

PROYECTO FINAL

“Solución a problemática hidráulica sobre canal ubicado en San Lorenzo”



UCASAL
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SALTA

Facultad de Ingeniería e informática
Ingeniería Civil

Sarmiento, Francisco - Cabada Oñativia, Rodrigo

Año 2025

Dedicatorias y Agradecimientos

El camino ha sido largo, lleno de desafíos, aprendizajes. Nada de esto hubiese sido posible sin la presencia, el apoyo y el cariño de quienes han estado a mi lado.

A mis padres, Sofía y Ricardo, quienes desde pequeño me enseñaron los valores que hoy definen quién soy. Gracias por su amor incondicional, por su guía en los momentos buenos y malos.

A mis hermanos, Ignacio, Antonela, Agostina y mi Tía Graciela que siempre estuvieron y estarán para escuchar y aconsejar en todo momento.

A mi compañera de vida, Andrea que es mi apoyo diario, con su amor y sus palabras justas me ayudo a que no decaiga en los momentos más difíciles. Agradecimientos también para su familia Carlos, Norma y Eugenia que fueron parte de todo el camino.

A mis grandes amigos que me dio la montaña, Mauro, Magda y Santiago que siempre estuvieron ahí y también agradecer a la Pachamama por sus enseñanzas al transitar sus montañas.

A mis futuros colegas, Matías y Tomas por su apoyo en todo momento.

A mis abuelos, abuelas, tíos y tías que ya no están físicamente y sé que me acompañan desde el cielo guiándome y cuidándome.

A la Ingeniera Cecilia Botelli, por su dedicación y tiempo brindado en la guía de este proyecto de grado.

Francisco Sarmiento

A mi mama Silvia y a mis hermanos Manuel y Albertina por su apoyo incondicional y hacerme más fuerte en los momentos difíciles.

A mi papa Manuel que ya no está que me enseñó lo importante de luchar.

A todos mis tíos y primos con los que crecí, jugué, aprendí y me formé en cada etapa de mi vida.

A mis amigos que siempre estuvieron en los buenos momentos y en los malos momentos.

También a todas las personas que pasaron en mi vida y tuvieron influencia en la persona que soy.

A la UCASAL por permitirme estudiar con una beca cooperativa cuando no podría afrontar los gastos.

A la ingeniera Cecilia Botelli por guiarnos en nuestro proyecto de grado.

Cabada Oñativia Rodrigo

INDICE GENERAL

CAPITULO I	7
ABSTRACT.....	7
INTRODUCCIÓN.....	9
CAPITULO II	12
RECOPIACION DE INFORMACION	13
RECOPIACION DE DATOS TOPOGRAFICOS.....	13
PRECIPITACIONES DE DISEÑO	14
CAPITULO III	15
ANÁLISIS HIDROLÓGICO DE LA CUENCA.....	16
DEFINICION DE CUENCAS Y SUBCUENCAS DE ESTUDIO	16
CÁLCULO DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMETRICAS DE LA CUENCA ..	18
CAPITULO IV	20
CÁLCULO DEL CAUDAL MEDIANTE EL MÉTODO RACIONAL	21
COEFICIENTE DE ESCORRENTIA	21
INTENSIDAD DE LLUVIA	22
AREAS	23
CAUDALES	23
CAPITULO V	29
RELEVAMIENTO TOPOGRAFICO.....	30
PROCESAMIENTO DE DATOS CON CIVIL 3D.....	31
SIMULACION HIDRAULICA CON HEC-RAS	34
CONCLUSIONES	40
CAPITULO VI	45
SOLUCION ADOPOTADA	46
SOLUCION CON CANALES MODULARES.....	49
PROCESAMIENTO DE DATOS CON CIVIL 3D.....	54
SIMULACION HIDRAULICA CON HECRAS.....	57
CONCLUSIONES	63
PLANOS.....	64
CAPITULO VII	65
BIBLIOGRAFIA.....	66

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 - Mapa de San Lorenzo.....	8
Ilustración 2 - Ubicación del punto de estudio.....	8
Ilustración 3 - Canal existente	9
Ilustración 4 - Tramo del canal sin revestimiento.....	10
Ilustración 5 - Tramo siguiente al canal sin revestimiento con una curva pronunciada.....	11
Ilustración 6- Mapa altimétrico generado con MDE 5m.....	13
Ilustración 7- Cuenca del punto de estudio	16
Ilustración 8- Sub-cuencas de estudio	17
Ilustración 9- Sub-cuencas que conforman la cuenca 2.....	17
Ilustración 10- Cuencas y sub-cuencas vistas en el mapa	23
Ilustración 11 - Relevamiento de Canales Aledaños.....	24
Ilustración 12 – Canal Calle Joaquín Castellanos	25
Ilustración 13 – Canal Calle Joaquín Castellanos	25
Ilustración 14 – Canal Calle Manuel Belgrano	26
Ilustración 15 – Canal Calle Manuel Belgrano	26
Ilustración 16 – Canal Calle Manuel Belgrano	27
Ilustración 17 – Relevamiento topográfico con GPS.....	30
Ilustración 18 – Relevamiento topográfico con GPS.....	31
Ilustración 19 – Superficie Modelada en CIVIL3D.....	32
Ilustración 20 – Superficie 3D en CIVIL3D	32
Ilustración 21 – Superficie 3D en CIVIL3D	33
Ilustración 22 – Corte Longitudinal en CIVIL3D	33
Ilustración 23 – Cortes Transversales en CIVIL3D.....	34
Ilustración 24 – Cortes Transversales en CIVIL3D.....	34
Ilustración 25 – Geometría modelada en HECRAS	35
Ilustración 26 – Visualización de Corte Transversal en HECRAS.....	36
Ilustración 27 – Caudales ingresados en las progresivas	37
Ilustración 28 – Condiciones de frontera “Normal Depth”	37
Ilustración 29 – Coeficientes de Manning para todas las progresivas.....	38
Ilustración 30– Coeficientes de Manning adoptado para todas las progresivas.....	39
Ilustración 31– Régimen de Flujo Mixto en HECRAS.....	40
Ilustración 32– Vista en 3D de los resultados en HECRAS.....	41

Ilustración 33– Perfil Longitudinal de los resultados en HECRAS	41
Ilustración 34– Perfil Transversal Progresiva 13 de los resultados en HECRAS.....	42
Ilustración 35– Perfil Transversal Progresiva 14 de los resultados en HECRAS.....	42
Ilustración 36– Perfil Transversal Progresiva 15 de los resultados en HECRAS.....	43
Ilustración 37– Parcelas Colindantes a nuestro Punto de Estudio	46
Ilustración 38– Rectificación de traza superpuesta con Imagen Satelital.....	47
Ilustración 39– Componentes de Línea de Energía	48
Ilustración 40 – Opciones de Premoldeados según Fabricante.....	50
Ilustración 41 – Fabricación del premoldeado VIAL	51
Ilustración 42 – Fabricación del premoldeado VIAL	51
Ilustración 43 – Detalle de Modulo Pórtico VIAL.....	52
Ilustración 44 – Detalle de Modulo Pórtico VIAL.....	52
Ilustración 45 – Detalle de Modulo Pórtico VIAL.....	53
Ilustración 46 – Forma de Colocación recomendada por fabricante.....	53
Ilustración 47 – Rectificación de trazada en CIVIL3D.....	54
Ilustración 48 – Comparativa Rectificación de trazada vs Trazada Actual en CIVIL3D	55
Ilustración 49– Superficie 3D en CIVIL3D	55
Ilustración 50– Superficie 3D en CIVIL3D	56
Ilustración 51– Cortes Transversales en CIVIL3D.....	56
Ilustración 52– Cortes Transversales en CIVIL3D.....	57
Ilustración 53– Geometría del planteo de solución en HECRAS.....	58
Ilustración 54 Modelado de Alcantarilla en HECRAS	59
Ilustración 55– Valores ingresados de Capa de Rodadura	59
Ilustración 56– Valores ingresados para modelar alcantarilla	60
Ilustración 57– Vista en 3D de los resultados en HECRAS.....	61
Ilustración 58– Perfil longitudinal de los resultados en HECRAS.....	61
Ilustración 59– Corte transversal alcantarilla en HECRAS.....	62
Ilustración 60– Corte transversal en HECRAS.....	62
Ilustración 61– Corte transversal en HECRAS.....	63
Ilustración 62– Corte transversal en HECRAS.....	63

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Precipitaciones en mm.....	14
Tabla 2- Características de la cuenca y sub-cuencas	18
Tabla 3 - Tipos de cuencas.....	18
Tabla 4- Coeficiente de Manning para cada cuenca y sub-cuenca	21
Tabla 5- Duración e intensidad de la lluvia en cada cuenca y sub-cuenca.....	22
Tabla 6- Caudales de cada cuenca y sub-cuenca	23
Tabla 7 – Calculo de Caudal de canales aledaños.....	25
Tabla 8– Resumen Caudales.....	28

ÍNDICE DE GRAFICOS

Grafico 1- Curva IDT de Salta capital.....	22
--	----

CAPITULO I

Introducción

ABSTRACT

El proyecto permitirá encontrar una solución a los desbordes e inundaciones que afectan a las viviendas en la zona provocado en el canal “sin nombre” a causa de las lluvias fuertes que azotan la zona.

La idea surge como recomendación de nuestra profesora guía la Ingeniera María Cecilia Botelli. Luego consultando con habitantes de la zona pudimos confirmar el problema existente y enfocarnos en un punto de estudio específico.

“Solución a problemática hidráulica sobre canal ubicado en San Lorenzo”

Integrantes: Sarmiento, Francisco - Cabada Oñativia, Rodrigo

A continuación, se muestran 3 mapas de la zona. El primero muestra la ubicación de San Lorenzo de manera satelital. El segundo muestra el punto de estudio y el tercero muestra la traza del canal existente. Fuente: Google Earth.

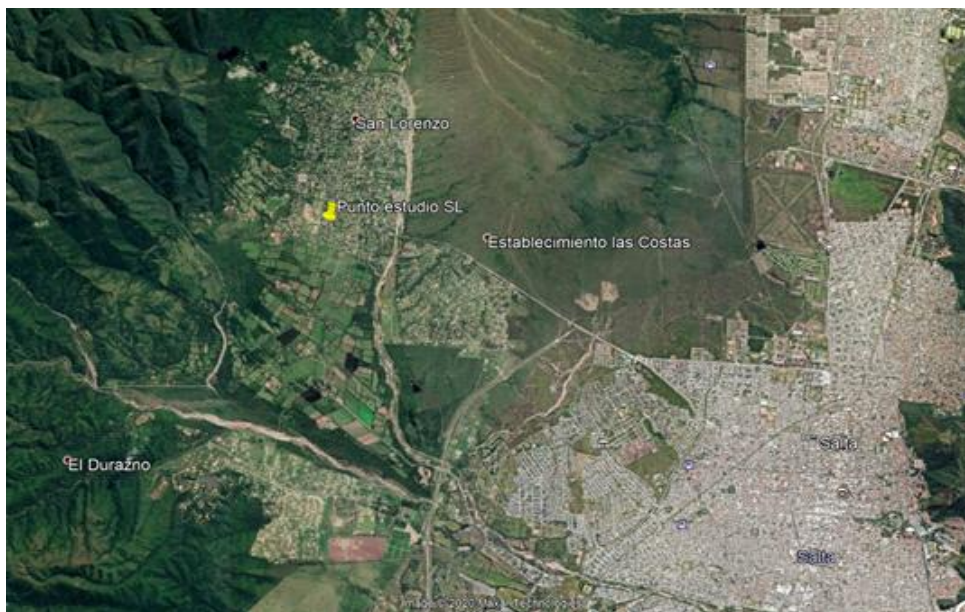


Ilustración 1 - Mapa de San Lorenzo

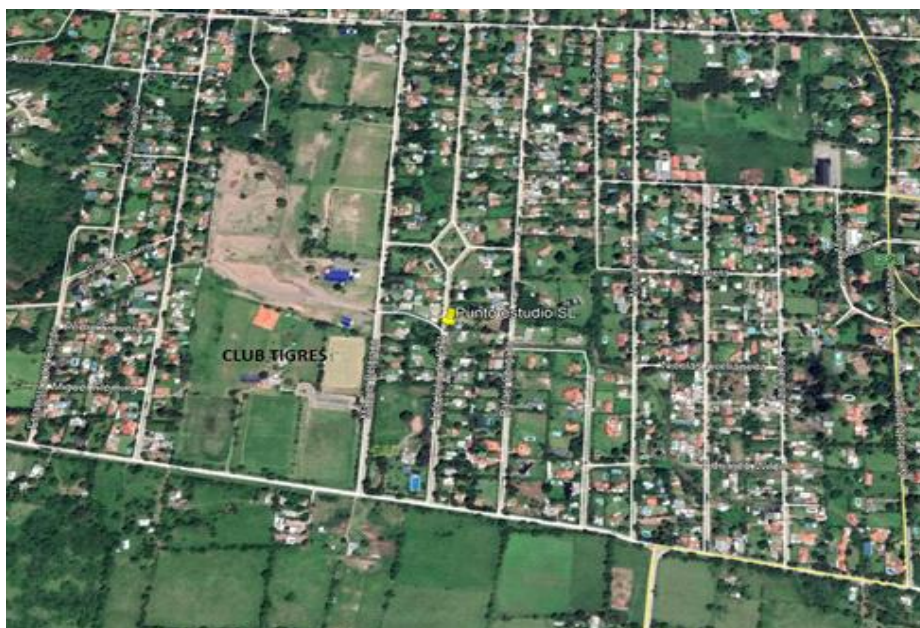


Ilustración 2 - Ubicación del punto de estudio



Ilustración 3 - Canal existente

INTRODUCCIÓN

El canal “sin nombre” constituye el canal principal del sistema de desagüe pluvial de la zona, el cual colecta aguas diferentes sub-cuencas (rurales y urbanas) y desemboca en el río de San Lorenzo

Es un canal sin revestimiento hasta cruzar la calle “1 de julio de 1974” el cual trae consigo piedras y ramas las cuales quedan estancadas en curvas muy pronunciadas de dicho canal, y luego se transforma en un canal rectangular con hormigón en la base y muros de piedra a los lados.

Justo en ese punto es donde se ubica nuestro punto de estudio proponiendo una solución aguas arriba y en la curva abrupta de dicho lugar.



Ilustración 4 - Tramo del canal sin revestimiento



Ilustración 5 - Tramo siguiente al canal sin revestimiento con una curva pronunciada

Viendo las imágenes y luego de hablar con habitantes de la zona podemos concluir inicialmente que el problema se debe a que el canal no tiene la capacidad suficiente para evacuar las aguas de lluvia o que debido la acumulación de piedras y ramas el canal no cumple su debida función. Además, como se puede visualizar en la ilustración 5 la traza del canal dificulta el escurrimiento correcto del agua en el mismo provocando acumulación en la zona.

CAPITULO II

Recopilación de Información

RECOPIACION DE INFORMACION

La pandemia provocada por el “Covid-19” nos dificultó la posibilidad de obtener respuestas de parte de la Secretaría de Recursos Hídricos del Gobierno de Salta y de parte de la Municipalidad de San Lorenzo. Por lo tanto, procedimos a recopilar datos topográficos mediante imágenes satelitales

RECOPIACION DE DATOS TOPOGRAFICOS

Para la obtención de datos altimétricos se lo realizó gracias a los mapas topográficos e imágenes de alta resolución que obtuvimos de www.ign.gob.ar. De esta herramienta pudimos obtener Modelos digitales de elevaciones (MDE) y Modelos Digitales de terreno (MDT) que permiten describir la topografía del terreno a través de puntos distribuidos en forma homogénea sobre la superficie terrestre y cuya altura está referida al nivel medio del mar.

Previamente habíamos utilizado como fuente para las curvas de nivel los mapas de Google Earth pero los resultados de la cuenca no se ajustaban al nivel de precisión deseado para nuestro proyecto.

Para nuestro trabajo utilizamos los modelos digitales de elevación en donde se forman cuadrículas de 5 metros las cuales nos permiten una mayor precisión sobre los puntos verticales. Dichos modelos de elevación digital se encuentran para nuestra provincia por lo tanto lo que debimos hacer es encontrar los modelos digitales de elevación que se adecuen de mejor forma para nuestro punto de estudio como se puede ver en la siguiente imagen.

