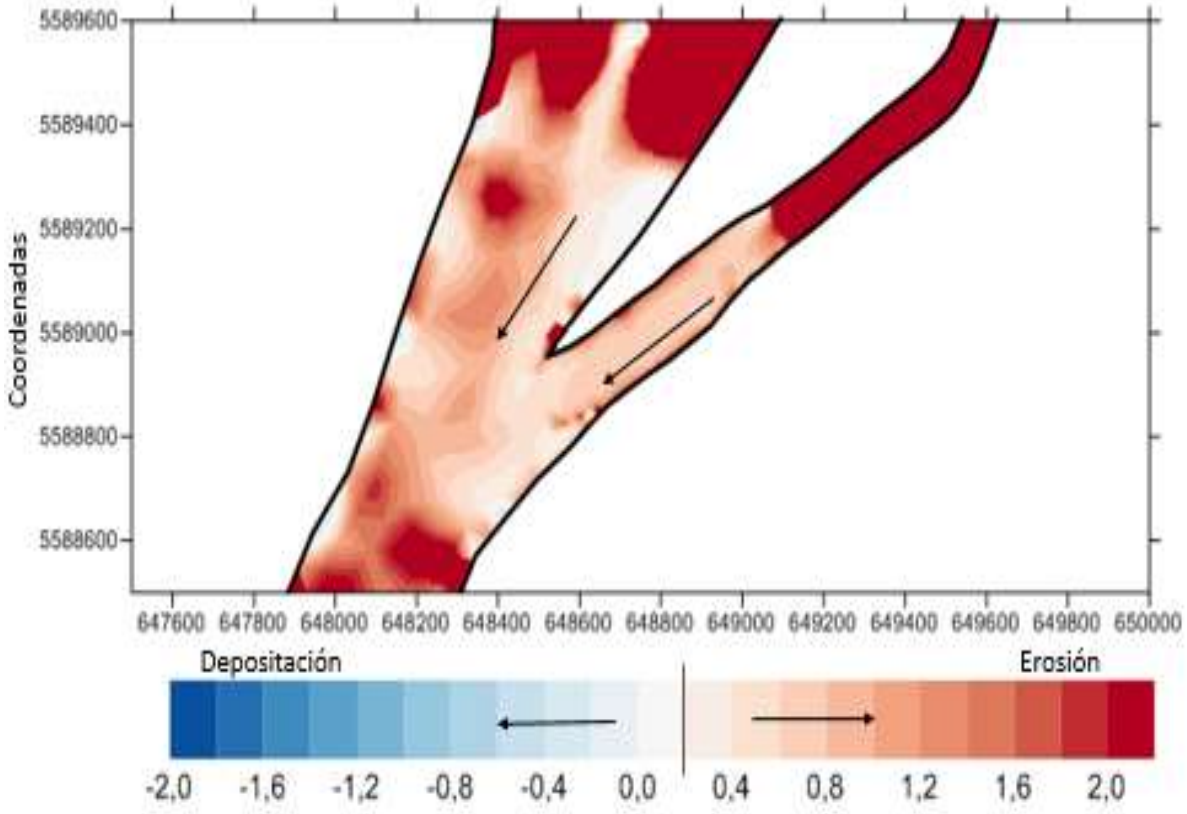
Recta
Final
Abajo

TASA ANUAL DE SEDIMENTACIÓN

SIN PROYECTO



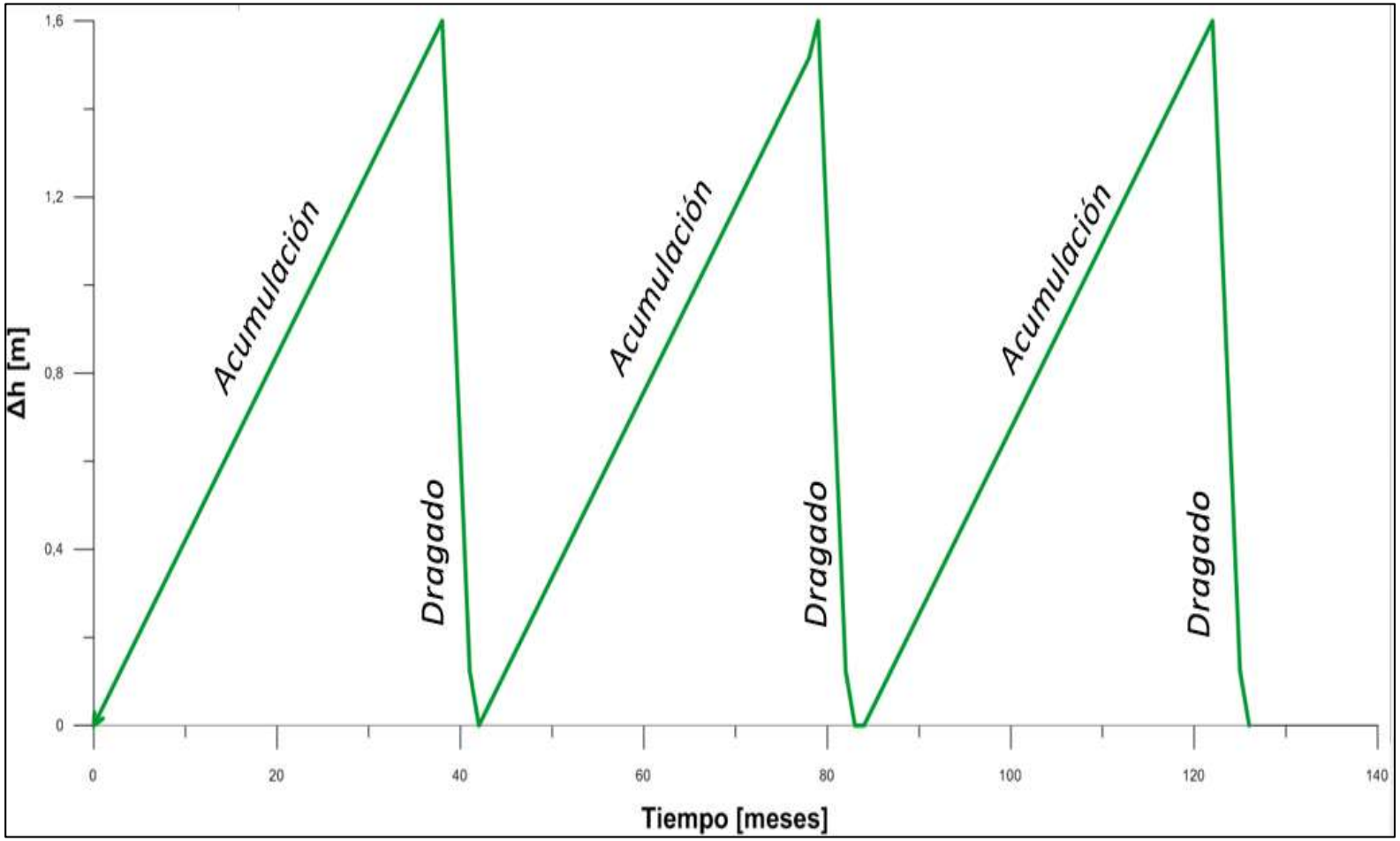
CON PROYECTO



*No se altera el régimen morfológico del río

DRAGADO DE MANTENCIÓN

Esquema temporal de dragado



- ✓ Vt a dragar de 182.192 m³
- ✓ Costo inicial 1.620.000.000
- ✓ Costo mantención 1.600.000.000

- ✓ será necesario realizar un dragado de mantención cada 3 años y 2 meses, el cual se demorará 3 meses y 11 días

RECOMENDACIONES

Realizar este estudio de profundización a lo largo de todo el río y replicar esta metodología.

Se podría cambiar el límite de dragado, por ejemplo comenzar desde más arriba.

Otra alternativa es que se instalen trampas de sedimento en puntos estratégicos de manera que se desvíe el material particulado a otro sector donde no generen repercusiones de profundidad

CONCLUSIONES

La profundidad actual no es suficiente para la operación de la nave de diseño

Se propone un dragado en la zona de aproximación del terminal II de ASENAV

Al realizar el dragado el flujo reduce su velocidad y con ello el potencial de transporte de sedimentos

Se espera que la geometría del canal regrese a su condición inicial.

CONCLUSIONES

A raíz del aumento de la profundidad y pérdida de velocidad, comienza el proceso de depositación hasta el punto que es necesario volver a dragar

La profundidad adecuada tendrá una duración de 3 años y 2 meses, transcurrido este periodo se deberá realizar un dragado de mantención

Este estudio se considera como una primera aproximación, sin embargo, a futuro se podrían seguir realizando estudios que mejoren las incertidumbres.

THANK
YOU
GRACIAS
ARIGATO
SHUKURIA
DANKSCHEEN
TASHAKKUR ATU
YAQHANYELAY
SUKSAMA
EKHMET
MEHRBANI
GRAZIE
MAAKE
KOMAPSUMNIDA
GOZAIMASHITA
EFCHARISTO
JUSPAXAR
PALDIES
BOLZÏN
MERCI
TINGKI
BÏYAN
SHUKRIA