



PROYECTO FINAL

Sistematización de drenajes en la cuenca del arroyo Las Mellizas – Concepción del Uruguay

Unidad temática 3.1

Memoria del trabajo. Anteproyecto. Proyecto.

Alumno: Fortunato Germán Ariel

N° de legajo: 29377

Jefe de Grupo: Ing. Amprimo Juan Cruz

Titular de cátedra: Ing. Eduardo Quartara

ÍNDICE

1.	Recopilación de insumos para modelación hidrológica - hidráulica.	1
1.1	Datos topográficos	1
1.2	Datos hidrológicos	3
1.3	Infraestructura existente y condicionantes al escurrimiento natural ...	4
2.	determinación de cuencas	5
3.	Determinación de dinámica de escurrimientos real.	7
4.	Tormenta de diseño y caracterización de cuencas.	9
5.	Modelación preliminar.	14
6.	propuesta de medidas estructurales preliminar	17
7.	Modelación hidrológica e hidráulica	18
8.	Modelación bidimensional	21
9.	Verificación de vertedero R6	23
10.	medidas estructurales propuestas	24
11.	caracterización del medio biofisico	25

1. RECOPIACIÓN DE INSUMOS PARA MODELACIÓN HIDROLÓGICA - HIDRÁULICA.

1.1 Datos topográficos

Se recopiló la siguiente información topográfica:

- Modelo digital de elevación MDE-AR del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y ALOS PALSAR de la JAXA (Agencia Aeroespacial Japonesa)
- Cartas topográficas del IGN.
- Modelo digital de elevación generado a partir de relevamiento aerofotogramétrico mediante vuelo no tripulado de drón.
- Relevamiento topográfico mediante equipo GPS RTK realizado en campo para este proyecto.

Los modelos digitales de elevación (DEM) son archivos de imagen georeferenciados de tipo raster. Sus formatos son .geotiff ó .tiff, los cuales consisten en una grilla de píxeles rectangulares con un valor asignado, para cada uno de estos, dentro de un ancho de banda monocromática, el cual representa la altura media del píxel. Estos tipos de archivos topográficos pueden ser generados a partir de técnicas de teledetección remota satelital mediante interferometría radar; a través de técnicas de barrido láser "Lidar", o mediante técnicas de fotogrametría, generalmente realizada en vuelos, ya sean tripulados o no tripulados mediante aviones, planeadores o drones.

En el caso de este trabajo se utilizaron los DEM del IGN y los ALOS PALSAR. Los primeros se generaron a partir de una combinación de datos capturados por las misiones satelitales SRTM (NASA-USA) y ALOS (JAXA-Japón). El IGN llevó adelante el desarrollo del modelo MDE-Ar v2.1, que cubre la totalidad del territorio continental nacional, y cuya referencia vertical coincide con el Sistema de Referencia Vertical Nacional (SRVN16). Al mismo se le ha realizado un proceso de filtrado para reasignar valores de alturas de píxeles que se encontraban por fuera del umbral. Estos modelos tienen una resolución espacial (ancho y alto de píxel) de 30 metros y una precisión vertical de aproximadamente 2 metros. Los DEM ALOS PALSAR tienen una resolución espacial de 12,5m y precisión vertical de 2 metros.

Estos insumos se utilizó para la delimitación de la cuenca de estudio, la cual se comparó con las cartas topográficas.

Las cartas topográficas recopiladas fueron las hojas 3357-7-1 y 3357-7-3, de escala 1:50.000 y la hoja 3357-7 de escala 1:100.000, las cuales abarcan la zona de estudio. Como se dijo, éstas fueron útiles para validar la delimitación generada a partir de los DEM.

El modelo digital de elevación generado por aerofotogrametría mediante vuelo dron y el relevamiento GPS fueron realizados en una visita a campo realizada el 28 de abril de 2023, en la cual pude asistir al agrimensor Juan Apesteguía quien generosamente colaboró con este proyecto.

La fotogrametría es una técnica que define con precisión las formas, dimensiones y posición en el espacio de objetos mediante estereoscopía. Partiendo de una posición o trayectoria conocida y tomando fotos desde distintas posiciones, luego de aplicar rotaciones, traslaciones y factores de escala a los distintos fotogramas permite definir las dimensiones y posiciones de los objetos. En este caso el DEM generado tiene un tamaño de píxel de 0,125m y una precisión vertical de 0,17m.

La deficiencia que tienen los DEM es que, si bien en el procesamiento de la información primaria se aplican filtros que eliminan la vegetación menos densa,

representan todos los hechos existentes como ser edificaciones, vegetación densa y en los cursos de agua representan el espejo de agua. Por lo cual, para poder ser utilizado para la modelación hidrodinámica, se debió realizar una corrección manual para representar correctamente la dinámica del escurrimiento.

El relevamiento con GPS se realizó para determinar las secciones del cauce existente y tomar perfiles transversales en la zona donde se proponen los reservorios de laminación.

En la siguiente imagen se muestran los insumos mencionados.

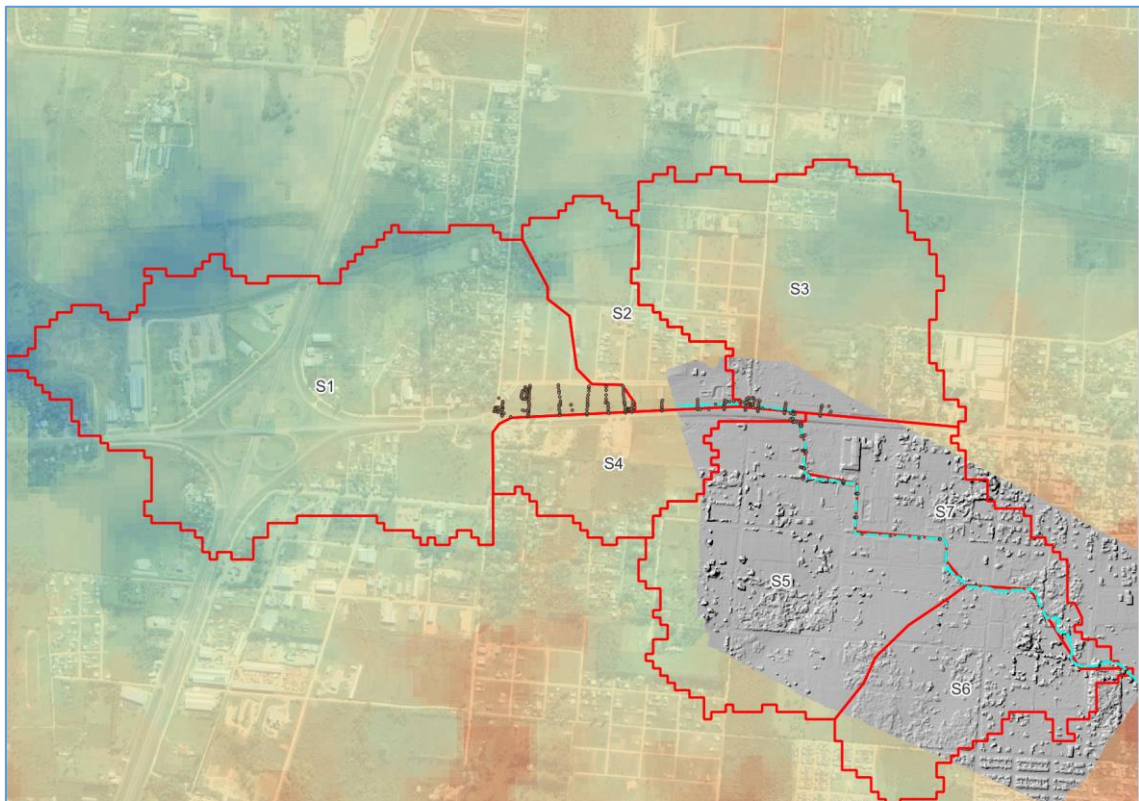


Ilustración 1 - En rampa de colores el DEM IGN 30m; en gris: El DEM generado por aerofotogrametría; En puntos color marrón el levantamiento GPS.

1.2 Datos hidrológicos

Como datos hidrológicos para la determinación de las tormentas de diseño se contó con un estudio antecedente realizado por el Grupo de Investigación en Hidrología e Hidráulica Aplicada de la Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional. Dicho estudio es adoptado por la Dirección Provincial de Hidráulica como manual de procedimiento para la estimación de tormentas de diseño.

El mismo provee las curvas Intensidad-Duración-Recurrencia para las principales localidades de la provincia de Entre Ríos (incluida Concepción del Uruguay), y los hietogramas de diseño para las distintas duraciones de tormenta.

1.3 Infraestructura existente y condicionantes al escurrimiento natural

En la visita a campo realizada se relevaron las estructuras hidráulicas existentes, las cuales consisten básicamente en alcantarillas que sistematizan los escurrimientos superficiales. De estas se registraron sus dimensiones para poder ser modeladas posteriormente.

En cuanto a barreras antrópicas, se encuentra el terraplén de la ruta provincial RP N°39, el cual corre por la zona baja de la cuenca, funcionando como una barrera que acumula los escurrimientos generados en el norte y los conduce hacia una alcantarilla de cruce para continuar aguas abajo.

La visita a campo, y la entrevista con personal municipal permitió comprender la dinámica de este sector. Además permitió también, identificar espacios de dominio municipal disponibles para la propuesta de reservorios y posibles interferencias o limitantes a las posibles soluciones, como fue la existencia de un tendido de media tensión en una de las trazas alternativas del canal.



Ilustración 2 - Alcantarilla existente AE5 (cruce de RP n°39)



Ilustración 3 - Alcantarilla existente AE7. Intersección RP n°39 y calle Ciudad de La Paz.