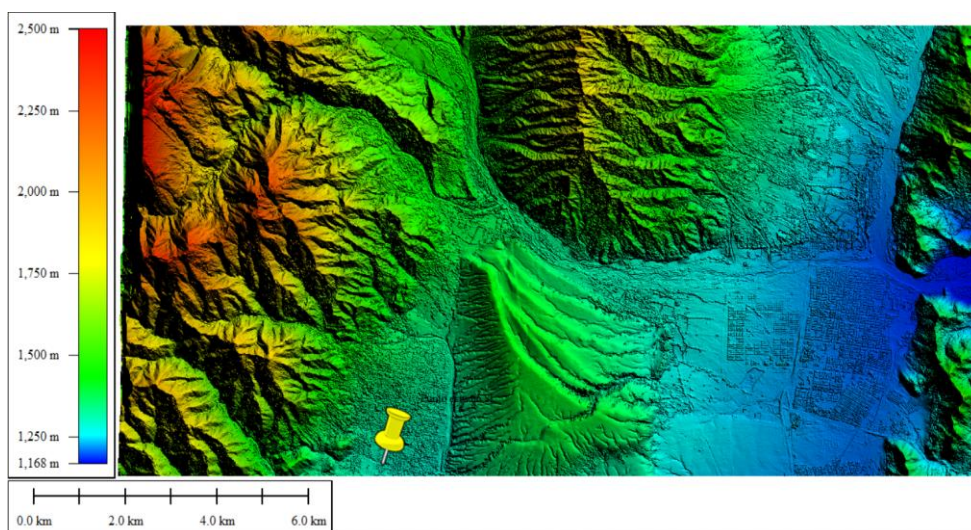


Ilustración 6- Mapa altimétrico generado con MDE 5m

PRECIPITACIONES DE DISEÑO

Para una aproximación inicial recolectamos datos de precipitación anuales del INTA y de la estación meteorológica automática del parque bicentenario. La primera nos brindaba precipitaciones desde 2006 a 2018, y la segunda del año 2019. Al no existir una estación meteorológica en San Lorenzo que tome registros de forma constante nos tenemos que valer de la información respecto a la ciudad de Salta que se encuentra a aproximadamente nueve kilómetros del punto de estudio.

Anual	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Anual	548,7	711,1	975,4	606,8	606,3	754	704,8
Promedio	54,87	79,01111111	97,54	60,68	55,1181818	62,83333333	64,0727273
Máxima	163,6	287,2	344,6	154,1	180,3	255,7	186,1
Mínima	1,2	5	0,1	0,1	0,8	0,1	0,4
Anual	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Anual	635,6	529,4	685,5	986,9	449	542,3	833,6
Promedio	57,7818182	48,1272727	57,125	82,2416667	37,4166667	108,46	69,46
Máxima	241,9	176,2	205,5	322,6	111,5	238,5	200,7
Mínima	0,3	5,1	2,5	1,5	0,8	38,1	1,5

Tabla 1 - Precipitaciones en mm

CAPITULO III

Análisis Hidrológico de la cuenca

ANÁLISIS HIDROLÓGICO DE LA CUENCA

DEFINICION DE CUENCAS Y SUBCUENCAS DE ESTUDIO

En esta etapa procedimos a definir la cuenca de aporte al punto de estudio. Para esto usamos el programa “Global Mapper” capaz de mostrar, convertir y analizar cualquier tipo de dato geoespacial y a través de él generar nuestra cuenca de estudio.

Para ello nos valimos de procesos iterativos. Para ello fuimos cambiando valores respecto a cuantas celdas el programa cuenta como parte de una corriente de agua, cuántos kilómetros cuadrados de drenaje tiene en cuenta y además que descarte valores que son pequeños.

Este proceso es muy clave para el correcto desarrollo, una cuenca muy grande equivale a cálculos muy imprecisos y cuencas muy chicas equivale a trabajo muy excesivo sin ganar mucha precisión.

Se llegó a los siguientes resultados:

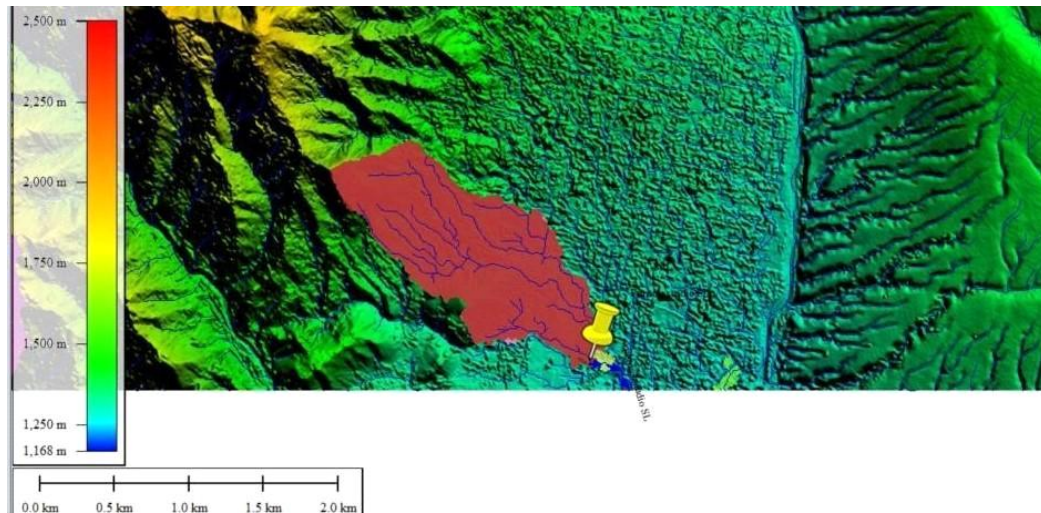


Ilustración 7- Cuenca del punto de estudio

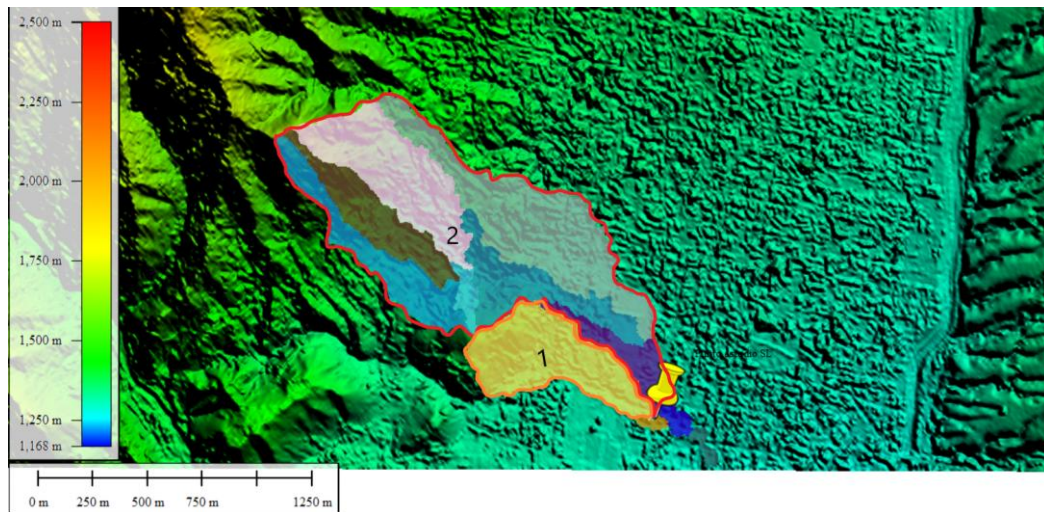


Ilustración 8- Sub-cuencas de estudio

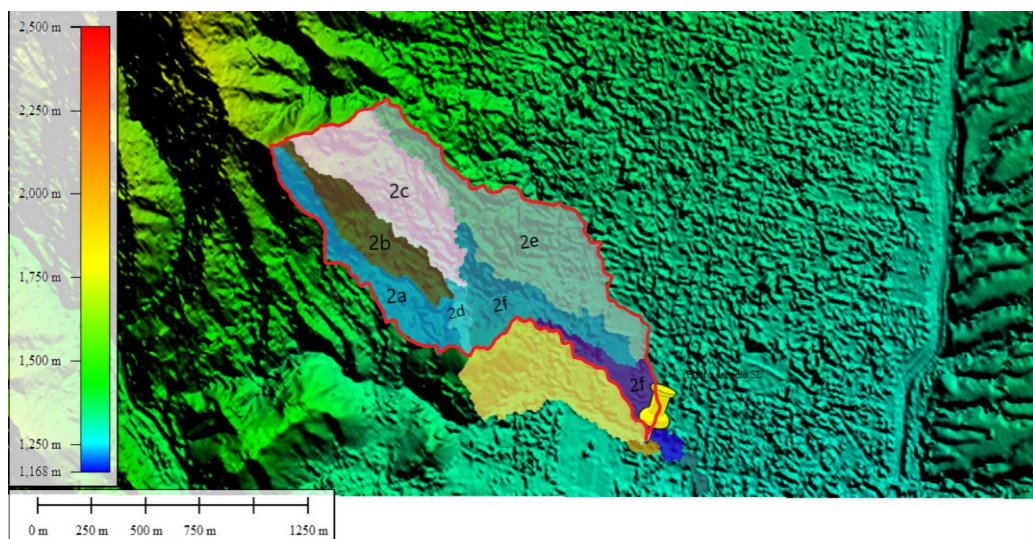


Ilustración 9- Sub-cuencas que conforman la cuenca 2

Analizando los resultados de nuestras cuencas se puede percibir claramente que la cuenca se divide en 2 sub cuencas principales. La cuenca número 1 es la que se encuentra sobre el canal existente y la cuenca número 2 abarca mucha más superficie que la primera pero recién llega a hacer contacto con nuestro punto de estudio bajando por la calle “1 de julio de 1974”.

Nuestro proyecto se va a basar en 2 puntos claves. Primero con la cuenca número uno se calculan los parámetros de la cuenca y se verifica el canal existente y

segundo con la cuenca número dos se calculan sus parámetros y se calcula que caudal llegaría al punto de estudio, con esto se analiza si es necesario proyectar una alcantarilla para la correcta distribución del fluido. Además, dado los problemas del punto de estudio se deberá redimensionar la curva del canal en el lugar.

CÁLCULO DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMETRICAS DE LA CUENCA

Para el cálculo de las características de la cuenca obtuvimos los siguientes valores:

CUENCA	SUBCUENCAS	AREA (ha)	LONGITUD (metros)	H1 (metros)	H2 (metros)	ΔH (metros)	PENDIENTE	TC (horas)
1	1	22,9	832,04	1322,5	1293	29,5	0,035	0,208
2	2a	14,55	936,94	1530	1348,621	181,379	0,194	0,119
	2b	12,74	801,61	1475	1348,621	126,379	0,158	0,114
	2c	23,71	1062	1535	1349,621	185,379	0,175	0,136
	2d	2,139	94,401	1357	1349,621	7,379	0,078	0,029
	2e	32,29	1712	1430	1302,355	127,645	0,075	0,272
	2f	14,19	1043	1353	1302,355	50,645	0,049	0,219
	2g	7,15	638,62	1312,5	1293	19,5	0,031	0,180

Tabla 2- Características de la cuenca y sub-cuencas

Cuenca	Superficie [km ²]
Pequeña	< 100
Mediana	100 – 2000
Grande	> 2000

Tabla 3 - Tipos de cuencas

Como conclusión de los datos obtenidos podemos decir que nuestras dos cuencas se consideran como pequeñas ya que las dos son menores a 100 km², también obtuvimos los valores de la longitud del cauce principal como también el desnivel que hay entre el punto más alto y el punto más bajo del cauce principal. Relacionando estos datos obtenidos pudimos obtener la pendiente media del cauce principal la cual nos da una perspectiva de la pendiente del escurrimiento.

“Solución a problemática hidráulica sobre canal ubicado en San Lorenzo”

Integrantes: Sarmiento, Francisco - Cabada Oñativia, Rodrigo

Con todas las características obtuvimos el tiempo de concentración el cual no da el tiempo que tarda una gota de agua en llegar desde el punto más alto de la cuenca hasta el punto de salida.

Para la cuenca número 2 (dos) que está conformada por 7 (siete) sub-cuencas podemos sumar todos sus tiempos de concentración y obtener un valor medio de tiempo de concentración el cual será el tiempo de concentración para la cuenca número 2 (dos).

CAPITULO IV

Calculo de caudal

CÁLCULO DEL CAUDAL MEDIANTE EL MÉTODO RACIONAL

Este método se basa en que una lluvia con intensidad “i” empieza de forma instantánea y continua de forma indefinida, la tasa de escorrentía continuara hasta que se llegue al tiempo de concentración “tc” en el cual toda la cuenca contribuye al fijo en la salida.

$$Q = C \times i \times A$$

Este método es muy simplificado por lo que es apta para cuencas pequeñas. Igualmente, se lo utilizara como un pre diseño para luego verificarlo a través de un programa HEC-HMS que es un sistema de modelado hidrológico que está diseñado para simular los procesos de precipitación-escorrentía de las cuencas.

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA

El coeficiente de escorrentía “C” es la variable menos precisa del método racional. Su uso en la fórmula implica una relación fija entre la tasa de escorrentía pico y la tasa de lluvia para la cuenca de drenaje, lo cual no es cierto del todo.

El coeficiente de escorrentía fue sacado de una tabla de la cual sacamos el respectivo coeficiente para zonas urbanas y zonas verdes con un periodo de retorno de 10 y 20 años.

COEFICIENTE DE MANING	
C (10años)	C (20años)
0,55	0,58
0,43	0,46
0,44	0,47
0,54	0,57
0,42	0,45
0,63	0,66
0,49	0,52
0,68	0,71

Tabla 4- Coeficiente de Manning para cada cuenca y sub-cuenca

INTENSIDAD DE LLUVIA

La intensidad de lluvia i es la tasa promedio de lluvia en milímetro por hora para una cuenca o sub-cuenca de drenaje particular. La intensidad se selecciona con la base a la duración de lluvia de diseño y el periodo de retorno.

Para nuestro calculo utilizamos unas curvas IDF pertenecientes a Salta Capital brindadas por nuestra profesora guía. Dicha curva fue resultado de un proceso de investigación y estadísticas de profesionales de la UCASAL.

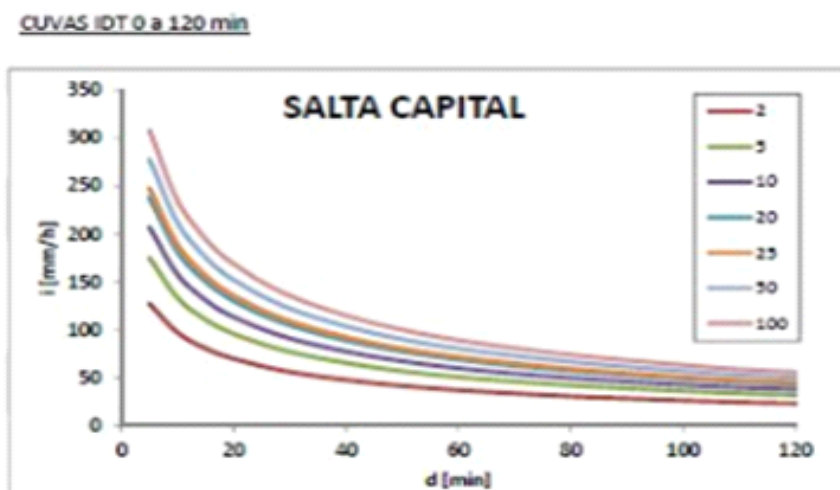


Grafico 1- Curva IDT de Salta capital

Duración (min)	Intensidad 10años (mm/hs)	Intensidad 20años (mm/hs)
18,73	125	140
10,68	150	175
10,25	153	178
12,23	147	170
2,59	210	247
24,52	100	125
19,75	130	145
16,18	148	165

Tabla 5- Duración e intensidad de la lluvia en cada cuenca y sub-cuenca

AREAS

Las áreas de cada cuenca y sub-cuencas fueron determinadas previamente, pero necesitábamos saber el porcentaje de cada sub-cuenca pertenece a zonas urbanas y a zonas verdes. Para ello nos valimos de Google Earth sacando las respectivas áreas de cada sub-cuencas.

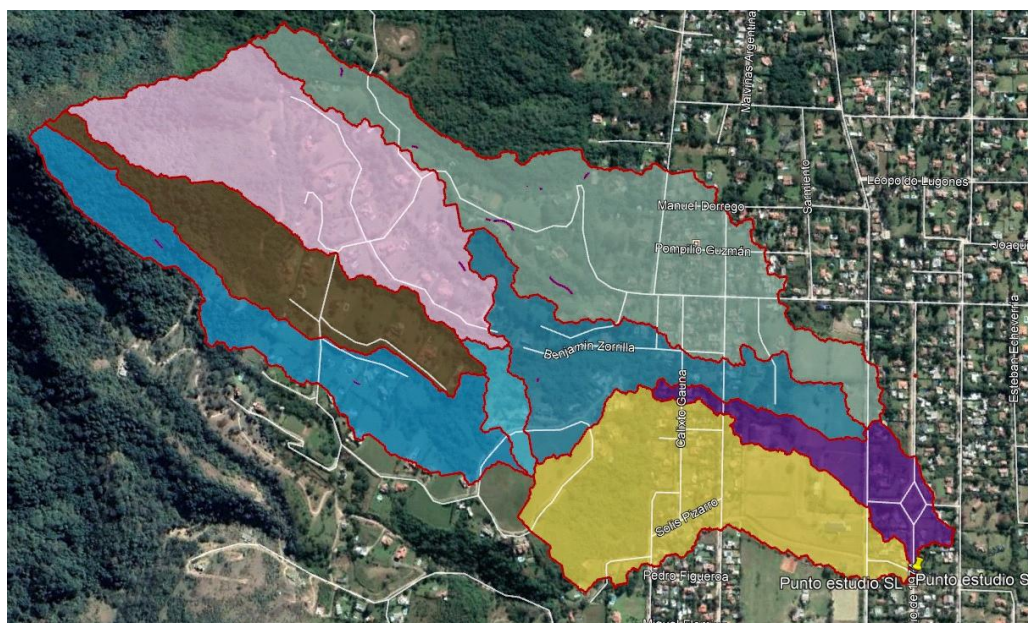


Ilustración 10- Cuencas y sub-cuencas vistas en el mapa

CAUDALES

Teniendo todos los datos necesarios procedimos a sacar el caudal de cada cuenca y sub-cuenca para un periodo de retorno de 10 y 20 años.