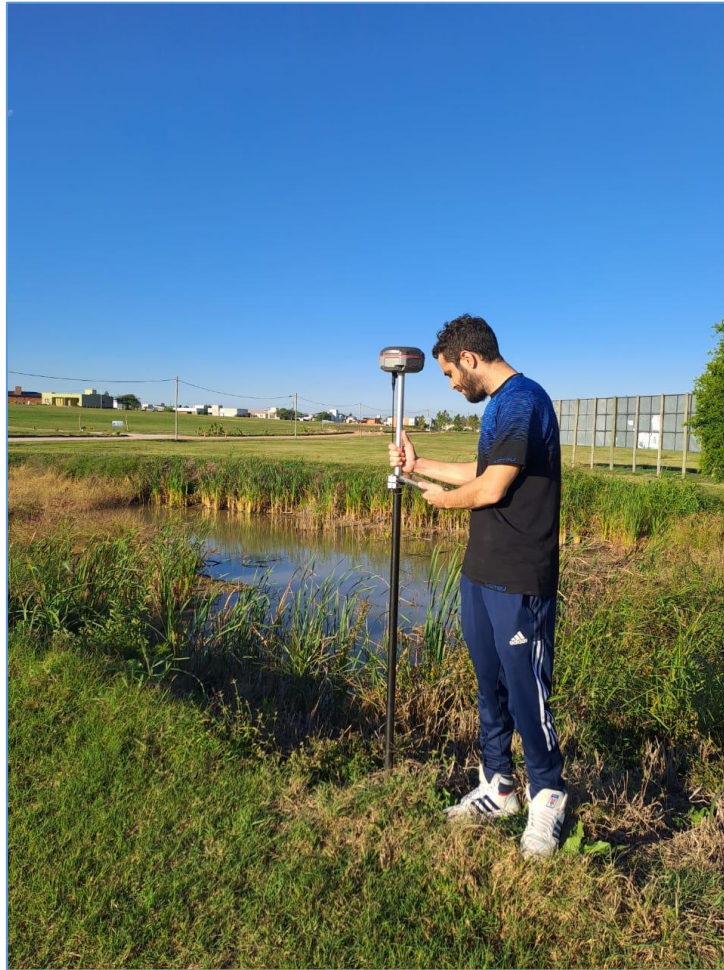


Ilustración 2 - Relevamiento GPS en zona de reservorios (Club de campo SS).

2. DETERMINACIÓN DE CUENCAS

Para la delimitación de cuencas se utilizó un método algorítmico computacional sobre el software libre Qgis, el cual es uno de los tantos sistemas de información geográfica “SIG” que permiten trabajar con datos en formato raster, vectoriales y bases de datos georeferenciados y trabajar con estos para múltiples aplicaciones.

El algoritmo mencionado se llama r.watershed, el cual a partir de un modelo de elevación raster, el cual en cada pixel tiene una cota de elevación definida, genera distintos archivos como son: Acumulación de flujo, dirección del drenaje, ubicación de cursos de agua, y cuencas hidrográficas.

A partir de la matriz de elevaciones, en base a las 8 direcciones posibles de escurrimiento, genera, comparando las elevaciones, las direcciones de flujo de cada pixel. En una instancia posterior, en base a las direcciones de flujo, genera

una mapa de flujo acumulado. Luego, en las cadenas de pixeles de mayor flujo acumulado permite identificar los cursos de agua y, para cada uno estos, desde el punto de mayor flujo acumulado, abarcando el conjunto de pixeles que contribuyen a este, determina las cuencas.

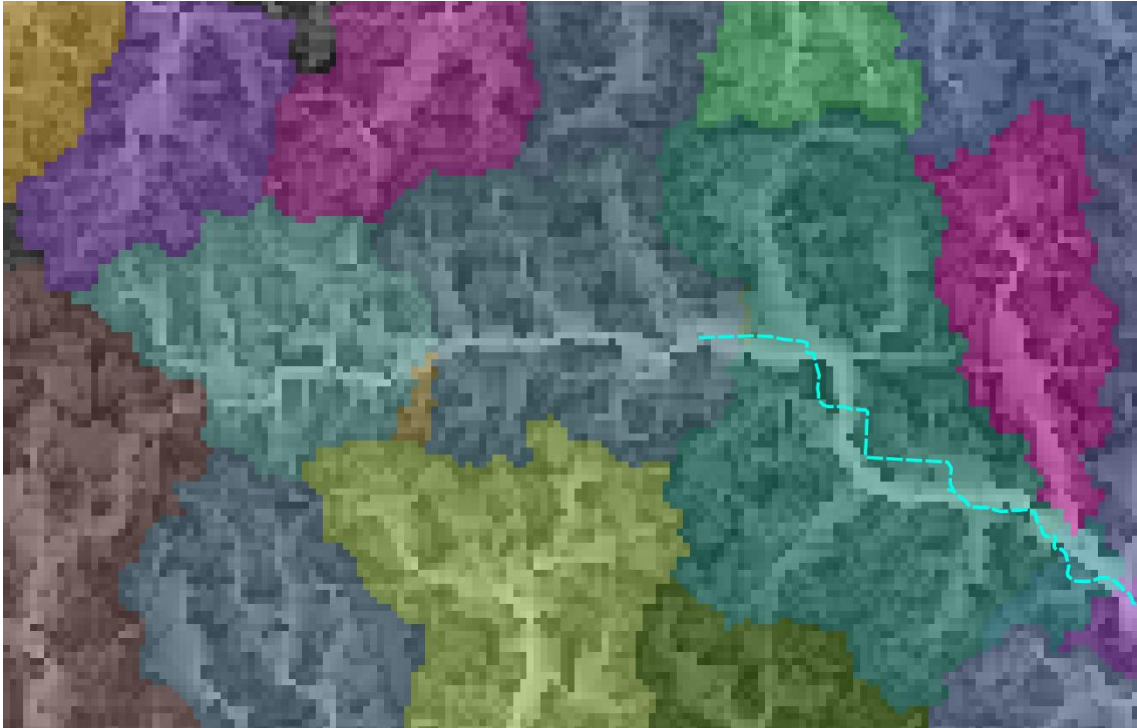


Ilustración 5 - Mapa raster de índice topográfico de humedad en la cuenca de estudio y subcuencas delimitadas por el algoritmo.

3. DETERMINACIÓN DE DINÁMICA DE ESCURRIMIENTOS REAL.

Una vez determinada la cuenca de estudio, visitado el lugar y analizado la dinámica real en base a la topografía, infraestructura existente y testimonios de personal local, se procedió a generar la división de subcuencas definitiva en base

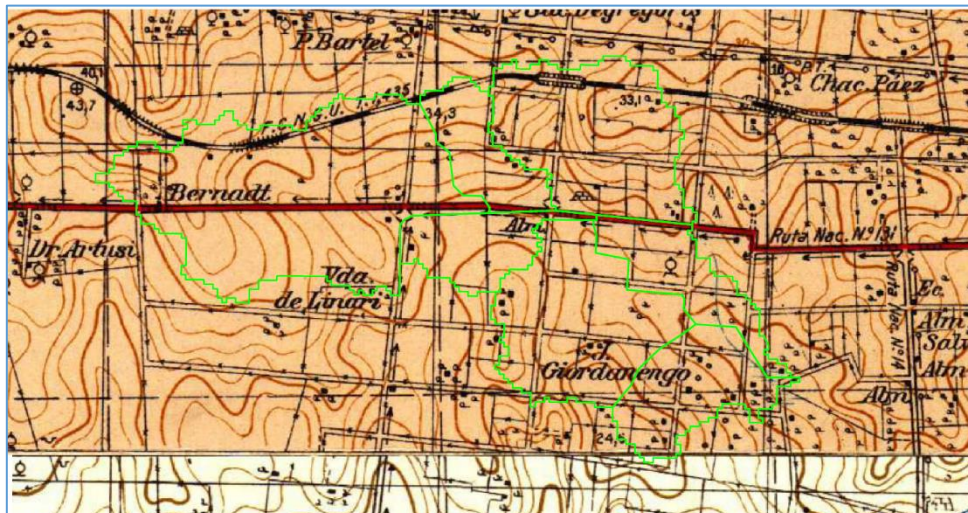


Ilustración 6 - Composición con las cartas topográficas mencionados y superposición de cuencas de estudio.



a lo mencionado y a los fines de la determinación de caudales parciales que sirvan como datos de ingreso a los distintos elementos a proponer como obras.

En primera medida, los escurrimientos son todos superficiales. En segundo término se observó que los caudales generados en las cuencas S1, S2 y S3 escurren por las zanjas al norte del terraplén de RP n° 39 para concentrarse en la alcantarilla de cruce de ruta AE5, incluso los escurrimientos de la subcuenca S1 del lado sur cruzan mediante alcantarillado hacia el norte mediante alcantarillas AE9, AE12, AE13 y AE14. En lo que refiere al distribuidor intersección de RN14 y RP39, de igual manera, mediante alcantarillas, transfieren los excedentes hacia el lado ESTE del mismo, tanto al SUR como al NORTE del terraplén de la RP39.

En cuanto a las subcuencas aguas debajo de la ruta, S4, S5, S6 y S7, los escurrimientos son superficiales mantiformes y escurren hacia el arroyo Las Mellizas. En el caso de la subcuenca S5, se concentran caudales de importancia que se confluyen con los escurrimientos de las subcuencas más altas en el lugar donde en la actualidad se genero un loteo y asentado viviendas.

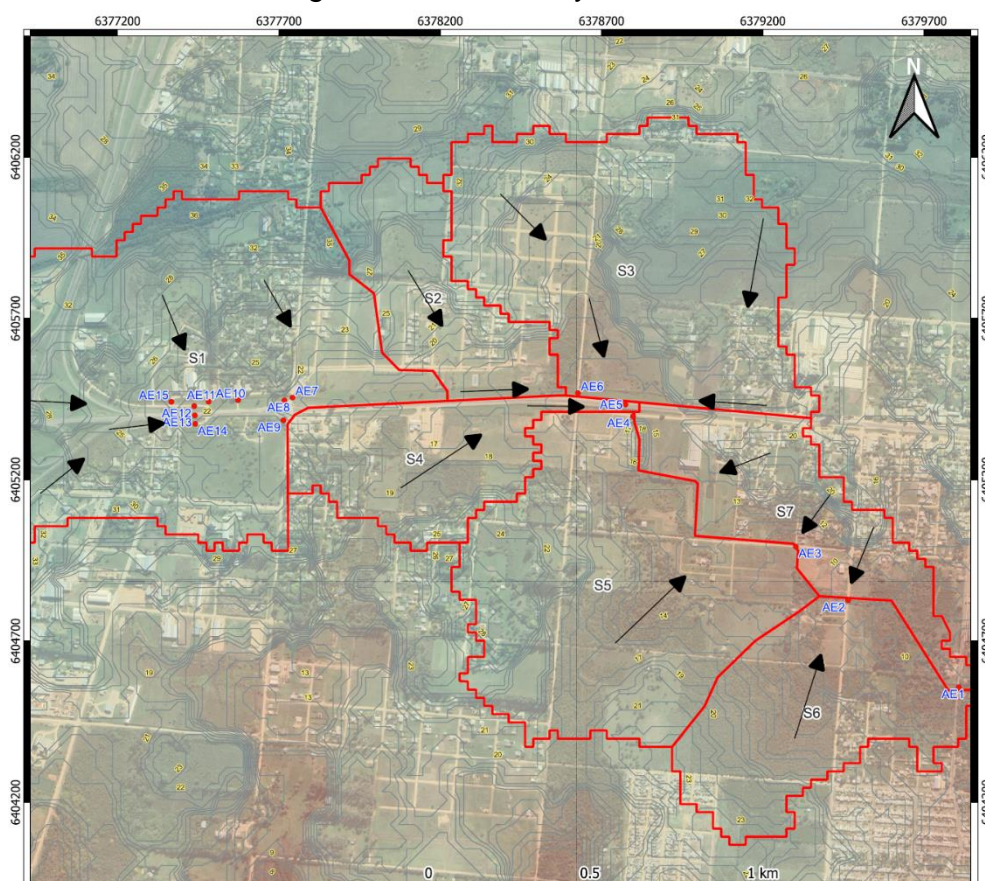


Ilustración 7 - Dinámica de escurrimientos actuales

Por otro lado, a raíz de este loteo y en forma completamente clandestina se ha desviado la traza del A° Las Mellizas en el tramo correspondiente a las subcuencas S5 y S7, donde puede observarse un consecución de tramos rectos y curvas a 90 grados siguiendo el trazado de calles. En la ilustración 5 puede

verse como la traza actual se ha desfazado del bajo natural. Modificación que no ha causado el efecto buscado ya que, además de realizarse con una sección insuficiente, ante lluvias de importancia, por un lado el agua que baja desde la ruta deborda y busca el bajo en el loteo y, por otro lado, los caudales de la subcuenca S5 hacen lo mismo.

Por último, a partir de la AE2, aguas abajo del loteo mencionado, se está en cotas de 8,5 msnm, nivel de altura máxima del Río Uruguay el cual tiene influencia en esta zona y es susceptible del fenómeno de sudestada, por lo que está considerada planicie de inundación y prohibido el asentamiento civil.

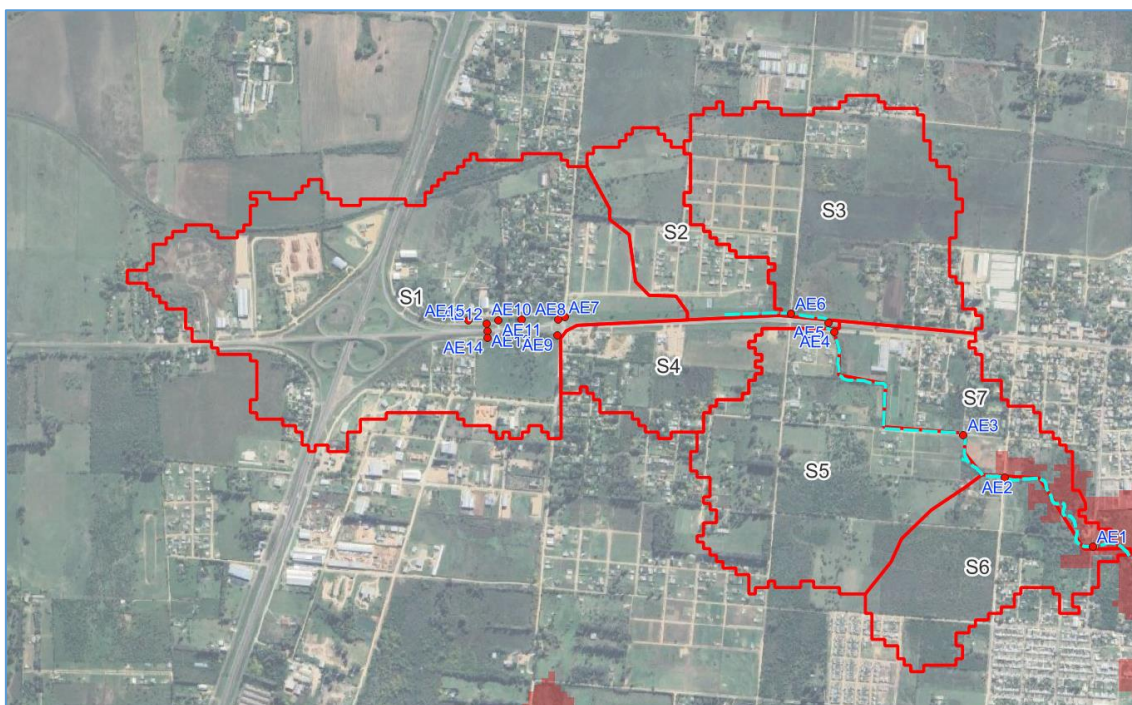


Ilustración 8 - Cota 8,5msnm - Nivel máximo de crecida del río Uruguay.

4. TORMENTA DE DISEÑO Y CARACTERIZACIÓN DE CUENCAS.

Para la elaboración de las lluvias de proyecto, se tomó como base el Estudio de tormentas de diseño para la provincia de Entre Ríos realizado por la Dirección de Hidráulica de la provincia de Entre Ríos y la Facultad Regional de Concordia, de la Universidad Tecnológica Nacional en el año 2008 mediante el método de regionalización para las distintas ciudades de la provincia.

De este estudio se tomaron las curvas IDT de la localidad para determinar la tormenta de diseño a modelar.

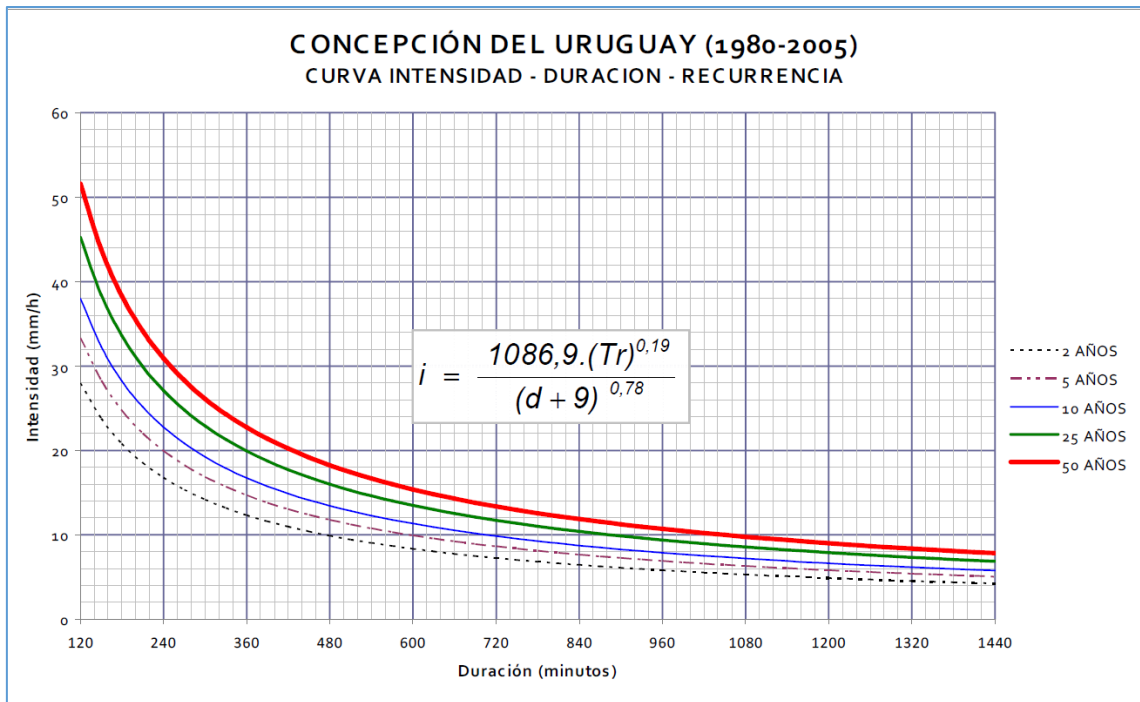


Ilustración 9 - Curvas I-D-T para la ciudad de Concepción del Uruguay.