CUENCA	SUBCUENCAS	Q10	Q20
		(m3/seg)	(m3/seg)
1	1	4,40	5,20
2	2a	2,60	3,25
	2b	2,39	2,97
	2c	5,25	6,41
	2d	0,52	0,66
	2e	6,93	9,08
	2f	2,52	2,98
	2g	2,00	2,33

Tabla 6- Caudales de cada cuenca y sub-cuenca



Ilustración 11 - Relevamiento de Canales Aledaños

Realizando un relevamiento de la zona correspondiente al punto de estudio, con el objetivo de comprender mejor la dinámica del escurrimiento tanto hacia nuestro punto de interés como hacia aguas abajo. Como resultado, obtuvimos las siguientes conclusiones para desarrollar el estudio hidráulico.

Se pudo observar que el Canal principal (Canal “Sin Nombre”) recibe aportes provenientes de diferentes canales a lo largo de su trayecto. Con el objetivo de analizar el aporte específico de cada uno de estos canales secundarios, se relevaron sus dimensiones. Estos datos fueron procesados a través del programa HCANALES, lo que nos permitió calcular el caudal máximo que cada uno es capaz de transportar y, en consecuencia, determinar su aporte al Canal principal en las diferentes progresivas.

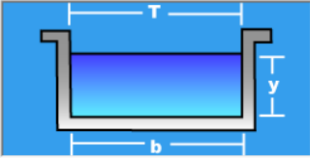
Calle	Tramo	Alto	Ancho	Ancho B	Tirante secc. completa	Tirante a 3/4	Pendiente	Manning	Caudal secc. completa
Calle Joaquín Castellanos (Perpendicular a Manuel Belgrano)	Seccion A	1,15	0,80	-	1,150	0,863	0,0434	0,023	3,7076
	Seccion B	1,10	0,80	-	1,100	0,825	0,0434	0,023	3,5189
Calle Manuel Belgrano (Tigres)	Seccion C	0,90	0,80	-	0,900	0,675	0,0297	0,023	2,292
	Seccion D	1,50	0,90	-	1,500	1,125	0,0297	0,023	4,9869
Plaza Romboidal	Seccion G	0,90	0,85	-	0,900	0,675	0,0301	0,023	2,5205

Tabla 7 – Calculo de Caudal de canales aledaños

Lugar: Proyecto:
Tramo: Revestimiento:

Datos:

Tirante (y): m
Ancho de solera (b): m
Talud (Z):
Coeficiente de rugosidad (n): m/m
Pendiente (S): m/m



Resultados:

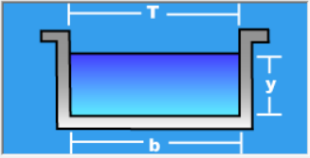
Caudal (Q): m³/s Velocidad (v): m/s
Área hidráulica (A): m² Perímetro (p): m
Radio hidráulico (R): m Espejo de agua (T): m
Número de Froude (F): Energía específica (E): m-Kg/Kg
Tipo de flujo:

Ilustración 12 – Canal Calle Joaquín Castellanos

Lugar: Proyecto:
Tramo: Revestimiento:

Datos:

Tirante (y): m
Ancho de solera (b): m
Talud (Z):
Coeficiente de rugosidad (n): m/m
Pendiente (S): m/m



Resultados:

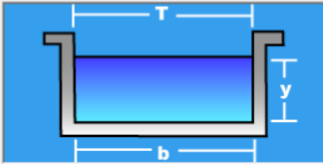
Caudal (Q): m³/s Velocidad (v): m/s
Área hidráulica (A): m² Perímetro (p): m
Radio hidráulico (R): m Espejo de agua (T): m
Número de Froude (F): Energía específica (E): m-Kg/Kg
Tipo de flujo:

Ilustración 13 – Canal Calle Joaquín Castellanos

Lugar:	Calle Manuel Belgrano	Proyecto:	Proyecto final
Tramo:	C	Revestimiento:	

Datos:

Tirante (y):	0.9	m
Ancho de solera (b):	0.8	m
Talud (Z):		
Coefficiente de rugosidad (n):	0.023	
Pendiente (S):	0.0297	m/m



Resultados:

Caudal (Q):	2,2920	m ³ /s	Velocidad (v):	3,1834	m/s
Área hidráulica (A):	0,7200	m ²	Perímetro (p):	2,6000	m
Radio hidráulico (R):	0,2769	m	Espejo de agua (T):	0,8000	m
Número de Froude (F):	1,0714		Energía específica (E):	1,4165	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico				

Ilustración 14 – Canal Calle Manuel Belgrano

Lugar:	Calle Manuel Belgrano	Proyecto:	Proyecto final
Tramo:	D	Revestimiento:	

Datos:

Tirante (y):	1.5	m
Ancho de solera (b):	0.9	m
Talud (Z):		
Coefficiente de rugosidad (n):	0.023	
Pendiente (S):	0.0297	m/m



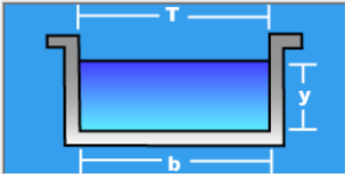
Resultados:

Caudal (Q):	4,9869	m ³ /s	Velocidad (v):	3,6940	m/s
Área hidráulica (A):	1,3500	m ²	Perímetro (p):	3,9000	m
Radio hidráulico (R):	0,3462	m	Espejo de agua (T):	0,9000	m
Número de Froude (F):	0,9630		Energía específica (E):	2,1955	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico				

Ilustración 15 – Canal Calle Manuel Belgrano

Lugar:	Calle Joaquin Castellanos	Proyecto:	Proyecto final
Tramo:	B	Revestimiento:	

Datos:	
Tirante (y):	0.825 m
Ancho de solera (b):	0.8 m
Talud (Z):	
Coefficiente de rugosidad (n):	0.023
Pendiente (S):	0.0434 m/m



Resultados:	
Caudal (Q):	2.4935 m ³ /s
Area hidráulica (A):	0.6600 m ²
Radio hidráulico (R):	0.2694 m
Número de Froude (F):	1.3280
Tipo de flujo:	Subcrítico
Velocidad (v):	3.7781 m/s
Perímetro (p):	2.4500 m
Espejo de agua (T):	0.8000 m
Energía específica (E):	1.5525 m-Kg/Kg

Ilustración 16 – Canal Calle Manuel Belgrano

Realizando un análisis de los datos obtenidos, llegamos a la siguiente conclusión:

Desde la progresiva 0 del canal principal al punto D (Intersección Calle Manuel Belgrano), el caudal de aporte es calculado para la cuenca 1.

Desde el punto D (Intersección Calle Manuel Belgrano), el caudal de aporte es el de la Cuenca 1 y el Canal de Calle Manuel Belgrano.

En nuestro punto de estudio, aporte de caudal en punto G (Canal de Plaza Romboidal).

Gracias al estudio y relevamiento realizado, logramos determinar los caudales que serán transportados por el canal principal (“Canal Sin Nombre”) a lo largo de sus distintas progresivas. Cabe aclarar que la suma de caudales realizada según el relevamiento, se realizó teniendo en cuenta que el caudal máximo que puede transportar un canal está limitado por su punto más estrecho ya que la sección más chica actúa como un “cuello de botella”, y aunque la sección más grande pueda llevar más agua, el flujo no puede superar lo que la sección más restringida permite pasar.

“Solución a problemática hidráulica sobre canal ubicado en San Lorenzo”

Integrantes: Sarmiento, Francisco - Cabada Oñativia, Rodrigo

Progresiva	Caudal	
	Q10	Q20
Punto 0	4,40	5,20
Punto D	6,69	7,49
Punto de Estudio	9,21	10,01

Tabla 8– Resumen Caudales

CAPITULO V

Relevamiento topográfico

RELEVAMIENTO TOPOGRAFICO

Se llevó a cabo un relevamiento topográfico de la zona utilizando un GPS configurado con el sistema de coordenadas universal UTM. Este sistema se seleccionó por su capacidad de proporcionar un formato de coordenadas plano, lo que resulta en una mayor precisión en áreas de dimensiones reducidas.

El relevamiento abarcó toda la extensión del canal a analizar. Se registraron múltiples puntos, comenzando desde el inicio del canal, donde originalmente presentaba una sección trapezoidal que posteriormente se transformaba en una sección transversal hasta su punto final. En cada sección se marcaron los vértices y las bermas para definir su configuración, realizando mediciones con una distancia aproximada de 20 metros entre secciones. En nuestro punto de estudio, las secciones se tomaron cada 10 metros para generar una nube de puntos más detallada, facilitando así el análisis en la zona más crítica del estudio.



Ilustración 17 – Relevamiento topográfico con GPS



Ilustración 18 – Relevamiento topográfico con GPS

PROCESAMIENTO DE DATOS CON CIVIL 3D

Con el relevamiento topográfico previamente realizado, se procedió a modelar la superficie utilizando el programa CIVIL3D. Los puntos obtenidos fueron importados al software, donde se generó la superficie mediante un proceso de triangulación. El programa realiza estas triangulaciones automáticamente, pero permite al usuario editarlas según el conocimiento del terreno y los datos levantados, hasta lograr la superficie deseada.

A partir de la superficie obtenida, fue posible generar los cortes transversales equidistantes y el perfil longitudinal del canal a lo largo de todo su recorrido.

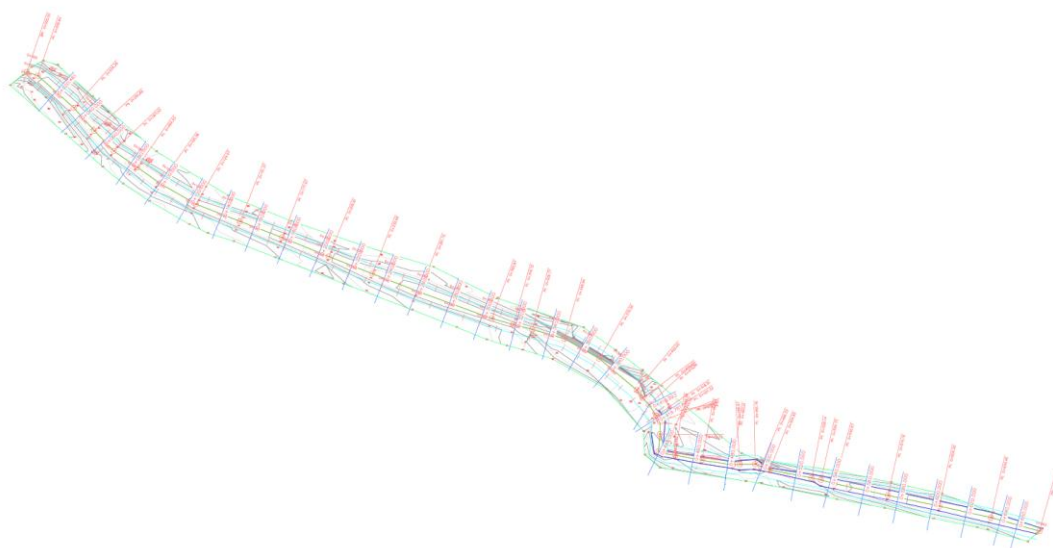


Ilustración 19 – Superficie Modelada en CIVIL3D



Ilustración 20 – Superficie 3D en CIVIL3D

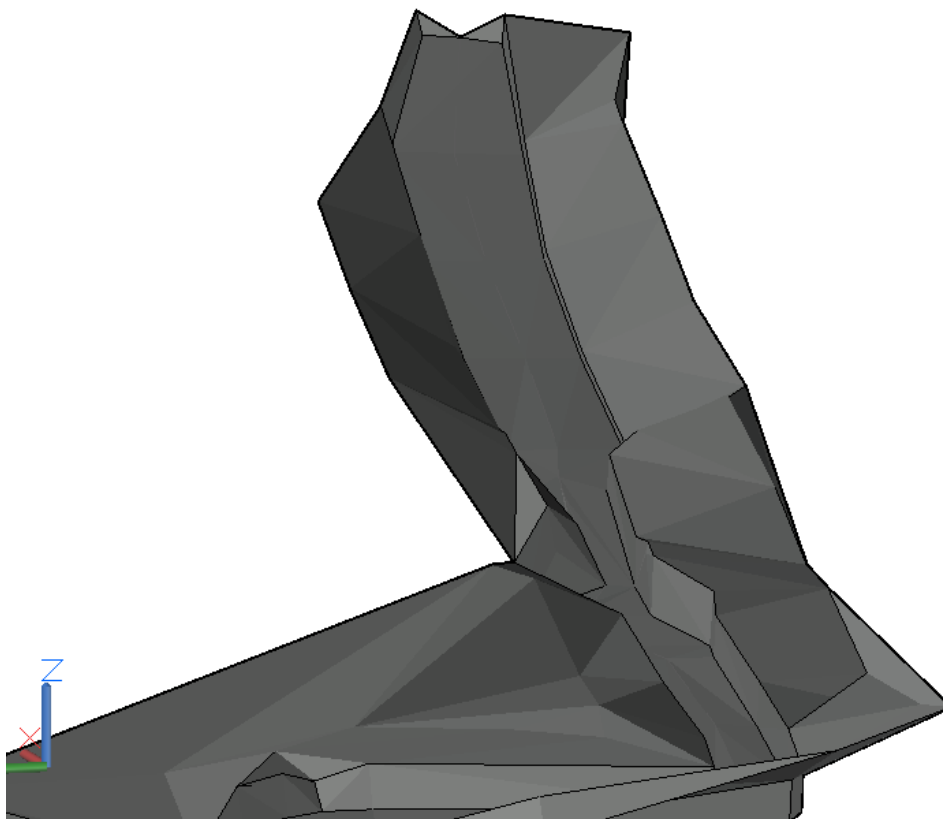


Ilustración 21 – Superficie 3D en CIVIL3D

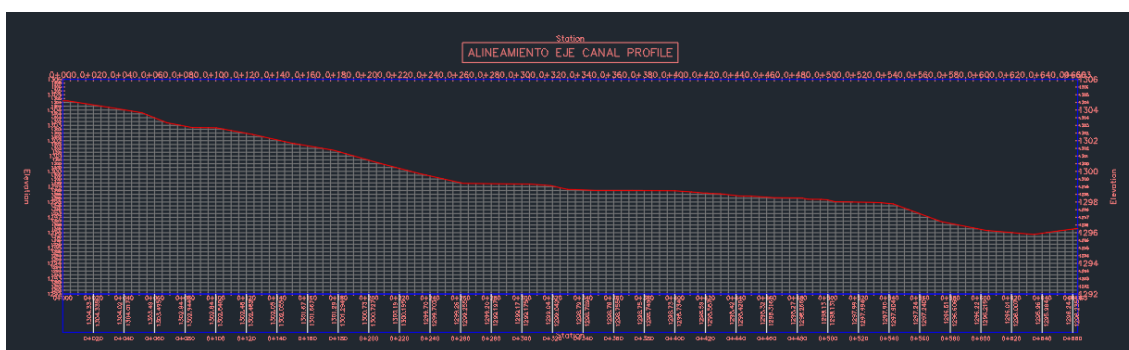


Ilustración 22 – Corte Longitudinal en CIVIL3D

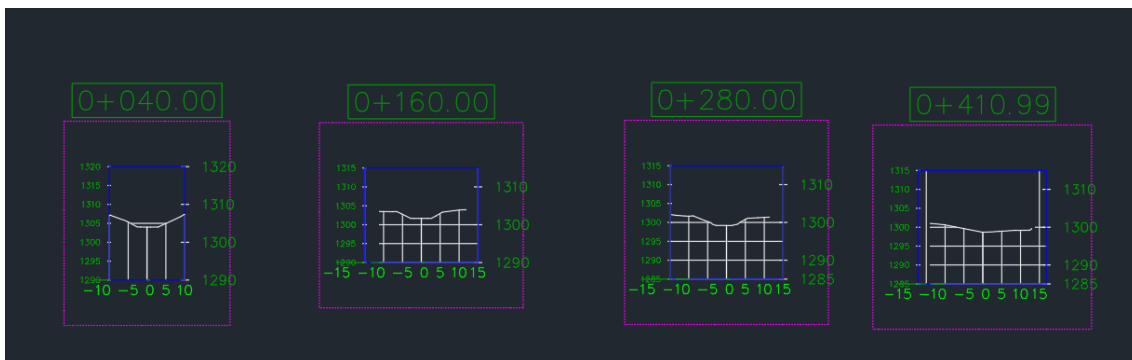


Ilustración 23 – Cortes Transversales en CIVIL3D

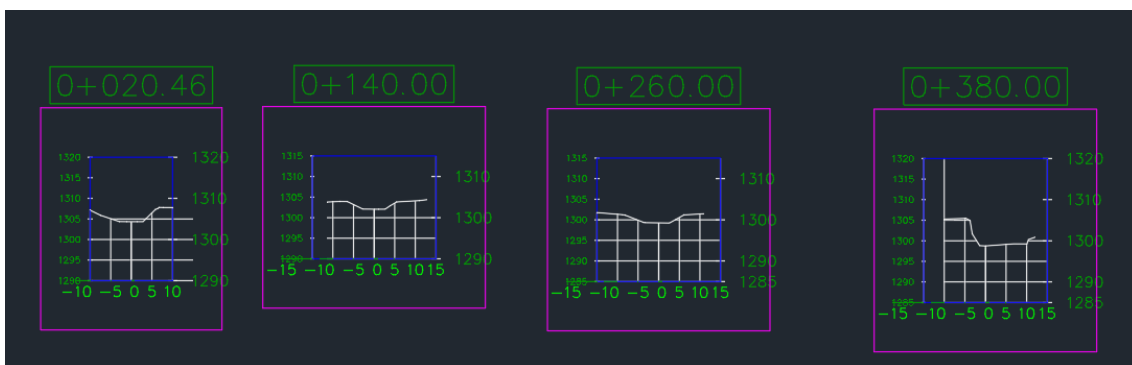


Ilustración 24 – Cortes Transversales en CIVIL3D

Aprovechando que la interfaz de CIVIL3D permite una exportación directa a HECRAS, para facilitar el reconocimiento de los márgenes del canal, se generan dos alineamientos adicionales al eje y se define la ubicación del margen derecho e izquierdo dentro del programa de forma tal que al exportar un archivo GIS de CIVIL3D e importarlo en HECRAS, se incorpora toda la geometría necesaria para llevar a cabo la simulación hidráulica.

SIMULACION HIDRAULICA CON HEC-RAS

Una vez exportado el archivo en formato GIS desde CIVIL3D, se procedió inicialmente a modelar y simular hidráulicamente con HECRAS el estado actual en el que se encuentra nuestro canal para poder realizar el análisis correspondiente.

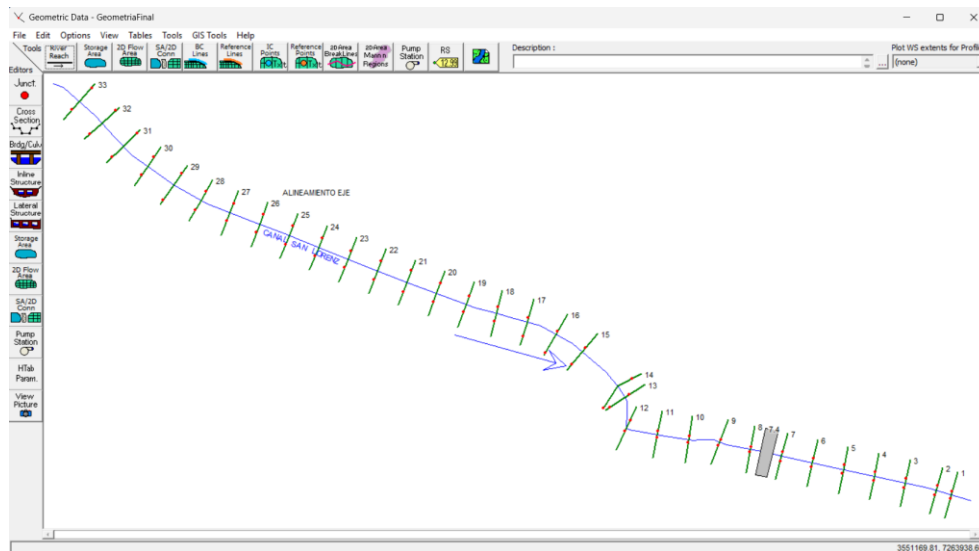


Ilustración 25 – Geometría modelada en HECRAS

Dentro de la geometría, exportada se puede acceder a todos los cortes transversales para cada una de las progresivas correspondientes, de forma tal de poder verificar que los cortes exportados sean los modelados en CIVIL3D. En caso de que algún corte no coincida con lo modelado se pueden modificar, en nuestro caso se verificaron y se observó que todo el archivo exportado correspondía con lo que se había modelado anteriormente.

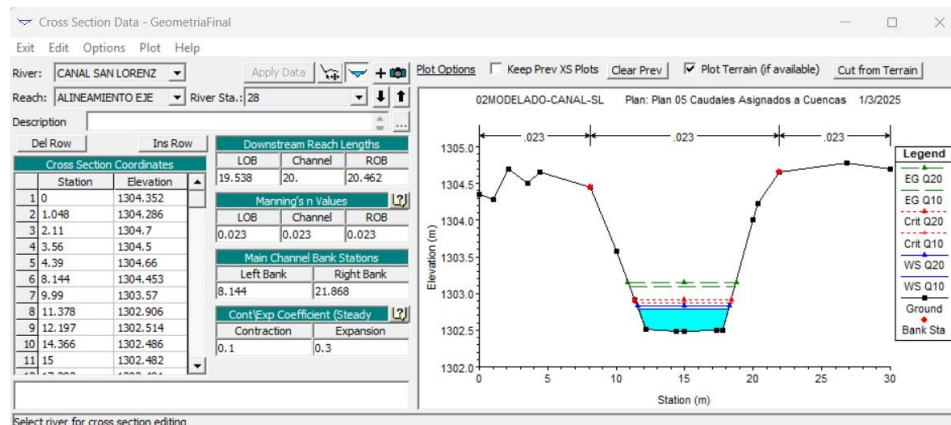
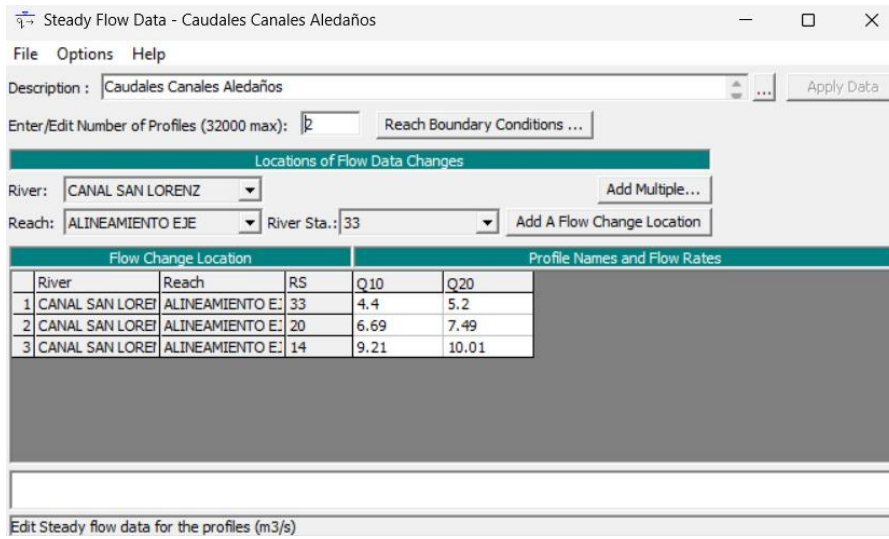


Ilustración 26 – Visualización de Corte Transversal en HECRAS

Dentro de esta Ventana gráfica, se verificaron y ajustaron los siguientes parámetros clave, para cada una de las progresivas de nuestro canal.

- "Cross Section Coordinates": Son las coordenadas de cada punto generado de nuestro corte del canal.
- "Mannings n Values": Valor del coeficiente de Manning tanto en el lecho como en las paredes.
- "Downstream Reach Lengths": Distancias entre las secciones transversales tanto en el eje como el margen derecho e izquierdo.
- "Main Channel Bank Stations": Ubicación de los márgenes izquierdo y derecho del canal.
- "Cont/Exp Coefficient": El coeficiente de contracción y expansión que representa la pérdida de energía por la forma, por defecto son los valores que el programa recomienda usar.

Con respecto a los caudales, estos fueron ingresados conforme al análisis previamente explicado. Para llevar a cabo este procedimiento, primero identificamos las progresivas correspondiente al aporte de caudal. Una vez determinada, procedimos a registrar los valores correspondientes de acuerdo con el análisis realizado.



Steady Flow Data - Caudales Canales Aledaños

File Options Help

Description: Caudales Canales Aledaños

Enter/Edit Number of Profiles (32000 max): 2 Reach Boundary Conditions ...

Locations of Flow Data Changes

River: CANAL SAN LORENZ Add Multiple...

Reach: ALINEAMIENTO EJE River Sta.: 33 Add A Flow Change Location

Flow Change Location			Profile Names and Flow Rates	
River	Reach	RS	Q10	Q20
1 CANAL SAN LORENZ	ALINEAMIENTO E:	33	4.4	5.2
2 CANAL SAN LORENZ	ALINEAMIENTO E:	20	6.69	7.49
3 CANAL SAN LORENZ	ALINEAMIENTO E:	14	9.21	10.01

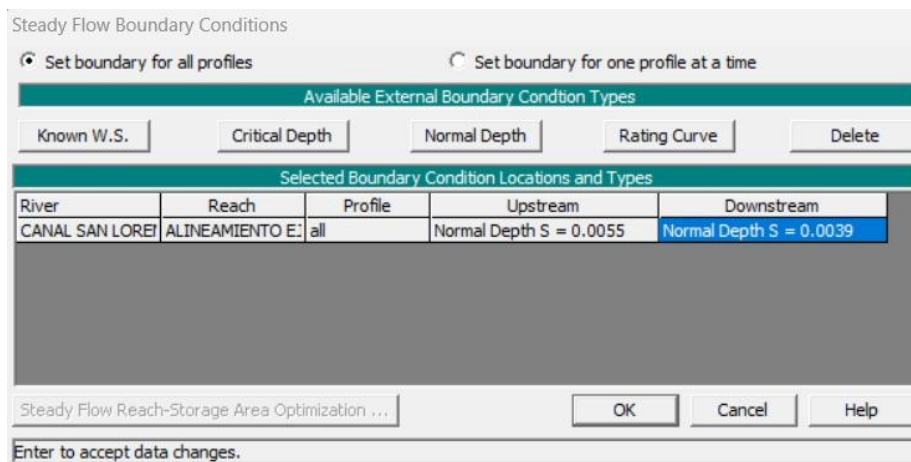
Edit Steady flow data for the profiles (m3/s)

Ilustración 27 – Caudales ingresados en las progresivas

Para las condiciones de frontera, se adoptó la opción de "Normal Depth", la misma se basa en la pendiente del cauce y la ecuación de Manning para calcular la profundidad del flujo en condiciones normales, es decir, cuando el flujo es uniforme y constante.

Esta condición de contorno suele aplicarse cuando se asume que el flujo sigue una pendiente estable sin efectos significativos de estructuras o cambios bruscos en el cauce.

Para nuestro modelo las condiciones de frontera adoptadas fueron pendientes de 0,0055 aguas arriba y 0,0039 aguas abajo, reflejando un descenso progresivo en el terreno.



Steady Flow Boundary Conditions

☒ Set boundary for all profiles ☐ Set boundary for one profile at a time

Available External Boundary Condition Types

Known W.S. Critical Depth Normal Depth Rating Curve Delete

Selected Boundary Condition Locations and Types

River	Reach	Profile	Upstream	Downstream
CANAL SAN LORENZ	ALINEAMIENTO E:	all	Normal Depth S = 0.0055	Normal Depth S = 0.0039

Steady Flow Reach-Storage Area Optimization ...

OK Cancel Help

Enter to accept data changes.

Ilustración 28 – Condiciones de frontera “Normal Depth”

Los coeficientes de Manning ingresados para todas las progresivas se unificaron en un mismo valor. Esta decisión se tomó considerando que, a lo largo de nuestro canal, existen diferentes coeficientes cuya variabilidad es pequeña ya que estos valores rondan entre 0,020-0,023. Por ello, se optó por adoptar un coeficiente de Manning unificado en todas las secciones, buscando obtener un valor lo más conservador posible.

Edit Manning's n or k Values

River: CANAL SAN LORENZ ☐ Edit Interpolated XS's Channel n Values have a light green background

Reach: ALINEAMIENTO EJE ☐ All Regions

Selected Area Edit Options

	River Station	Frctn (n/K)	n #1	n #2	n #3
1	33	n	0.023	0.023	0.023
2	32	n	0.023	0.023	0.023
3	31	n	0.023	0.023	0.023
4	30	n	0.023	0.023	0.023
5	29	n	0.023	0.023	0.023
6	28	n	0.023	0.023	0.023
7	27	n	0.023	0.023	0.023
8	26	n	0.023	0.023	0.023
9	25	n	0.023	0.023	0.023
10	24	n	0.023	0.023	0.023
11	23	n	0.023	0.023	0.023
12	22	n	0.023	0.023	0.023
13	21	n	0.023	0.023	0.023
14	20	n	0.023	0.023	0.023
15	19	n	0.023	0.023	0.023
16	18	n	0.023	0.023	0.023
17	17	n	0.023	0.023	0.023
18	16	n	0.023	0.023	0.023
19	15	n	0.023	0.023	0.023
20	14	n	0.023	0.023	0.023
21	13	n	0.023	0.023	0.023
22	12	n	0.023	0.023	0.023
23	11	n	0.023	0.023	0.023
24	10	n	0.023	0.023	0.023
25	9	n	0.023	0.023	0.023
26	8	n	0.023	0.023	0.023
27	7.4	Bridge			
28	7	n	0.023	0.023	0.023
29	6	n	0.023	0.023	0.023
30	5	n	0.023	0.023	0.023
31	4	n	0.023	0.023	0.023
32	3	n	0.023	0.023	0.023
33	2	n	0.023	0.023	0.023
34	1	n	0.023	0.023	0.023

Ilustración 29 – Coeficientes de Manning para todas las progresivas

“Solución a problemática hidráulica sobre canal ubicado en San Lorenzo”

Integrantes: Sarmiento, Francisco - Cabada Oñativia, Rodrigo

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
B. Canales revestidos o desarmables			
B-1. Metal			
a. Superficie lisa de acero			
1. Sin pintar	0.011	0.012	0.014
2. Pintada	0.012	0.013	0.017
b. Corrugado	0.021	0.025	0.030
B-2. No metal			
a. Cemento			
1. Superficie pulida	0.010	0.011	0.013
2. Mortero	0.011	0.013	0.015
b. Madera			
1. Cepillada, sin tratar	0.010	0.012	0.014
2. Cepillada, creosotada	0.011	0.012	0.015
3. Sin cepillar	0.011	0.013	0.015
4. Láminas con listones	0.012	0.015	0.018
5. Forrada con papel impermeabilizante	0.010	0.014	0.017
c. Concreto			
1. Terminado con llana metálica (palustre)	0.011	0.013	0.015
2. Terminado con llana de madera	0.013	0.015	0.016
3. Pulido, con gravas en el fondo	0.015	0.017	0.020
4. Sin pulir	0.014	0.017	0.020
5. Lanzado, sección buena	0.016	0.019	0.023
6. Lanzado, sección ondulada	0.018	0.022	0.025
7. Sobre roca bien excavada	0.017	0.020	
8. Sobre roca irregularmente excavada	0.022	0.027	
d. Fondo de concreto terminado con llana de madera y con lados de			
1. Piedra labrada, en mortero	0.015	0.017	0.020
2. Piedra sin seleccionar, sobre mortero	0.017	0.020	0.024
3. Mampostería de piedra cementada, recubierta	0.016	0.020	0.024
4. Mampostería de piedra cementada	0.020	0.025	0.030
5. Piedra suelta o <i>riprap</i>	0.020	0.030	0.035
e. Fondo de gravas con lados de			
1. Concreto encofrado	0.017	0.020	0.025
2. Piedra sin seleccionar, sobre mortero	0.020	0.023	0.026
3. Piedra suelta o <i>riprap</i>	0.023	0.033	0.036
f. Ladrillo			
1. Barnizado o lacado	0.011	0.013	0.015
2. En mortero de cemento	0.012	0.015	0.018
g. Mampostería			
1. Piedra partida cementada	0.017	0.025	0.030
2. Piedra suelta	0.023	0.032	0.035
h. Bloques de piedra labrados	0.013	0.015	0.017
i. Asfalto			
1. Liso	0.013	0.013	
2. Rugoso	0.016	0.016	
j. Revestimiento vegetal	0.030		0.500

Ilustración 30– Coeficientes de Manning adoptado para todas las progresivas

Con todos los datos procesados e ingresados, procedemos al cálculo de nuestro canal en el estado actual para identificar las problemáticas hidráulicas a lo largo del mismo.