La duración de tormenta se determinó en base al tiempo de concentración de la cuenca, mediante la fórmula del SCS.

$$T_{c_{SCS}} = 3.42 * L^{0.8} * \left[\left(\frac{1000}{CN} \right) - 9 \right]^{0.7} * S^{-0.5}$$

Donde:

Tc: Tiempo de concentración en minutos

L: Longitud de cauce principal en kilómetros

CN: Curva número característico de la cuenca (adimensional)

S: Pendiente media longitudinal del cauce principal en metros/metros.

Tabla 1 - Parámetros de la cuenca para cálculo de Tiempo de concentración

Cuenca	Area [Ha]	Cota sup [m]	Cota inf [m]	Long Cauce Ppal [km]	S media [m/m]	CN
A° Las Mellizas	425	42	8	3.8	0.0089	77

Adoptándose una longitud de cauce principal de 3,8 km, un CN ponderado de 77 (para suelo tipo C y grado de impermeabilización según [Tabla 2](#)) y una pendiente media de 0,0089 m/m, la duración de tormenta adoptada, en función del Tc resultante, utilizada en la transformación lluvia-caudal fue de 4 horas.

La clasificación de los suelos para determinar el número de curva resultó del estudio de antecedentes bibliográficos (Iriondo 2010 y Bertolini 1995), y del mapa geológico del SEGEMAR.

Tabla 2 - Grupos de suelo SCS

Grupo hidrológico del suelo	Infiltración cuando están muy húmedos	Características	Textura
A	Rápida	Alta capacidad de Infiltración > 76 mm/h	Arenosa
B	Moderada	Capacidad de infiltración 76-38 mm/h	Arenosa-limosa Franca Franco-arcillosa-arenosa Franco-limosa
C	Lenta	Capacidad de infiltración 36-13 mm/h	Franco-arcillosa Franco-arcillo-limosa Arcillo-arenosa
D	Muy Lenta	Capacidad de infiltración < 13 mm/h	Arcillosa

Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, sub-urbana y urbana (condiciones antecedentes de humedad II, $I_a = 0.2S$)

Descripción del uso de la tierra	Grupo hidrológico del suelo			
	A	B	C	D
Tierra cultivada ¹ : sin tratamientos de conservación	72	81	88	91
con tratamientos de conservación	62	71	78	81
Pastizales: condiciones pobres	68	79	86	89
condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos: condiciones óptimas	30	58	71	78
Bosques: troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas,	45	66	77	83
cubierta buena ²	25	55	70	77
Áreas abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.				
óptimas condiciones: cubierta de pasto en el 75% o más	39	61	74	80
condiciones aceptables: cubierta de pasto en el 50 al 75%	49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)	89	92	94	95
Distritos industriales (72% impermeables)	81	88	91	93
Residencial ³ :				
Tamaño promedio del lote	Porcentaje promedio impermeable ⁴			
1/8 acre o menos	65			
		77	85	90
1/4 acre	38	61	75	83
1/3 acre	30	57	72	81
1/2 acre	25	54	70	80
1 acre	20	51	68	79
Parqueaderos pavimentados, techos, accesos, etc. ⁵	98	98	98	98
Calles y carreteras:				
Pavimentados con cunetas y alcantarillados ⁵	98	98	98	98
grava	76	85	89	91
tierra	72	82	87	89

Tabla 3 - Números de curva para distintos usos de suelo.

La ponderación del numero de curva se realizó mediante análisis visual de las imágenes satelitales disponibles ponderando las áreas residenciales, áreas abiertas cubiertas de vegetación y calles.

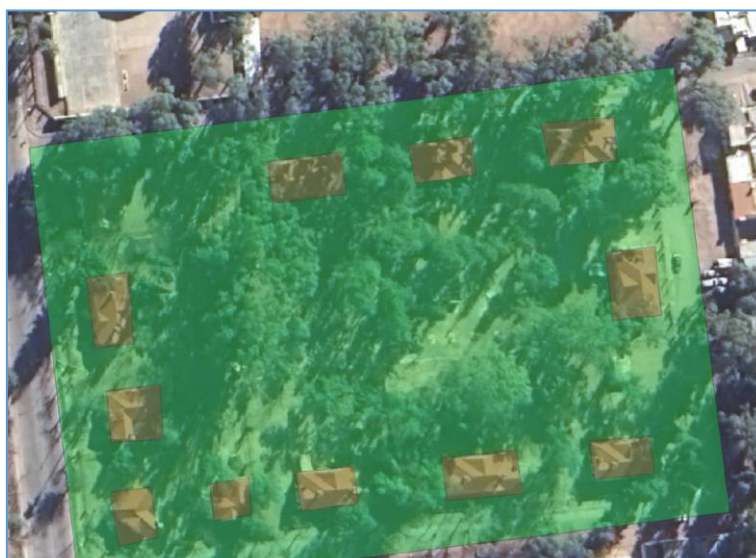


Ilustración 10 – Ponderación de curva número para manzana tipo de zona residencial.

Una vez caracterizada la cuenca y determinado el tiempo de concentración se generaron los hietogramas para tiempos de recurrencia de 5,10 y 25 años para una duración igual al tiempo de concentración (4 horas) en base a los hietogramas característicos del manual de diseño mencionado.

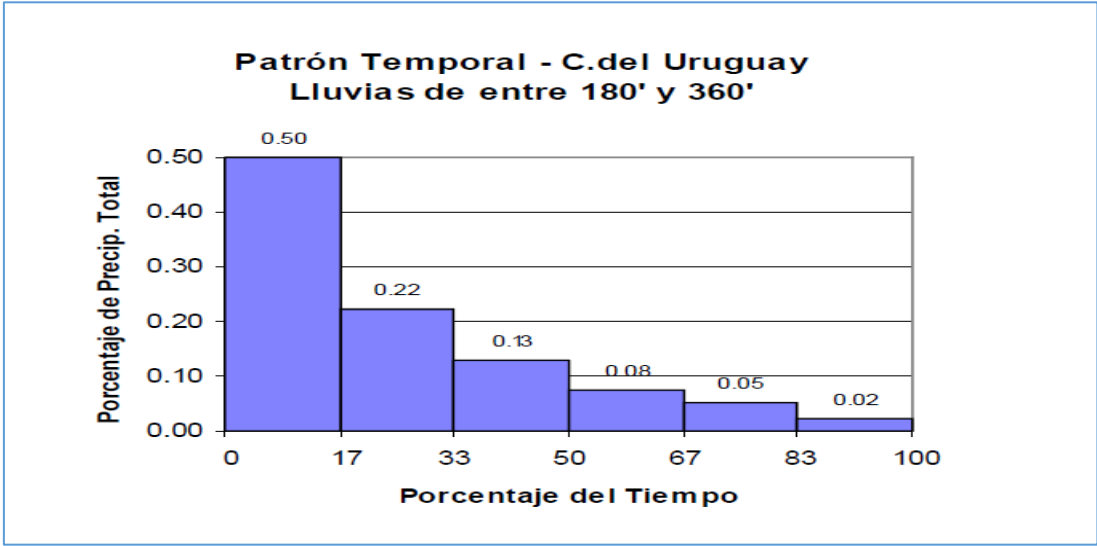


Ilustración 11 - Distribución interna de precipitación.

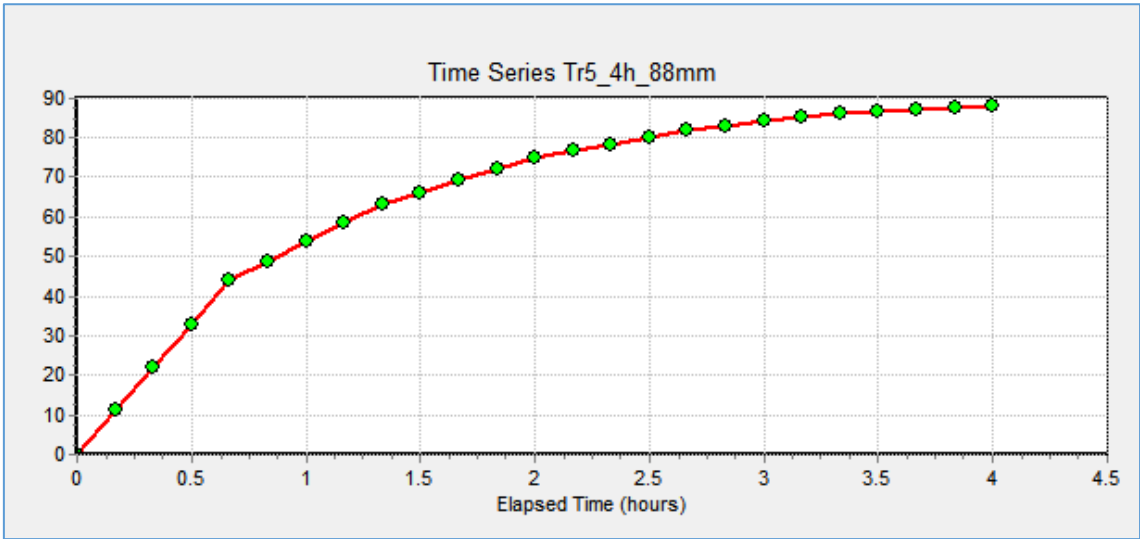


Ilustración 12 – Hidrograma acumulado para Tr5 años, duración 4 horas y 88mm de precipitación total.

Tabla 4 – Hidrogramas acumulados para lluvias de 4 horas de duración para la ciudad de C. del Uruguay

5Años	10Años	25Años
0	0	0
11	11.75	13.75
22	23.5	27.5
33	35.25	41.25
44	47	55
48.84	52.17	61.05
53.68	57.34	67.1
58.52	62.51	73.15
63.36	67.68	79.2
66.22	70.735	82.775
69.08	73.79	86.35
71.94	76.845	89.925
74.8	79.9	93.5
76.56	81.78	95.7
78.32	83.66	97.9
80.08	85.54	100.1
81.84	87.42	102.3
82.94	88.595	103.675
84.04	89.77	105.05
85.14	90.945	106.425
86.24	92.12	107.8
86.68	92.59	108.35
87.12	93.06	108.9
87.56	93.53	109.45
88	94	110

5. MODELACIÓN PRELIMINAR.

Determinados los hietogramas de diseño y caracterizada la cuenca se procedió a realizar una modelación bidimensional de la situación actual para analizar la dinámica expuesta en los resultados. La misma se realizó sobre el sector mas crítico de donde se dispone el DEM de precisión obtenido mediante el vuelo de dron. Para ello se utilizó el programa libre HEC-RAS del USACE (Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos), el cual está dedicado a la modelación unidimensional y bidimensional hidráulica.

En primer lugar se tuvo que realizar un filtrado manual de la vegetación, y generar las canalizaciones y alcantarillas existentes:



Ilustración 13 – Modelo digital antes y después de procesado para eliminación de vegetación y generar las canalizaciones y alcantarillas existentes.

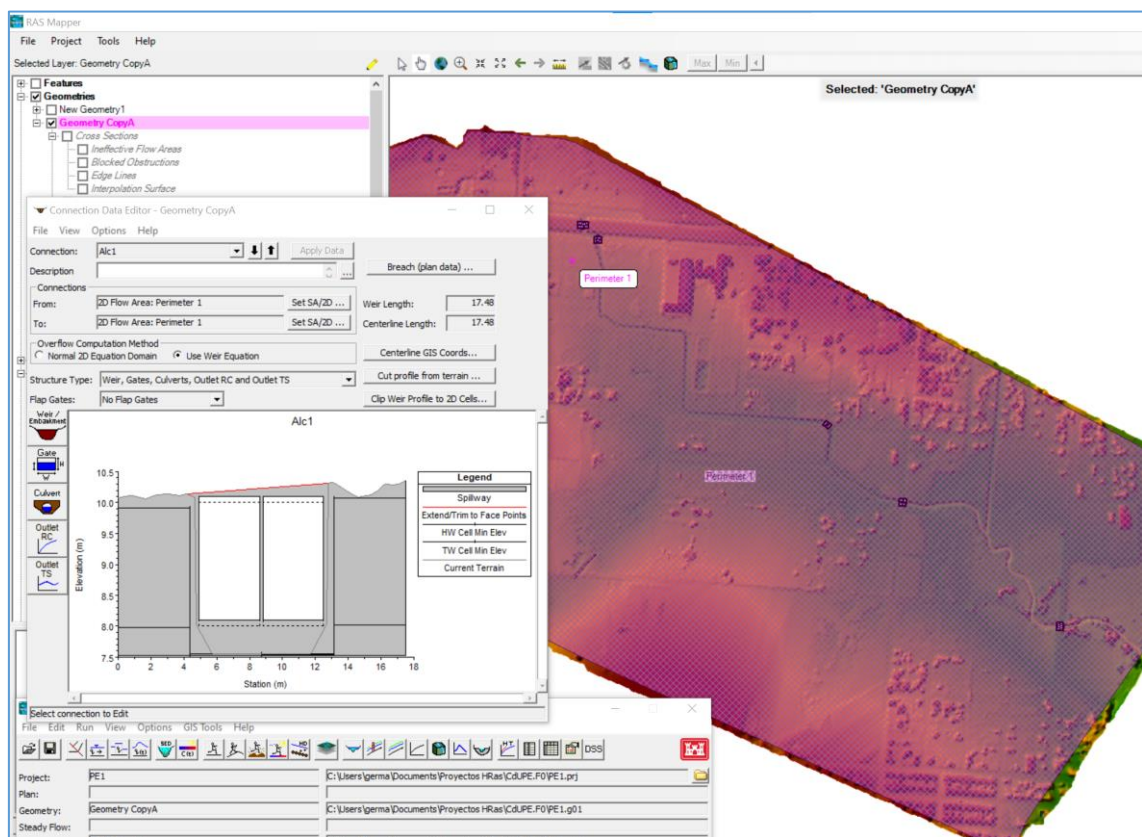


Ilustración 14 – Entorno de modelación HEC-RAS – Modelación Situación Actual

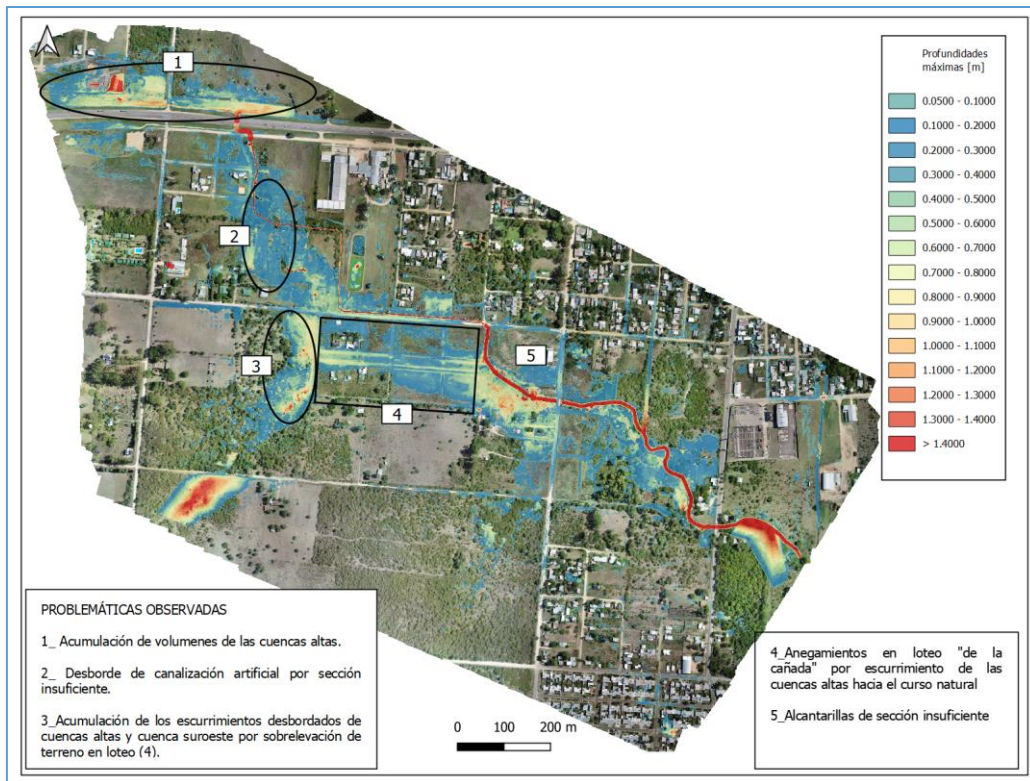


Ilustración 15 – Resultados obtenidos en modelación preliminar.

De las observaciones de los resultados de la modelación de la situación actual se evidencian varias situaciones problemáticas que causan los anegamientos (Figura 15).

En primer lugar el volumen precipitado en las subcuencas S1, S2 y S3 al norte del terraplén de RP N° 39 se concentran y acumulan aguas arriba de la alcantarilla de cruce de este (Alcantarilla existente AE5 en este estudio).

En segundo lugar, la modificación de la traza natural del arroyo a raíz de la realización de loteos sobre ésta y la sección insuficiente de la nueva canalización provoca que los escurrimientos desborden y retornen a su traza natural en las zonas bajas.

En tercer lugar, derivada del desborde anteriormente mencionado, estos caudales, sumados al caudal de aporte de la subcuenca S5 desde el suroeste, encuentran el loteo mencionado sobreelevado anegando la zona aledaña a éste y escurriendo a través de este.

En cuarto lugar, las alcantarillas existentes, numeradas como AE2 y AE3, presentan una sección insuficiente para los caudales actuales.

6. PROPUESTA DE MEDIDAS ESTRUCTURALES PRELIMINAR

A la luz de lo observado en la modelación preliminar se procedió a realizar la primera propuesta de obras en base a la información disponible a ese momento. Esta consistía en un conjunto de 6 reservorios (en amarillo en la Ilustración 16) y dos canalizaciones (en verde y magenta en la Ilustración 16). Esta propuesta fue luego modificada en la propuesta definitiva por varias razones, a saber:

En primer lugar, la sección necesaria para el canal actual del Arroyo (magenta), obligaba a tomar el espacio de la calle y, en uno de los dos márgenes se hacía necesario generar puentes de ingresos vehiculares a cada frentista. Como otra de las opciones, se pensó en generar dos medias calles a sus lados, corriendo el canal como boulevard central de las mismas, lo cual también resultaba inviable debido a que por la misma calle corre una línea de media tensión, de la cual no se justificaría su remoción o corrimiento existiendo otras alternativas. Por otro lado, al haberse planteado el boulevard central (en verde) sobre el loteo “la cañada”, se decidió, finalmente readecuar la traza a la que fuera la original y unificar en éste último canal las dos trazas propuestas para evacuar las aguas provenientes tanto del nor-este como del sur-este.

Por último, por una cuestión de cotas y economía de movimiento de suelos uno de los reservorios (el n° 4 en forma de “L”) se separó en dos y se propuso además un camino de mantenimiento que pudiera funcionar a la vez, como paseo peatonal/bicisenda.