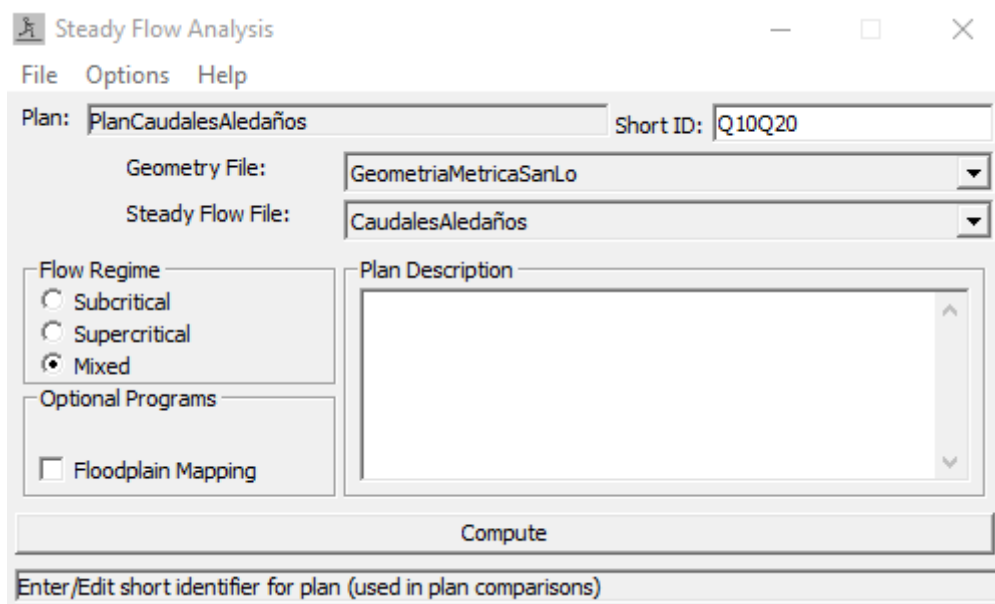


Ilustración 31– Régimen de Flujo Mixto en HECRAS

El análisis se efectuó bajo condiciones de "Mixed Flow Regime" el cual se refiere a una condición en la que el flujo dentro de un sistema hidráulico puede alternar entre subcrítico y supercrítico. Este fenómeno ocurre cuando hay cambios significativos en la geometría del cauce, o variaciones en la pendiente del canal. HEC-RAS utiliza ecuaciones de fuerza específica para determinar qué régimen de flujo predomina en cada sección del modelo.

CONCLUSIONES

Una vez corrido el programa sin ningún error, procedimos a analizar los resultados arrojados por el mismo. Observando a simple vista la perspectiva 3D y el perfil longitudinal, en ellos podemos analizar lo que sucede en los márgenes, tirantes de agua máximo y las líneas de energía para todo el recorrido.

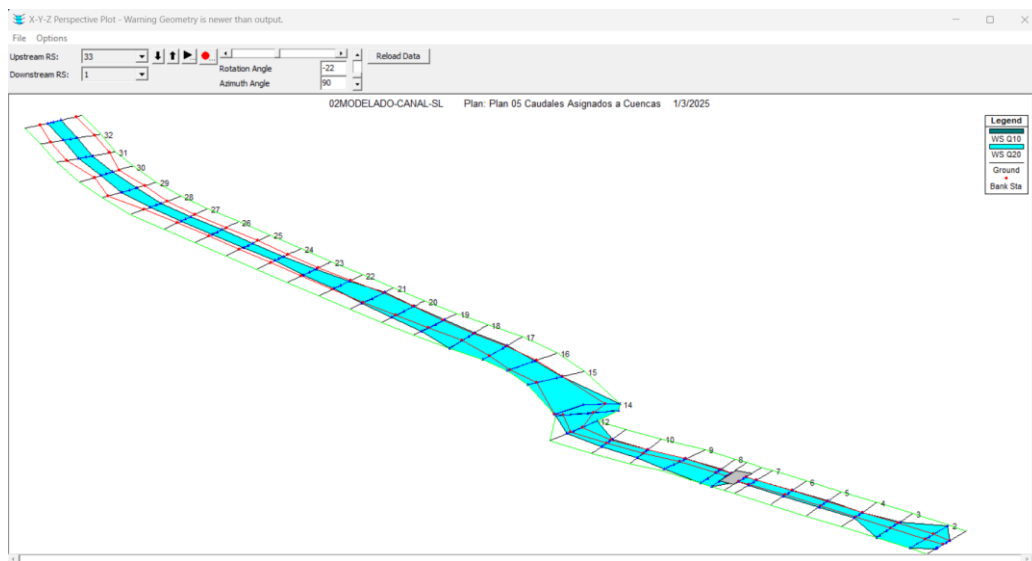


Ilustración 32– Vista en 3D de los resultados en HECRAS

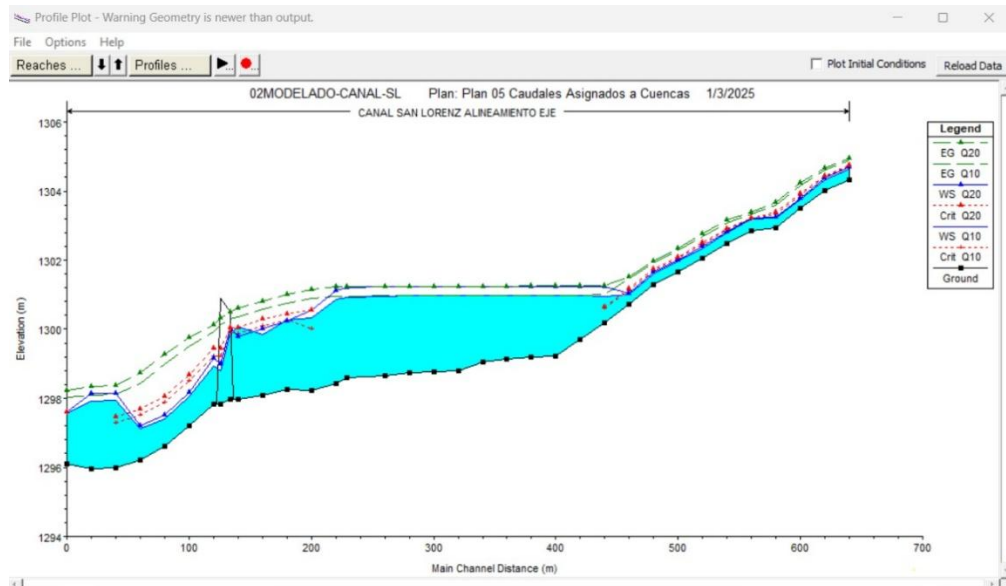


Ilustración 33– Perfil Longitudinal de los resultados en HECRAS

Analizando dichas perspectivas podemos ver que el tirante de agua máximo superaba a ambos márgenes produciendo que haya un desborde del canal. También en el tramo analizado, el flujo presenta un comportamiento cuasi-estacionario, manteniendo una lámina de agua a cota constante (aproximadamente a una cota de 1300,97 metros), independientemente de las variaciones del fondo del canal.

Podemos visualizar las secciones transversales de nuestro canal en todos los puntos y ver su tirante de agua.

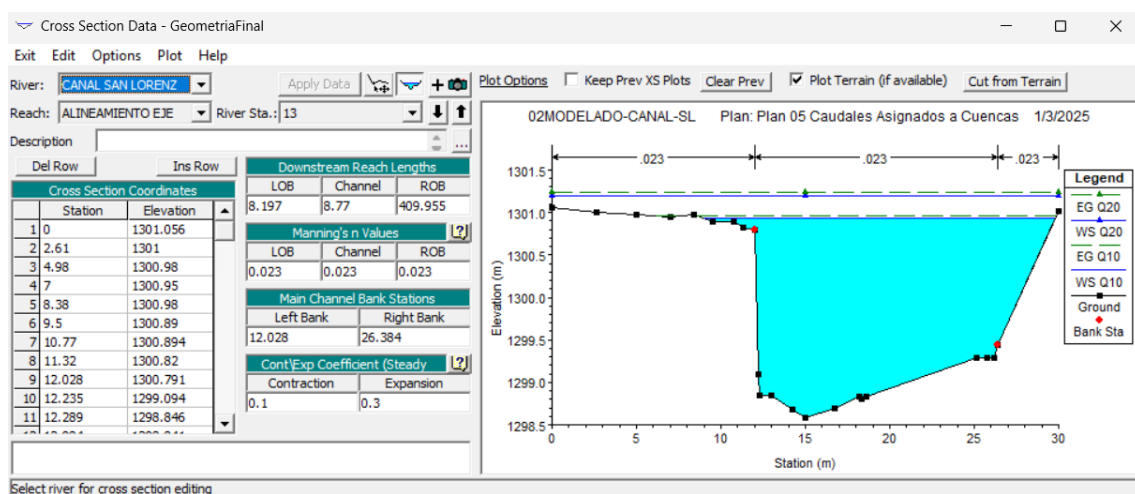


Ilustración 34– Perfil Transversal Progresiva 13 de los resultados en HECRAS

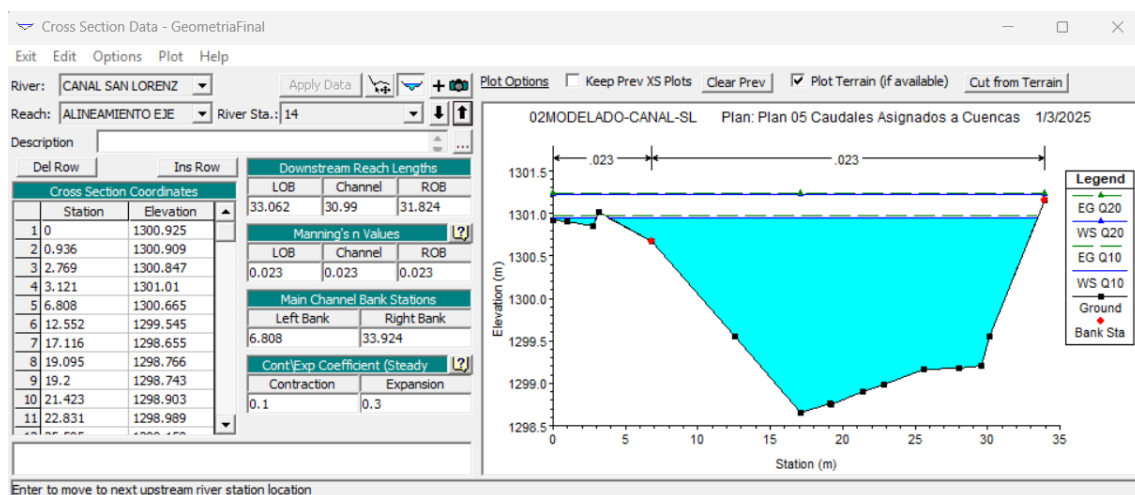


Ilustración 35– Perfil Transversal Progresiva 14 de los resultados en HECRAS

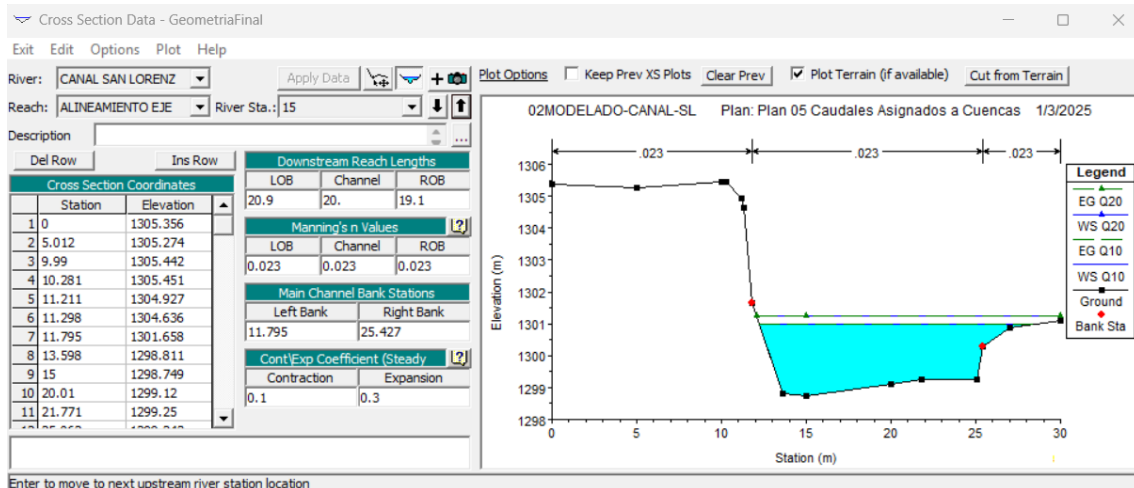


Ilustración 36– Perfil Transversal Progresiva 15 de los resultados en HECRAS

La visualización en 3D y el perfil longitudinal permitieron identificar las zonas críticas. Se observó que, en la sección correspondiente a la estación fluvial 14 el punto de estudio, la lámina de agua superaba el nivel de contención, lo que implicaba inundación de áreas aledañas.

Se propusieron las siguientes alternativas para mitigar el riesgo de desborde e incrementar la eficiencia hidráulica del canal:

A. Perfilado del canal sin modificar la cota del cauce:

Consistía en redimensionar las secciones manteniendo la pendiente y la elevación original del fondo. Los resultados mostraron que esta alternativa no era suficiente para manejar los caudales previstos.

B. Construcción de un reservorio previo:

Esta alternativa implicaba la creación de un reservorio aguas arriba del canal para retener y regular el flujo de agua. No obstante, la implementación de esta solución se descartó debido a la falta de espacio suficiente en el área para la construcción del reservorio, los costos derivados del mantenimiento y la posible proliferación de enfermedades.

C. Modificación del canal mediante descenso de la cota y construcción de una alcantarilla vial:

Se planteó reducir la elevación del cauce e incorporar una estructura vial para el cruce del camino. Esta solución resultó insuficiente debido a que el agua seguía acumulándose en las curvas pronunciadas existentes, sin resolver el problema de fondo.

D. Rectificación de la traza del canal en el punto de estudio:

Esta propuesta consistió en reconfigurar el trazado del canal, eliminando curvas agudas que generaban pérdidas de energía y acumulación de sedimentos. Se aprovechó una zona sin edificaciones para re direccionar el cauce de manera más recta y sin curvas pronunciadas, sin necesidad de afectar propiedades privadas.

CAPITULO VI

Solución Adoptada

SOLUCION ADOPOTADA

De las soluciones planteadas la que resulto ser la efectiva es la de **Rectificación de la traza del canal en el punto de estudio**.

Esta solución es posible ya que antes de realizar la rectificación de la traza investigamos en la Municipalidad de San Lorenzo sobre los catastros que colindaban en nuestro punto de estudio y llegamos al siguiente plano de catastros.

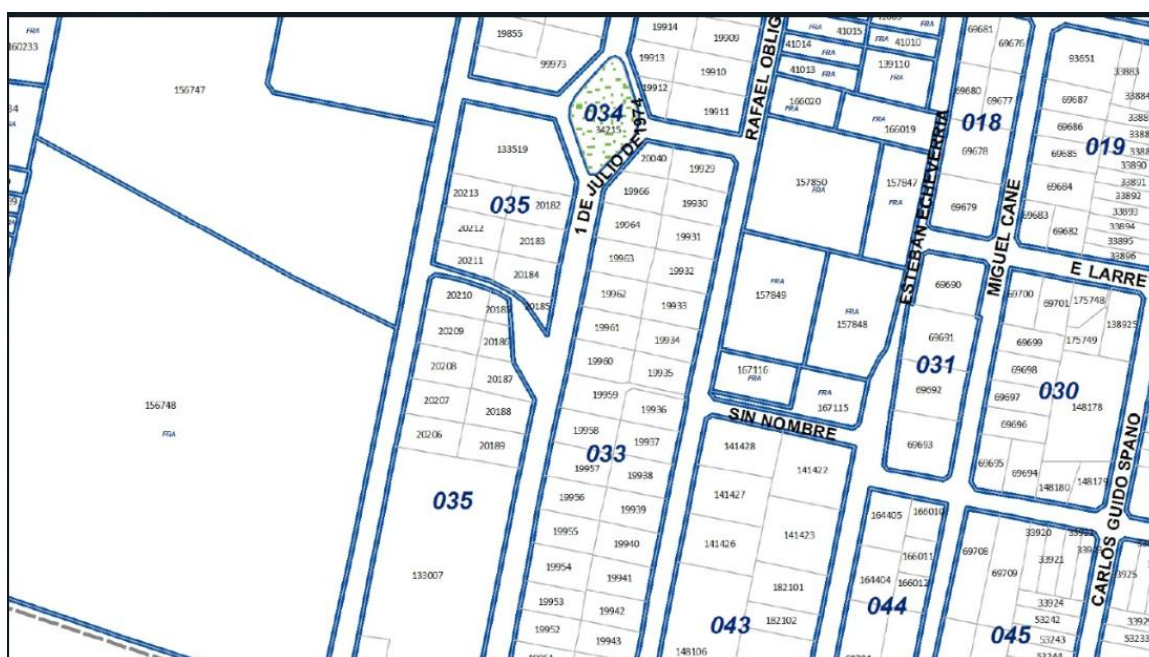


Ilustración 37– Parcelas Colindantes a nuestro Punto de Estudio

Como se puede observar sobre nuestro punto de estudio, ubicado sobre la Calle 1 de Julio de 1974 se puede observar que hay un tramo en el cual no hay terrenos colindantes el cual nos permitía rectificar la traza y poder extender nuestro canal más hacia el margen derecho evitando así las curvas pronunciadas que teníamos anteriormente.



Ilustración 38– Rectificación de traza superpuesta con Imagen Satelital

Como mencionamos anteriormente, la rectificación de la trazada del canal nos permite evitar curvas pronunciadas, las cuales representaban uno de los principales inconvenientes que enfrentábamos. Este problema surge debido al comportamiento del flujo, influenciado por las líneas de energía concepto que desarrollaremos a continuación.

LINEA DE ENERGIA

La línea de energía en un canal representa la energía total que posee el flujo de agua en cada punto a lo largo del canal, esta energía total se compone de tres elementos principales:

- Energía de velocidad
- Energía de presión
- Energía posición

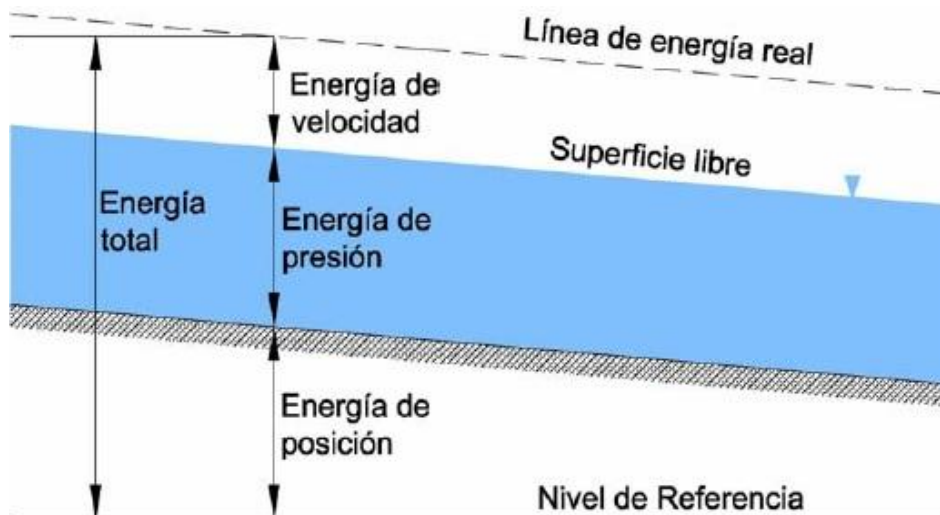


Ilustración 39– Componentes de Línea de Energía

La línea de energía se visualiza como una línea imaginaria que se encuentra por encima de la superficie del agua en el canal. La distancia vertical entre la superficie del agua y la línea de energía representa la energía cinética del flujo. La pendiente de la línea de energía indica la pérdida de energía debido a la fricción y otras resistencias a lo largo del canal.

La línea de energía es una herramienta crucial en el diseño y análisis de canales, ya que permite determinar la altura total de energía en cualquier punto del canal, evaluar las pérdidas de energía a lo largo del canal, analizar el comportamiento del flujo en diferentes condiciones, diseñar canales eficientes que minimicen las pérdidas de energía.

- **Pérdidas de energía por fricción y turbulencia**

En una curva pronunciada, el agua experimenta un cambio en la dirección del flujo, lo que genera turbulencia y un aumento en la resistencia hidráulica debido a la fricción con las paredes del canal y la superficie del agua. Esta resistencia disminuye la velocidad del flujo y provoca un aumento en el nivel del agua aguas arriba de la curva.

- **Variación en la distribución de presiones**

El cambio en la trayectoria del flujo crea un gradiente de presión, con mayor presión en la parte exterior de la curva y menor presión en la parte interior. Este efecto contribuye a la formación de remolinos y zonas de baja velocidad, donde se puede acumular sedimento, reduciendo aún más la capacidad del canal.

- **Formación de zonas de remanso**

Cuando el flujo se desacelera en la curva debido a la resistencia adicional, se genera un efecto de retención de agua aguas arriba, lo que puede provocar una acumulación que puede derivar en inundaciones o erosión de las márgenes del canal.

Por lo tanto, la alternativa propuesta como solución nos permite reducir la pérdida de energía, la sedimentación y la erosión y los desbordamientos en nuestro punto de estudio.

SOLUCION CON CANALES MODULARES

Para materializar la solución, buscamos una alternativa práctica y de rápida ejecución que permitiera optimizar los tiempos de obra.

Durante nuestra investigación, encontramos a un fabricante especializado en módulos de alcantarillas con diversas secciones, longitudes y prestaciones, adaptadas a las necesidades de cada proyecto. Se trata de Juan Carlos Lenta e Hijos SRL, el cual tiene su fábrica en la ciudad de Córdoba.

Su catálogo ofrece múltiples opciones, diseñadas según los requerimientos específicos del proyecto, determinando así la estructura y fabricación de cada módulo.



Listado de Artículos

Filtrado por: MODULOS / CONDUCTOS
Código: TODOS
Rubro: VIAL / FFCC

Descripción	Rubro	Tipo	Tapado Exigida	Tapadas Especiales	Detalle de Armado
CONDUCTO MODULAR TIPO PORTICO L: 1,20 A: 0,80 LGO: 1,40	CONDUCTO	VIAL	MIN: 0,20m / MAX: 3,00m	4,00m / 6,00m / 10,00m	CERRADO - 1 SOLA PIEZA
CONDUCTO MODULAR TIPO PORTICO L: 1,20 A: 1,00 LGO: 1,40	CONDUCTO	VIAL	MIN: 0,20m / MAX: 3,00m	4,00m / 6,00m / 10,00m	CERRADO - 1 SOLA PIEZA
MODULO TIPO PORTICO L: 1,20 A: 1,20 LGO: 1,00	MODULOS PORTICOS	VIAL	MIN: 0,20m / MAX: 2,00m	4,00m / 6,00m / 10,00m	2 "U" (0,60m C/U)
CONDUCTO MODULAR TIPO PORTICO L: 1,50 A: 1,00 LGO: 1,40	CONDUCTO MODULAR	VIAL	MIN: 0,20m / MAX: 3,00m	4,00m / 6,00m / 10,00m	CERRADO - 1 SOLA PIEZA
CONDUCTO MODULAR TIPO PORTICO L: 1,50 A: 1,20 LGO: 1,00	MODULOS PORTICOS	VIAL	MIN: 0,20m / MAX: 2,00m	4,00m / 6,00m / 10,00m	CERRADO - 1 SOLA PIEZA
CONDUCTO MODULAR TIPO PORTICO L: 2,00 A: 1,00 LGO: 1,40	CONDUCTO MODULAR	VIAL	MIN: 0,20m / MAX: 2,00m	4,00m / 6,00m / 10,00m	CERRADO - 1 SOLA PIEZA
MODULO TIPO PORTICO L: 2,00 A: 1,00 LGO: 1,00	MODULOS PORTICOS	VIAL	MIN: 0,20m / MAX: 2,00m	4,00m / 6,00m / 10,00m	PISO + U INVERTIDA (1,00m)
MODULO TIPO PORTICO L: 2,00 A: 1,20 LGO: 1,00	MODULOS PORTICOS	VIAL	MIN: 0,20m / MAX: 2,00m	4,00m / 6,00m / 10,00m	2 "U" (0,60m C/U)
CONDUCTO MODULAR TIPO PORTICO L: 2,00 A: 1,50 LGO: 1,40	CONDUCTO MODULAR	VIAL	MIN: 0,20m / MAX: 2,00m	4,00m / 6,00m / 10,00m	CERRADO - 1 SOLA PIEZA
MODULO TIPO PORTICO L: 2,00 A: 1,50 LGO: 1,00	MODULOS PORTICOS	VIAL	MIN: 0,20m / MAX: 2,00m	4,00m / 6,00m / 10,00m	2 "U" (0,75m C/U)
CONDUCTO MODULAR TIPO PORTICO L: 2,00 A: 2,00 LGO: 1,30	CONDUCTO MODULAR	VIAL	MIN: 0,20m / MAX: 2,00m	4,00m / 6,00m / 10,00m	CERRADO - 1 SOLA PIEZA
CONDUCTO MODULAR PIFFCC L: 1,20 A: 0,80 LGO: 1,40	CONDUCTO MODULAR	FERROVIARIO	MIN: 0,40m / MAX: 2,00m (Hasta la Base del Riel)		CERRADO - 1 SOLA PIEZA
CONDUCTO MODULAR PIFFCC L: 1,20 A: 1,00 LGO: 1,40	CONDUCTO MODULAR	FERROVIARIO	MIN: 0,40m / MAX: 2,00m (Hasta la Base del Riel)		CERRADO - 1 SOLA PIEZA
MODULO T/PORT. PIFFCC L: 1,20 A: 1,20 LGO: 1,00	MODULOS PORTICOS	FERROVIARIO	MIN: 0,40m / MAX: 2,00m (Hasta la Base del Riel)		2 "U" (0,60m C/U)
CONDUCTO MODULAR PIFFCC L: 1,50 A: 1,00 LGO: 1,40	CONDUCTO MODULAR	FERROVIARIO	MIN: 0,40m / MAX: 2,00m (Hasta la Base del Riel)		CERRADO - 1 SOLA PIEZA
CONDUCTO MODULAR PIFFCC L: 1,50 A: 1,20 LGO: 1,00	CONDUCTO MODULAR	FERROVIARIO	MIN: 0,40m / MAX: 2,00m (Hasta la Base del Riel)		CERRADO - 1 SOLA PIEZA
CONDUCTO MODULAR PIFFCC L: 2,00 A: 1,00 LGO: 1,40	MODULOS PORTICOS	FERROVIARIO	MIN: 0,40m / MAX: 2,00m (Hasta la Base del Riel)		CERRADO - 1 SOLA PIEZA
MODULO T/PORT. PIFFCC L: 2,00 A: 1,00 LGO: 1,00	MODULOS PORTICOS	FERROVIARIO	MIN: 0,40m / MAX: 2,00m (Hasta la Base del Riel)		PISO + U INVERTIDA (1,00m)
MODULO T/PORT. PIFFCC L: 2,00 A: 1,20 LGO: 1,00	MODULOS PORTICOS	FERROVIARIO	MIN: 0,40m / MAX: 2,00m (Hasta la Base del Riel)		2 "U" (0,60m C/U)
CONDUCTO MODULAR PIFFCC L: 2,00 A: 1,50 LGO: 1,40	CONDUCTO MODULAR	FERROVIARIO	MIN: 0,40m / MAX: 2,00m (Hasta la Base del Riel)		CERRADO - 1 SOLA PIEZA
MODULO T/PORT. PIFFCC L: 2,00 A: 1,50 LGO: 1,00	MODULOS PORTICOS	FERROVIARIO	MIN: 0,40m / MAX: 2,00m (Hasta la Base del Riel)		2 "U" (0,75m C/U)
CONDUCTO MODULAR PIFFCC L: 2,00 A: 2,00 LGO: 1,30	CONDUCTO MODULAR	FERROVIARIO	MIN: 0,40m / MAX: 2,00m (Hasta la Base del Riel)		CERRADO - 1 SOLA PIEZA

MATERIALES RECONOCIDOS Y APROBADOS POR LAS DISTINTAS REPARTICIONES (DPV, DNV, MUNICIPALIDADES, CONSORCIOS, COMUNAS Y EMPRESAS FERROVIARIAS)
ACLARACIÓN: LOS DENOMINADOS "CONDUCTOS" SON FABRICADOS EN UNA SOLA PIEZA, EN TANTO QUE LOS "MODULOS" SE COMPONEN DE 2 PIEZAS "U".

Ilustración 40 – Opciones de Premoldeados según Fabricante

Como se observa en la imagen anterior, el conducto modular que mejor se adapta a nuestro proyecto es el Conducto Modular Tipo Pórtico Vial, con dimensiones de L: 2,00 m, A: 1,50 m y Lgo: 1,40 m. Este modelo cumple con todos los requerimientos del proyecto, así como con las especificaciones del fabricante, respetando los límites establecidos para tapadas mínimas y máximas.

Cabe destacar que este premoldeado se fabrica en una sola pieza, a diferencia de otros modelos ofrecidos por el fabricante, que están compuestos por dos piezas. Esta característica resulta clave para garantizar una instalación más eficiente y una mejor estabilidad estructural.



Ilustración 41 – Fabricación del premoldeado VIAL



Ilustración 42 – Fabricación del premoldeado VIAL



Ilustración 43 – Detalle de Módulo Pónico VIAL



Ilustración 44 – Detalle de Módulo Pónico VIAL

“Solución a problemática hidráulica sobre canal ubicado en San Lorenzo”

Integrantes: Sarmiento, Francisco - Cabada Oñativia, Rodrigo

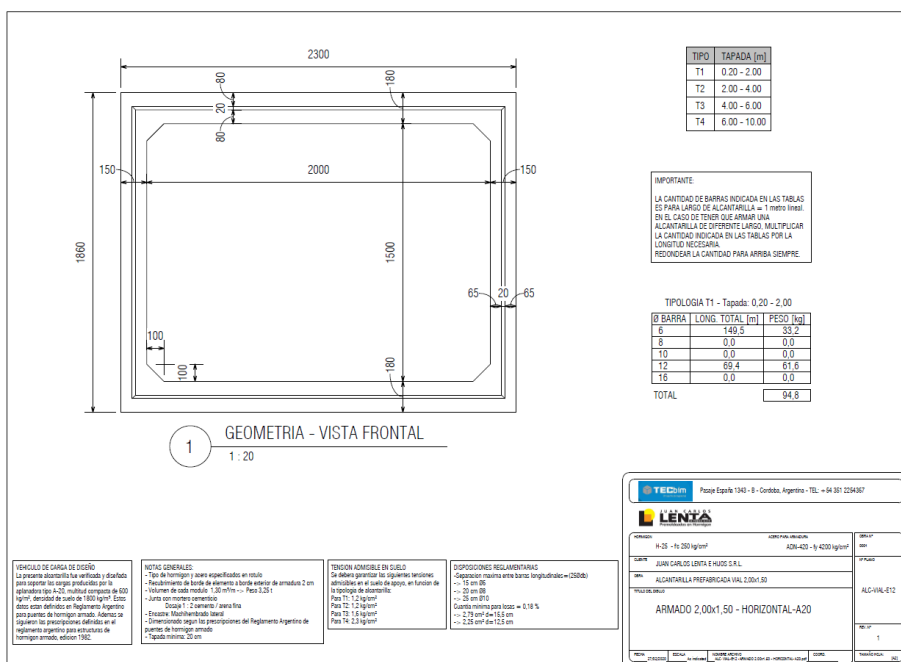


Ilustración 45 – Detalle de Modulo Pórtico VIAL



FORMA DE COLOCACIÓN DE CONDUCTO MODULAR® USO VIAL.

- Nivelar y compactar la superficie donde se colocaran los conductos.
- La compactación deberá lograr una tensión admisible del suelo de aprox. 1.2 Kg./cm2.
- Eliminar toda irregularidad en el terreno que provoque un apoyo incorrecto.
- Se recomienda la colocación de una cama de arena de 4cm de espesor máximo.
- Para mover y colocar los conductos se pueden utilizar grúas, retroexcavadoras, cargadoras frontales, bobcats, etc., que permiten colgar y desplazar los conductos.
- Colocar secuencialmente de un conducto dejando libre el enchufe hembra del conducto ya colocado para recibir al siguiente conducto. Para moverlos utilizar un cable de acero en forma de V invertida con con conjunto de Perno-Chaveta que se colocan en orificios ubicados en la parte media de la **losa superior del conducto**.
- **IMPORTANTE: LA LOSA QUE CUENTA CON LOS DOS ORIFICIOS, SIEMPRE DEBE ESTAR POSICIONADA COMO LOSA SUPERIOR.**
- Controlar la correcta alineación y nivelación a medida que se colocan los conductos, de manera de corregir cualquier error mientras se esta armando la alcantarilla.
- Una vez colocados los conductos se recomienda el tomado de juntas con mortero 1:2 (cemento, arena fina), o algún tipo de masilla plástica en caso de necesitar lograr juntas estansas.
- En el caso de ser una alcantarilla de hileras múltiples, se deberá rellenar el espacio que pudiere quedar entre ellas con hormigón, arena etc.
- El relleno y compactación con material a cada lado del modulo deberá hacerse de manera gradual y simultánea en ambos lados.
- Una vez armado el cabezal (prefabricado o in-situ) es necesario realizar una platea de hormigón armado entre muros de ala, en el sector de entrada y salida de agua al conducto. Esta platea tendrá en el extremo libre un diente de hormigón hacia abajo de aprox. 0,40 m. Se tomara las juntas del cabezal con mortero 1:2.
- **Tapada mínima: 0.20m**
- **Tapada máxima: 2.00m**

Ilustración 46 – Forma de Colocación recomendada por fabricante

PROCESAMIENTO DE DATOS CON CIVIL 3D

Con la superficie generada en la etapa de Relevamiento Topográfico de la zona, se procedió a realizar la rectificación de trazada, teniendo en cuenta el nuevo eje de canal y el ancho del canal en función de la cantidad de alcantarillas modulares que colocaremos en nuestro punto de estudio.