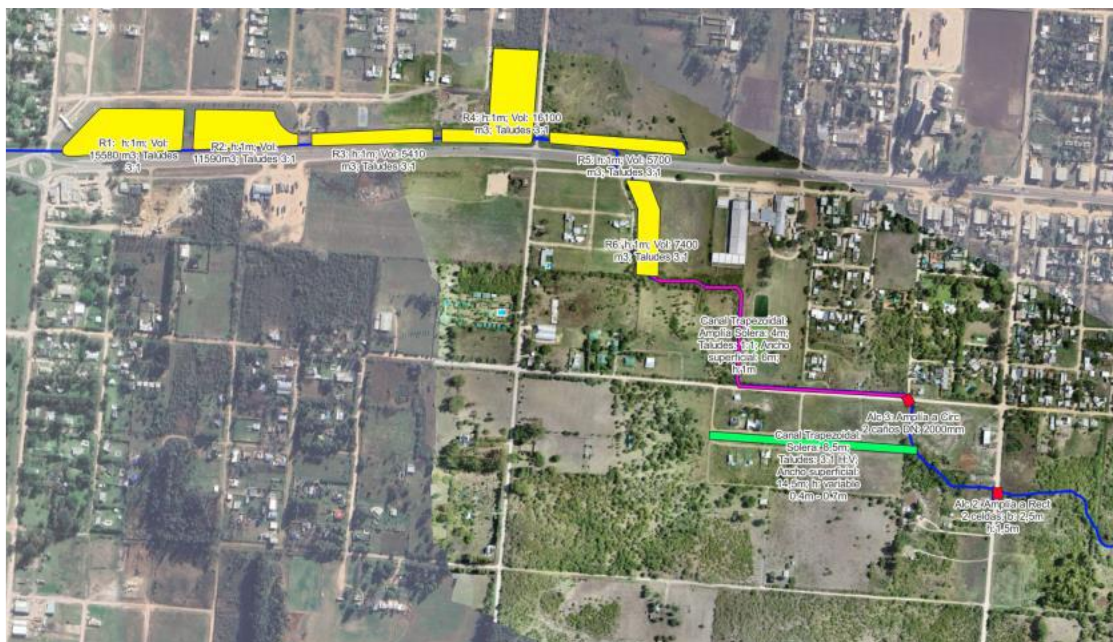


Ilustración 16 – Esquema preliminar de obras propuestas (descartada).

7. MODELACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA

Una vez definidos los reservorios en su ubicación y cantidad, y la propuesta de traza se procedió a realizar una modelación hidrológica para transformación lluvia-caudal y la modelación hidráulica para dar dimensiones a los elementos modelados (Reservorios, canales y alcantarillas).

Dicha modelación fue realizada en el software libre EPA-SWMM de la agencia de protección ambiental de los Estados Unidos (EPA).

En este caso se generaron primero los reservorios (con dimensiones de área variable según disponibilidad, una altura de un metro y taludes 3H:1V por cuestiones de seguridad), se ingresaron caudales parciales de las subcuencas correspondientes a cada uno de ellos y mediante tanteo se fue dimensionando los descargadores de fondo que comunica a cada uno de los reservorios con el de aguas abajo para optimizar su volumen. Una vez conseguido esto, se obtuvo el caudal de salida laminado con el cual dimensionar el canal y las alcantarillas restantes. En cada nodo donde se única un descargador de fondo o alcantarilla se agregó un canal elevado a modo de vertedero para verificar la existencia de desbordes. Los reservorios fueron modelados como canales trapeziales anchos.

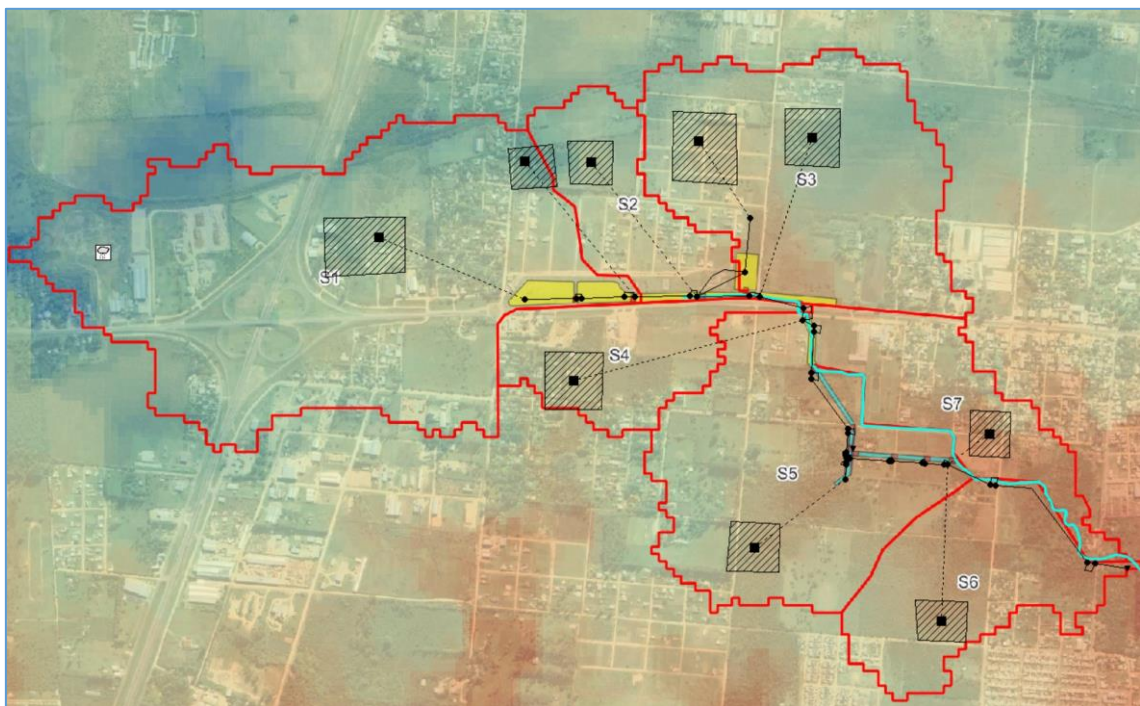


Ilustración 17 – Esquema de modelación de la propuesta definitiva en modelo hidrológico-hidráulico SWMM

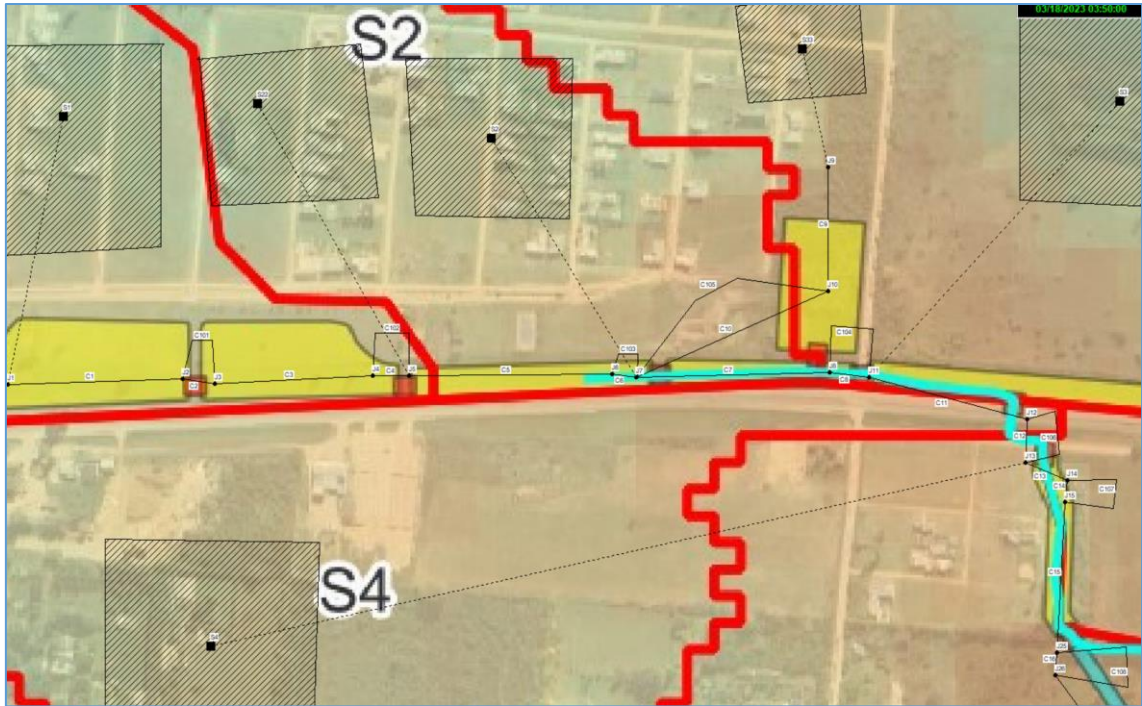


Ilustración 18 – Elementos modelados.