Una vez realizada la modificación de trazada se procedió a generar la nueva superficie consecuentemente se generaron los cortes transversales y longitudinales.



Ilustración 47 – Rectificación de trazada en CIVIL3D

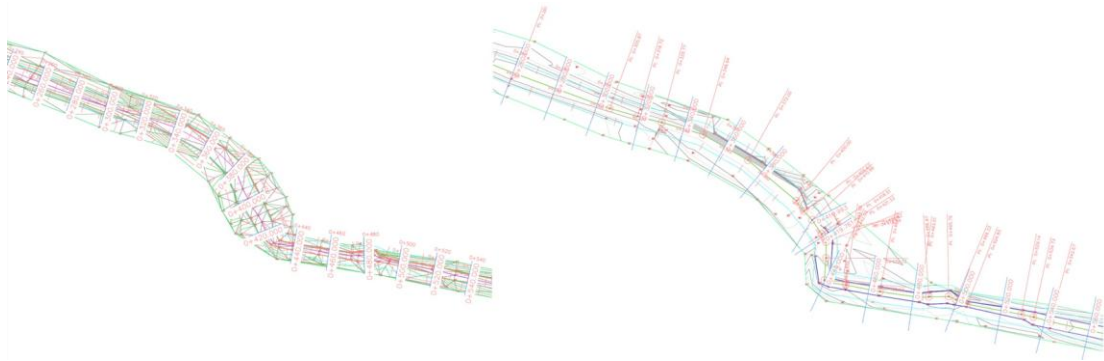


Ilustración 48 – Comparativa Rectificación de trazada vs Trazada Actual en CIVIL3D

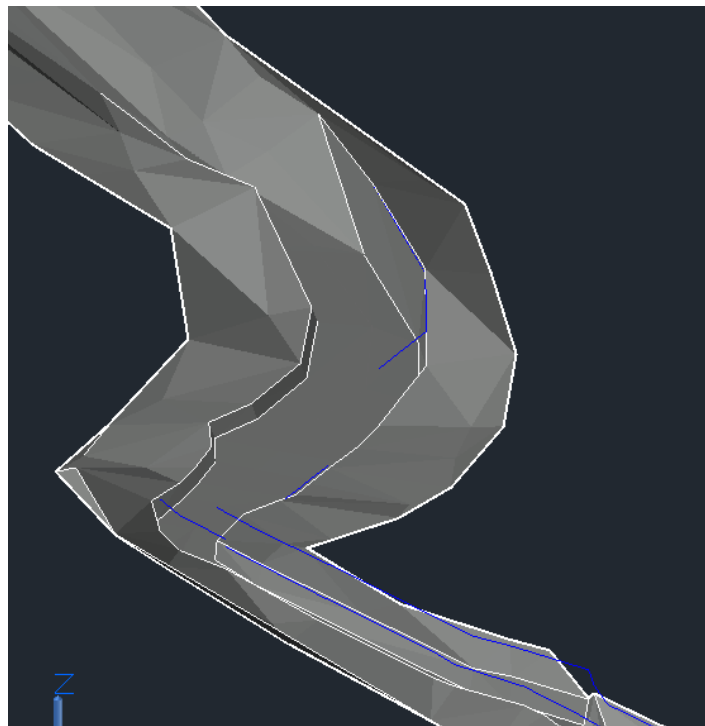


Ilustración 49– Superficie 3D en CIVIL3D

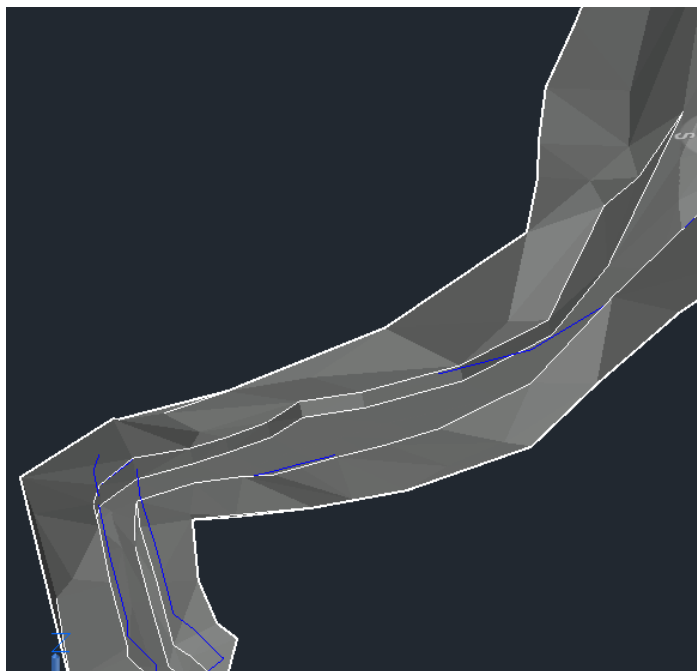


Ilustración 50– Superficie 3D en CIVIL3D

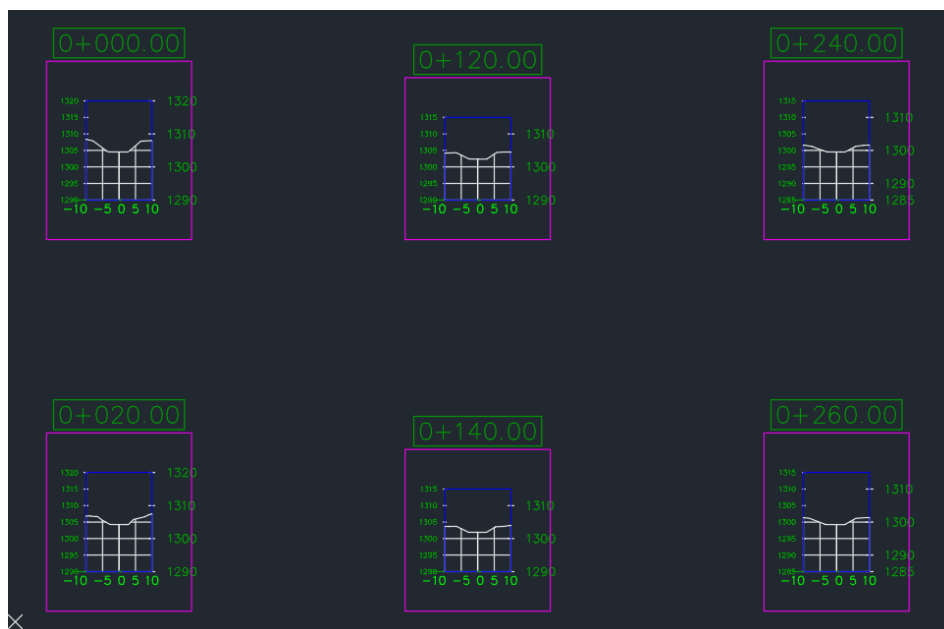


Ilustración 51– Cortes Transversales en CIVIL3D

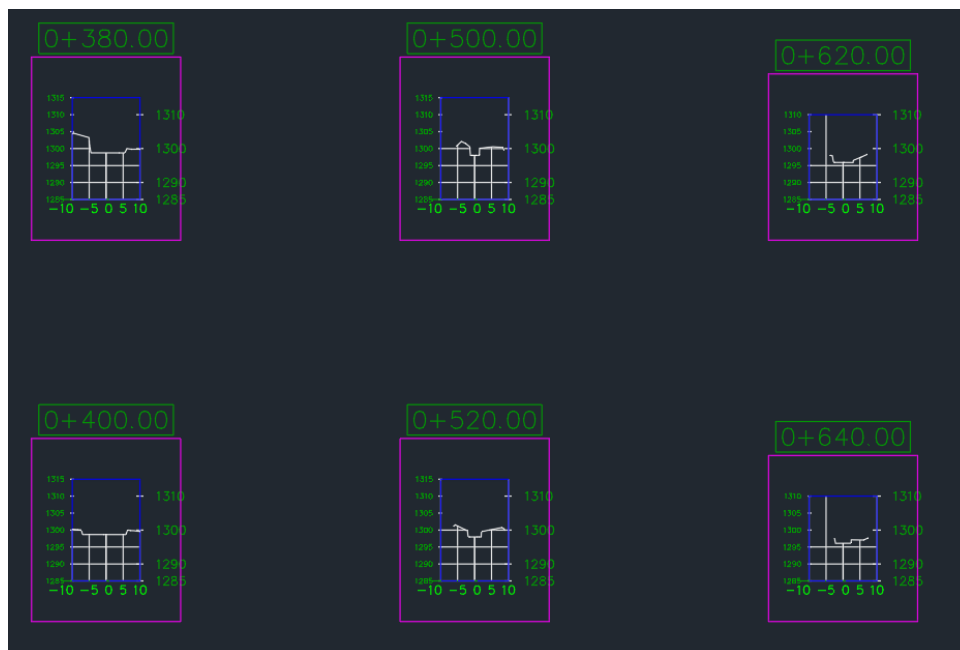


Ilustración 52– Cortes Transversales en CIVIL3D

Como se detalló en el Capítulo V la exportación de CIVIL 3D a HECRAS se realizó de la misma forma, por lo tanto, se obtuvo toda la geometría en HECRAS del planteo de solución a nuestra problemática de estudio.

SIMULACION HIDRAULICA CON HECRAS

Para poder realizar la simulación hidráulica con HECRAS, procedemos de igual forma como detallamos en el capítulo anterior.

Importando la geometría en GIS, obtenida en CIVIL3D, en HECRAS llegamos al modelado de la geometría de nuestro planteo de solución.

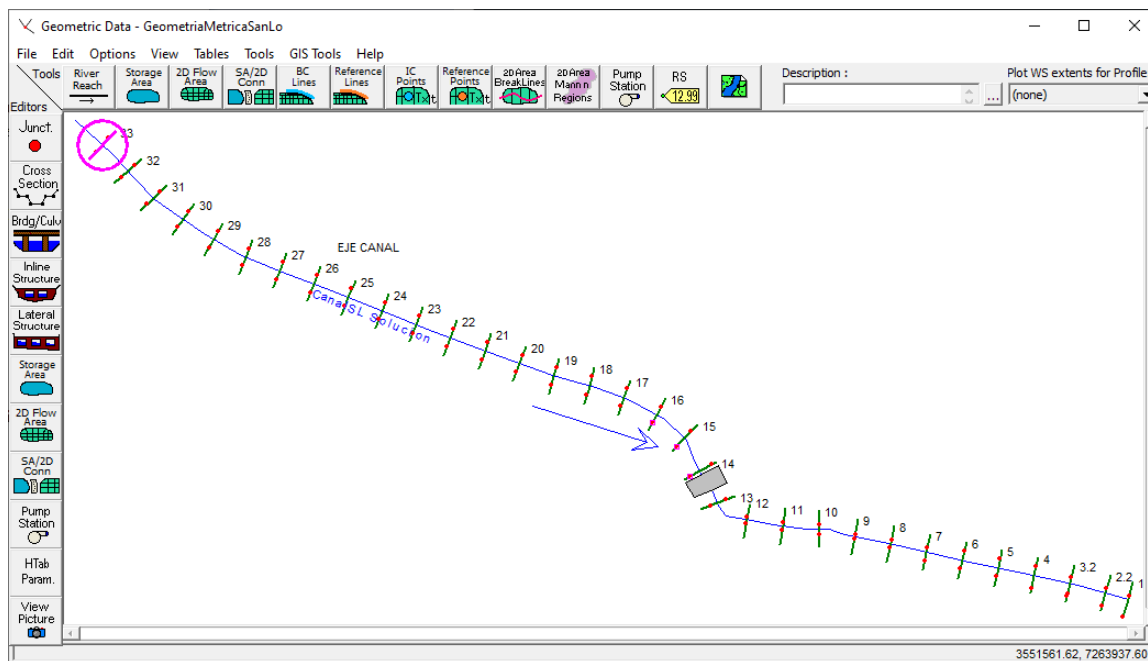


Ilustración 53– Geometría del planteo de solución en HECRAS

Para el planteo de nuestra solución, tuvimos que modelar en nuestro punto de estudio la alcantarilla correspondiente según las dimensiones que adoptamos como optimas para nuestro caso, a partir de los diferentes modelos que tenía el fabricante de las alcantarillas premoldeadas.

Dentro del modelado de la alcantarilla incluye colocar, las dimensiones de la misma, ubicación, capa de rodadura superior. Así mismo se ingresaron las posiciones de nuestros conductos modulares como su coeficiente de Manning, cotas y longitudes.

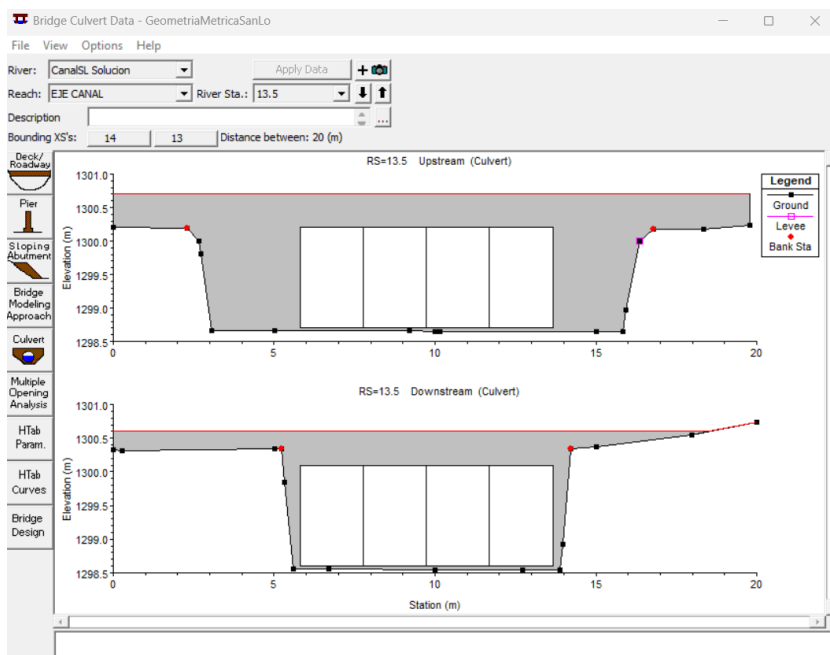


Ilustración 54 Modelado de Alcantarilla en HECRAS

Deck/Roadway Data Editor

Distance	Width	Weir Coef
2.	10.	1.4

Clear Del Row Ins Row Copy US to DS

Upstream			Downstream		
Station	high chord	low chord	Station	high chord	low chord
1 0	1300.7	1290	0	1300.6	1290
2 20	1300.7	1290	20	1300.6	1290
3					
4					
5					
6					
7					
8					

U.S Embankment SS: 0 D.S Embankment SS: 0

Weir Data

Max Submergence: 0.98 Min Weir Flow El:

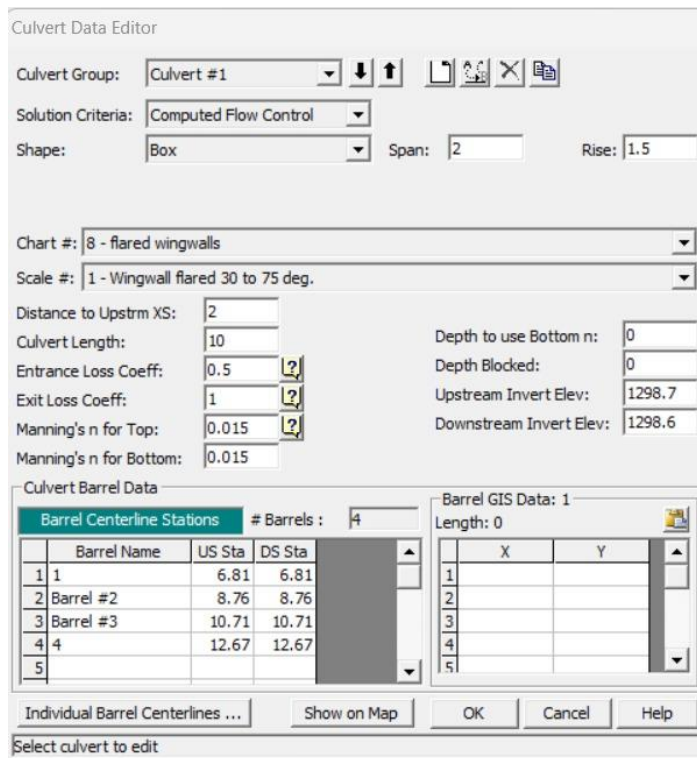
Weir Crest Shape

☒ Broad Crested ☐ Ogee

OK Cancel

Enter distance between upstream cross section and deck/roadway. (m)

Ilustración 55– Valores ingresados de Capa de Rodadura



Culvert Data Editor

Culvert Group: Culvert #1

Solution Criteria: Computed Flow Control

Shape: Box Span: 2 Rise: 1.5

Chart #: 8 - flared wingwalls

Scale #: 1 - Wingwall flared 30 to 75 deg.