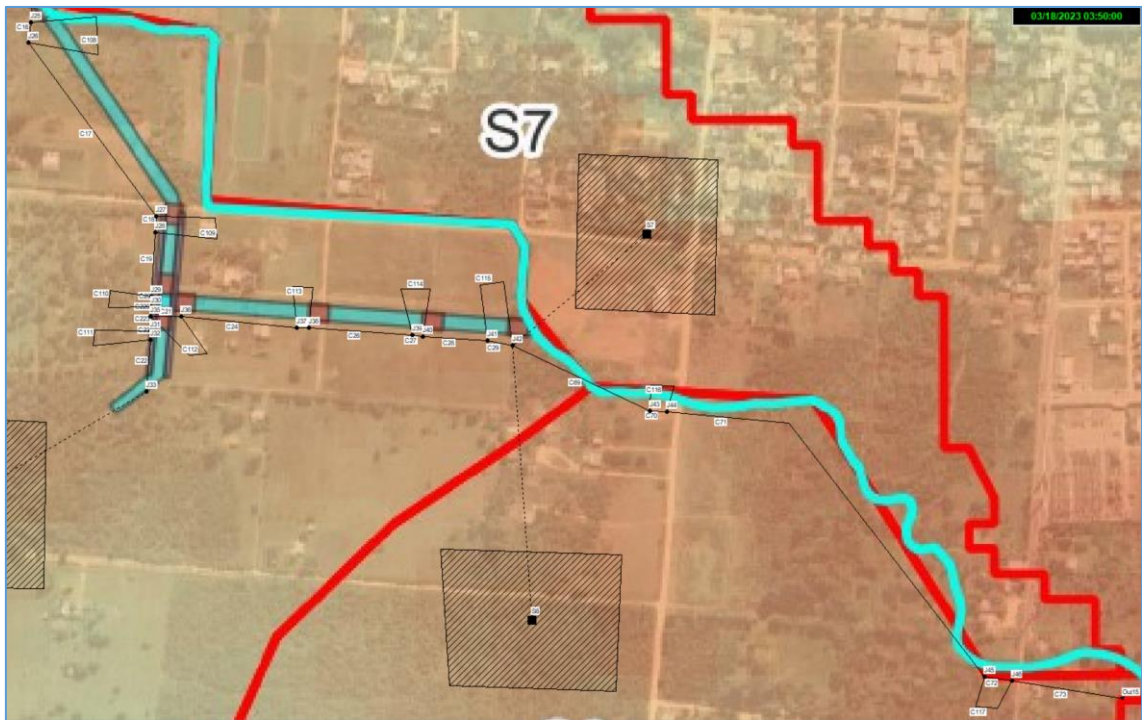


Ilustración 19 – Elementos modelados.

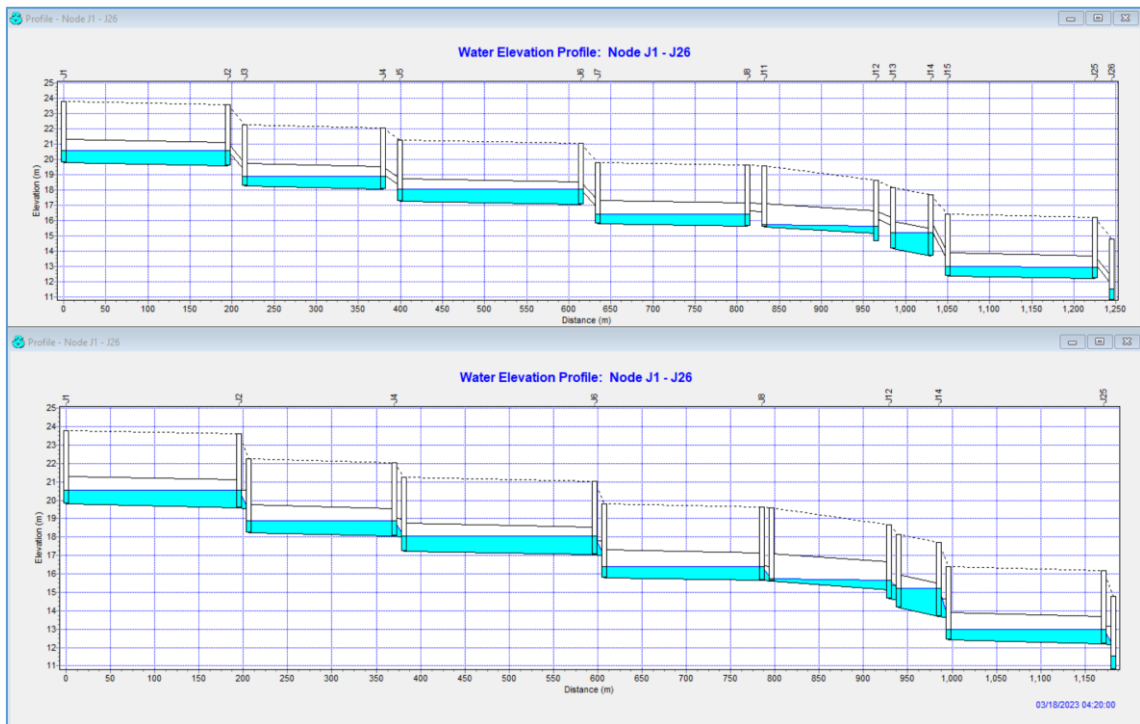


Ilustración 18 - Perfiles longitudinales de sistema de reservorios. Arriba: Verificación de no desborde al pico de hidrograma (Vertederos). Abajo: Descargadores de fondo. (Tr5 años).

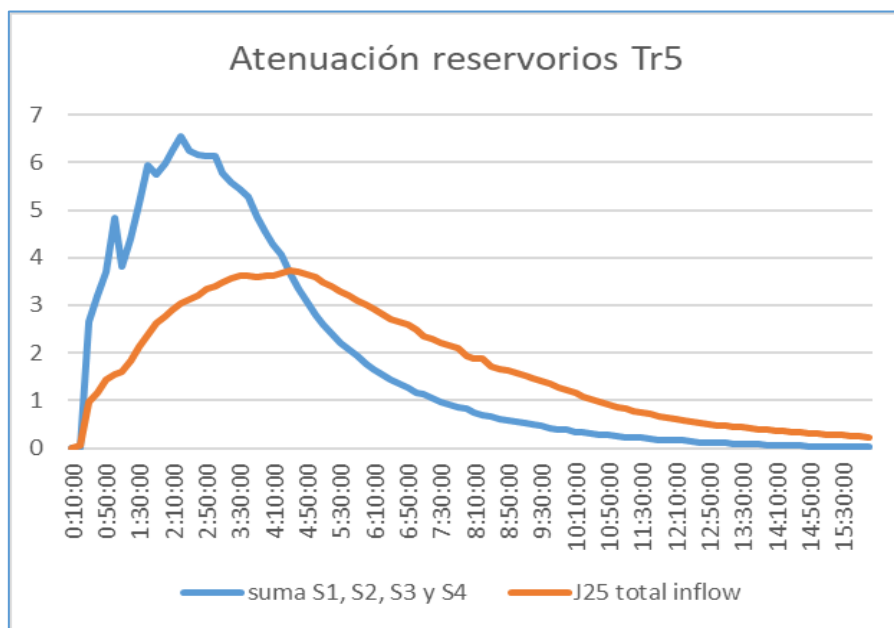


Ilustración 19 - Hidrograma de salida del sistema de reservorios vs sumatoria de caudales de salida de cuencas S1, S2, S3 y S4 sin atenuar para lluvia de 88mm, Tr 5 años y duración 4 hs.

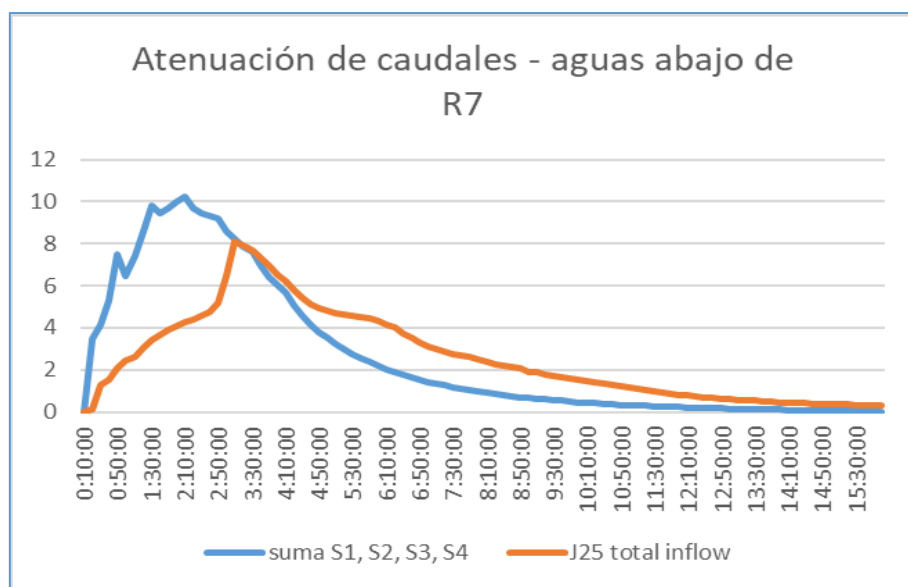


Ilustración 20 - Hidrograma de salida del sistema de reservorios vs sumatoria de caudales de salida de cuencas S1, S2, S3 y S4 sin atenuar para lluvia de 110mm, Tr 25 años y duración 4 hs.

En los resultados de la modelación (Adjunto como “Informe modelación SWMM), se puede observar en los conductos de orden “100”, los cuales corresponden a los vertederos ficticios mencionados, colocados para verificar la existencia de desbordes, que para recurrencias de 5 y 10 años el sistema propuesto funciona con capacidad. En lluvias de 25 años (como se vé en la Ilustración 20) el efecto atenuador del sistema de reservorios es de un 25% del caudal pico.

8. MODELACIÓN BIDIMENSIONAL

En base a los resultados observados en la simulación de la situación actual, se propusieron y modelaron medidas correctivas a las problemáticas existentes a saber:

- Construcción de un sistema de 6 reservorios (R1, R2, R3, R4, R5 y R6) al norte de RP n°39 para almacenamiento y laminación de los volúmenes precipitados en subcuencas S1, S2 y S3.
- Construcción de un reservorio de almacenamiento (R7) en el tramo comprendido entre la alcantarilla existente “AE4” hacia aguas abajo, y la primer curva o cambio de dirección a 90 grados hacia el este (actual).
- Canalización sobre nuevo trazado siguiendo la antigua traza antes de ser modificada.