Distance to Upstrm XS: 2

Culvert Length: 10

Entrance Loss Coeff: 0.5

Exit Loss Coeff: 1

Manning's n for Top: 0.015

Manning's n for Bottom: 0.015

Depth to use Bottom n: 0

Depth Blocked: 0

Upstream Invert Elev: 1298.7

Downstream Invert Elev: 1298.6

Culvert Barrel Data

Barrel Centerline Stations # Barrels: 4

	Barrel Name	US Sta	DS Sta
1	1	6.81	6.81
2	Barrel #2	8.76	8.76
3	Barrel #3	10.71	10.71
4	4	12.67	12.67
5			

Barrel GIS Data: 1 Length: 0

	X	Y
1		
2		
3		
4		
5		

Individual Barrel Centerlines ... Show on Map OK Cancel Help

Select culvert to edit

Ilustración 56– Valores ingresados para modelar alcantarilla

Como podemos observar en los datos ingresados elevamos la cota de nuestro canal a 1300,60 metros, mientras que el nivel más bajo sobre la vivienda próxima al canal es de 1302,80 metros por lo seguimos en una cota inferior de la misma.

Con respecto a los demás parámetros a cargar como será, coeficiente de manning, distancias entre secciones transversales, ubicación de márgenes izquierdos y derechos, coeficientes de contracción, expansión, y caudales se tuvieron en cuenta los mismos parámetros que en el modelado realizado para la situación actual de nuestro canal.

Ya con todos los datos cargados procedemos a calcular nuestro canal en flujo mixto.

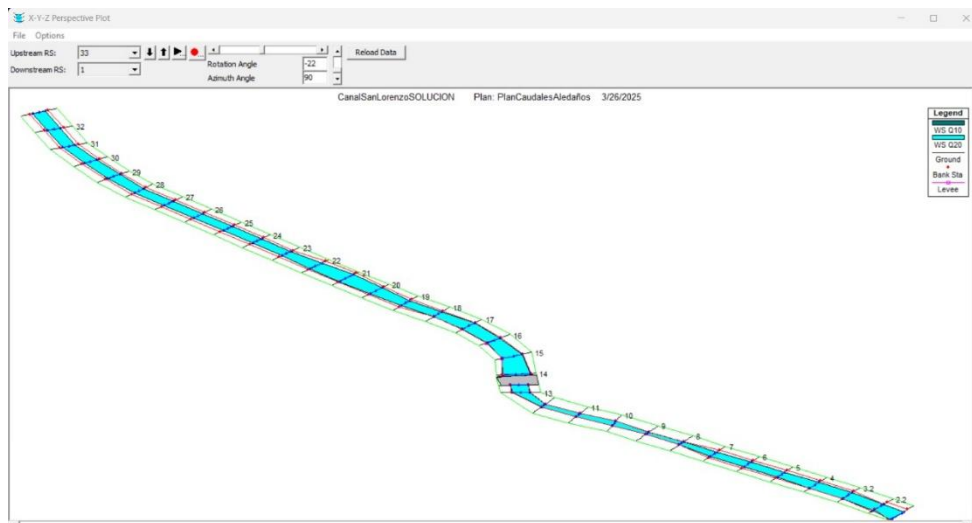


Ilustración 57– Vista en 3D de los resultados en HECRAS

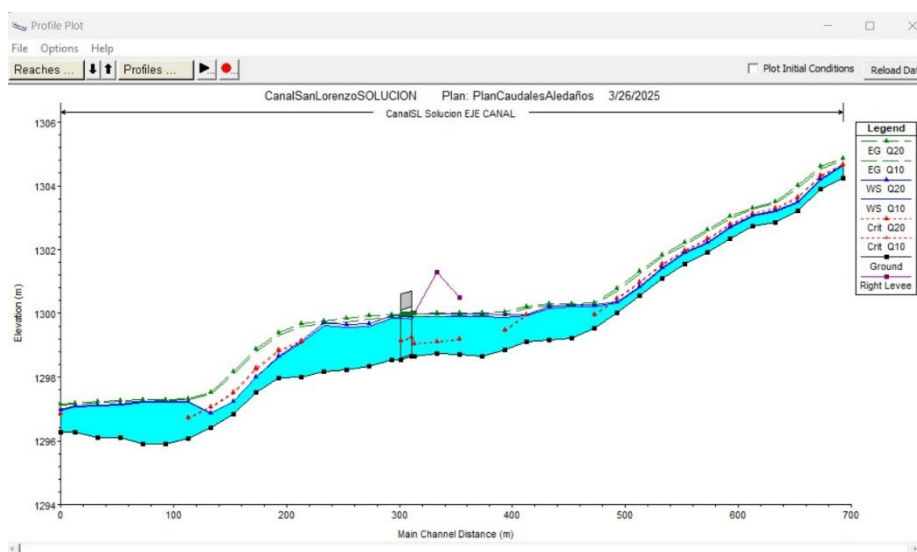


Ilustración 58– Perfil longitudinal de los resultados en HECRAS

Como se puede ver en nuestro perfil longitudinal y perspectiva 3D no tenemos ninguna sección en la que nuestro canal desborda y tenemos un tirante de agua más estable.

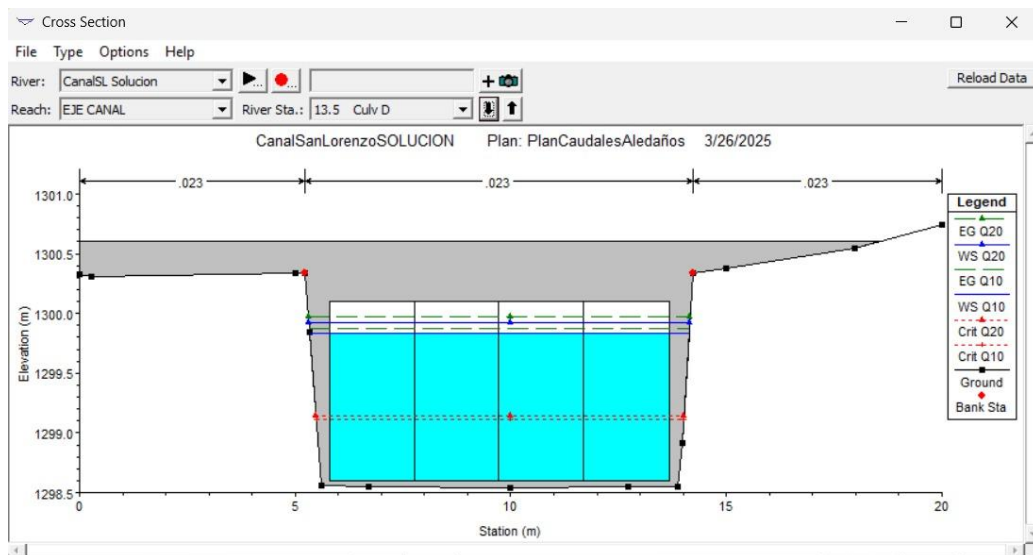


Ilustración 59– Corte transversal alcantarilla en HECRAS

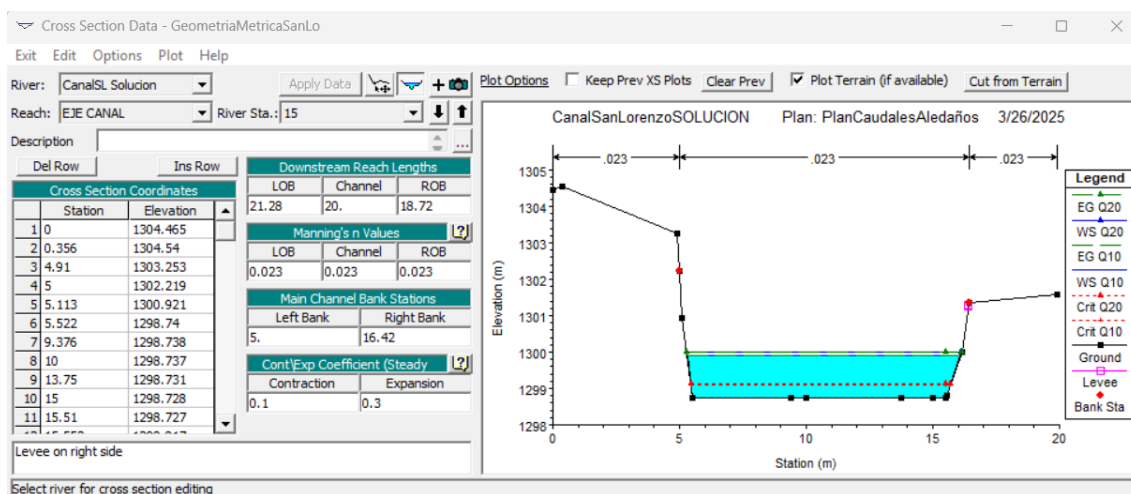


Ilustración 60– Corte transversal en HECRAS



UCASAL
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SALTA

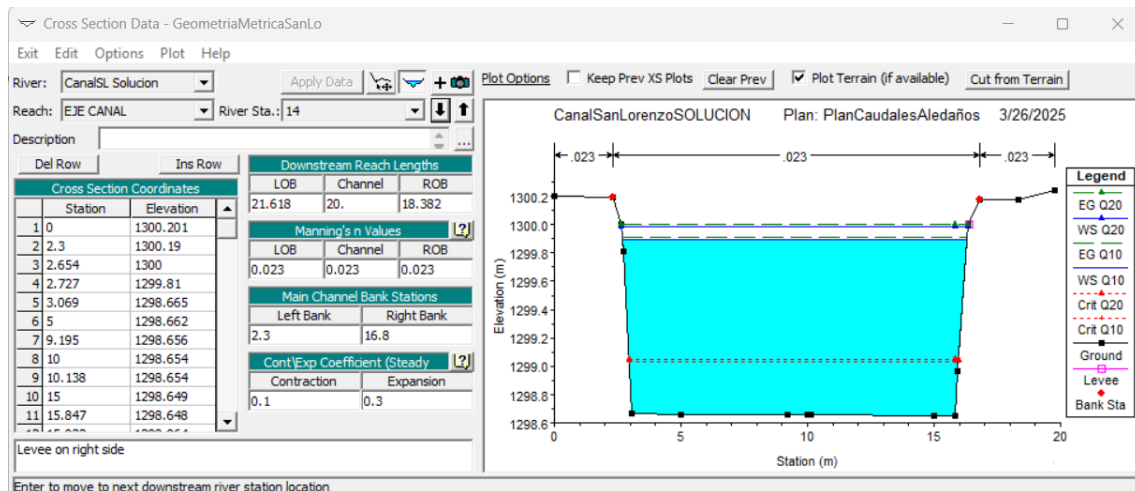


Ilustración 61– Corte transversal en HECRAS

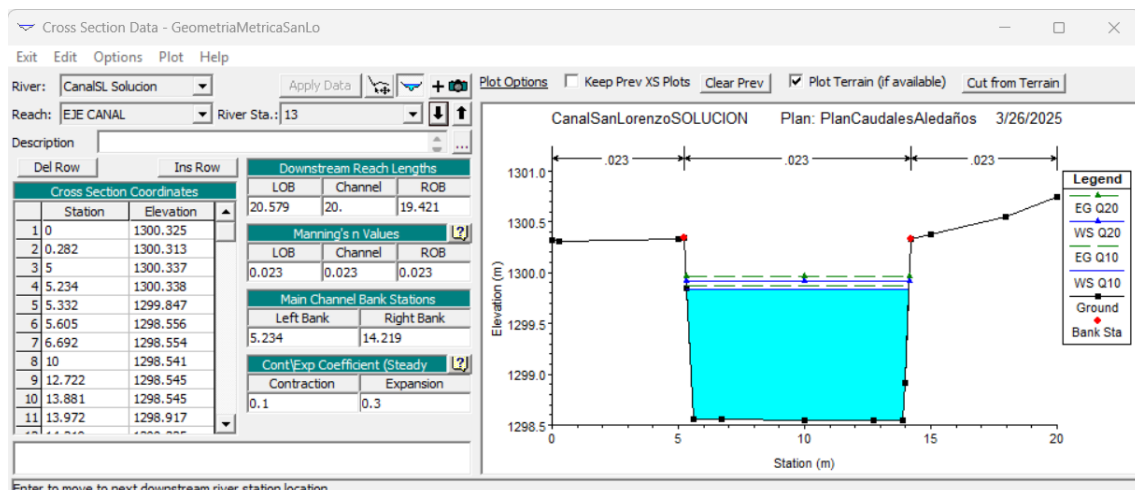


Ilustración 62– Corte transversal en HECRAS

CONCLUSIONES

Las conclusiones obtenidas sobre la solución a la problemática en HECRAS indican que, en la sección transversal de la progresiva correspondiente al punto de estudio, el tirante de agua no supera los conductos prefabricados. Esto garantiza que el canal ya no desborda, permitiendo que tanto el tránsito vehicular como el peatonal en la calle "1 de julio de 1974" puedan cruzar sin inconvenientes.

Con respecto a las dimensiones adoptadas para la alcantarilla (2 metros de ancho y 1,50 metros de alto), en la progresiva analizada, el nivel de rasante del proyecto se elevó en 50 cm con respecto a la cota existente. Para evitar una pendiente pronunciada,

la elevación del terreno puede realizarse a lo largo de 10 metros antes y después de la calle “1 de julio de 1974”, asegurando así una inclinación suave del 5% sin necesidad de modificar los accesos a viviendas.

Considerando las medidas de los conductos modulares y el ancho de calzada en el punto de estudio, el proyecto contempla la instalación de cuatro alcantarillas modulares en paralelo, distribuidas a lo largo del ancho del canal. Además, se incorporarán tres alcantarillas en cada fila para completar el ancho de calzada requerido. En resumen, se colocará un total de 12 alcantarillas modulares, optimizando el flujo de agua y garantizando la estabilidad del tránsito.

PLANOS

Para reflejar la solución adoptada, se realizaron los planos correspondientes en los cuales se especifican todos los detalles técnicos para poder llevar a cabo el proyecto.

CAPITULO VII

Bibliografía

BIBLIOGRAFIA

Autodesk. 2023. Guía del usuario de Civil 3D. Autodesk Inc. <https://help.autodesk.com>

ASCE. 1992. Diseño y construcción de sistemas de drenaje pluvial urbano. Manual de Práctica No. 77. Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (en inglés).

Chow, V.T., Maidment, D.R. & Mays, L.W. 1994. Hidrología Aplicada. McGraw-Hill Interamericana. ISBN 968-422-257-2.

El-Rabbany, A. 2003. Introducción al GPS: El Sistema de Posicionamiento Global. Artech House. ISBN 1580531830.

Global Mapper. 2024. Software para análisis geoespacial. Blue Marble Geographics. <https://www.blumarblegeo.com/global-mapper/>

HEC-RAS. Guía del usuario
<https://www.hec.usace.army.mil/confluence/rasdocs/rasum/latest>

IGN. 2023. Modelos Digitales de Elevación. Instituto Geográfico Nacional.
<https://www.ign.gob.ar>

INTA. 2024. Datos meteorológicos y pluviométricos históricos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. <https://www.inta.gob.ar>

IRAM. 2022. Norma IRAM 11630. Elementos premoldeados de hormigón armado. Instituto Argentino de Normalización y Certificación.

Juan Carlos Lenta e Hijos SRL. 2023. Catálogo de Alcantarillas Prefabricadas.
<https://www.jclenta.com.ar>

Linsley, R.K., Franzini, J.B., Freyberg, D.L. & Tchobanoglous, G. 1995. Hidrología para Ingenieros (3ra ed.). McGraw-Hill Interamericana. ISBN 968-422-122-3.

Maidment, D.R. 1995. Manual de Hidrología (Handbook of Hydrology). McGraw-Hill (en inglés).

Novak, P., Moffat, A.I.B., Nalluri, C. & Narayanan, R. 2010. Estructuras Hidráulicas. 4ª edición. Ediciones Díaz de Santos. ISBN 978-84-9052-009-5.

Rodríguez, L. & Andrade, E. 2010. Análisis de eventos extremos de precipitación para

diseño hidráulico en zonas urbanas. Revista Ingeniería Hidráulica. Vol. 25. No. 2.
Páginas 103–115.

Streeter, V.L. & Wylie, E.B. 1983. Mecánica de Fluidos. McGraw-Hill Interamericana.
ISBN 968-422-009-X.

Curvas IDF (UCASAL) – Ing. M. Cecilia Botelli