Determinados los elementos del sistema que conforman las medidas estructurales propuestas se procedió a replicar a estos en una modelación bidimensional final para verificar su funcionamiento. Esta se realizó en el programa HEC-RAS sobre el modelo digital de elevaciones modificado con las canalizaciones y reservorios propuestos y las alcantarillas y descargadores de fondo propuestos.

En la modelación bidimensional se implementaron las modificaciones mencionadas según el esquema de modificaciones de la *¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.* y se ingresaron los caudales de cada subcuenca en forma laminar distribuida en líneas de condición de borde.

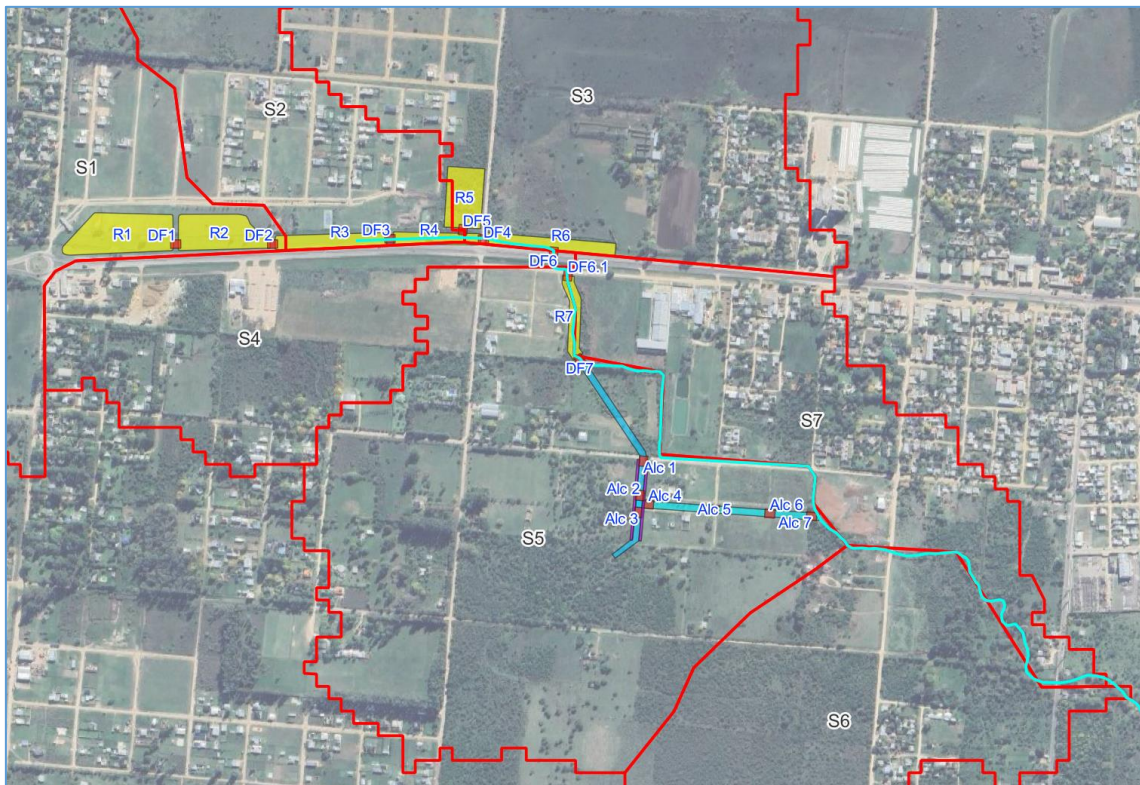


Ilustración 21 - Esquema de obras propuestas: En amarillo la ubicación de los reservorios; en celeste la canalización; en rojo las alcantarillas.

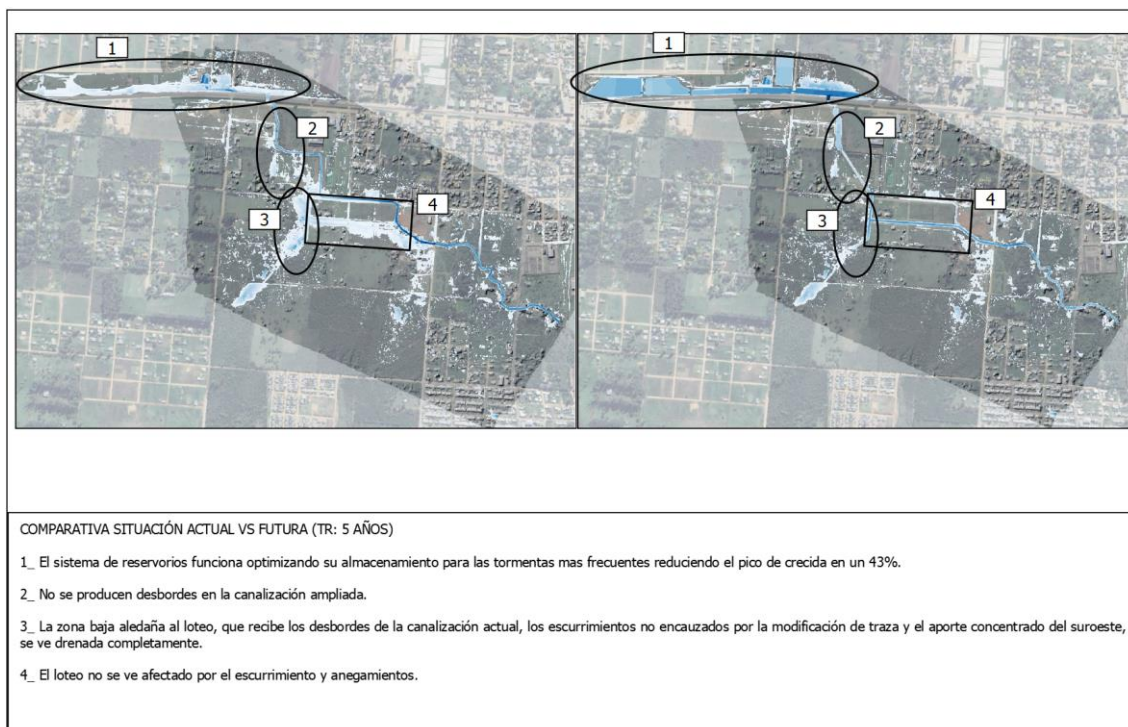


Ilustración 22 - Resultados de modelación bidimensional con obras implementadas.

9. VERIFICACIÓN DE VERTEDERO R6

En el reservorio 6, el último del conjunto de reservorios proyectados aguas arriba de la RP n° 39, se prevé, además del descargador de fondo proyectado para la atenuación de tormentas de recurrencias modeladas, un vertedero de cresta angosta para evitar que eventuales lluvias eleven el pelo de agua en exceso, comprometiendo el acceso vial e inmediaciones. Para ello se propone una estructura y se verifica la cota máxima de sobreelevación del pelo de agua.

Para el cálculo se utilizó la fórmula para vertederos de cresta angosta simplificada, aplicable a los casos en que la velocidad de aproximación es baja.

$$Q = C * L * h^{3/2}$$

Se plantea un vertedero en forma de herradura recta a la entrada de la alcantarilla “AE5” según plano de detalle, de ancho 5,75m, largo 4,00m y altura 1,00m. Por lo que la longitud resulta en L=13,75m.

El caudal se tomará como el máximo en el nodo para un Tr de 50 años, el cual es de 10,52 m³/s, al cual se le resta lo erogado por el descargador de fondo (4.56 m³/s).

El coeficiente de descarga del vertedero será incógnita junto con h, los que se definirán con la siguiente tabla:

Tabla 5 – Tabla de coeficientes de descarga de verteros de cresta angosta.

H_d/h	$h=0.05$	$h=0.10$	$h=0.20$	$h=0.40$	$h=0.60$	$h=0.80$	$h=1.00$	$h=1.50$
0.5	2.316	2.285	2.272	2.266	2.263	2.262	2.262	2.261
1.0	2.082	2.051	2.037	2.030	2.027	2.026	2.025	2.024
2.0	1.964	1.933	1.919	1.912	1.909	1.908	1.907	1.906
10.0	1.870	1.839	1.824	1.817	1.815	1.814	1.813	1.812
∞	1.846	1.815	1.801	1.793	1.791	1.790	1.789	1.788

Donde “***H_d***” es la altura del vertedero en metros y “***h***” la altura del pelo de agua por sobre el vertedero.

Datos:

$H_d = 1 \text{ m}$

$L = 13.75 \text{ m}$

$Q = 5.96 \text{ m}^3/\text{s}$

Resultando $C = 1.87$ y $h=0.38$

Resultados admisibles contemplando que la cota superior de embalse del reservorio 6 es 16.6 m.s.n.m y la cota superior de la alcantarilla tipo Z existente que cruza la ruta (17.8 m.s.n.m).

10. MEDIDAS ESTRUCTURALES PROPUESTAS

1_ Sistema de reservorios de laminación: Consta de 7 reservorios que almacenan los caudales generados en las subcuencas S1, S2, S3 Y S4 que confluyen a la canalización existente entre el terraplén de la RP n°39 y la colectora sur, sobre la traza del Arroyo.

. Al norte de los mismos, sobre el terreno natural y/o los terraplenes de cierre laterales, se propone un camino de mantenimiento de 1240 metros lineales el cual contará con iluminación.

Las dimensiones de éstos son de una profundidad de 1 metro, taludes 3h:1v, longitud, ancho y forma variable según documentación gráfica, cuyos volúmenes equivalentes modelados se detallan a continuación:

Tabla 6 - Volúmenes de almacenamiento de reservorios modelados.

	L	ancho solera	Vol [m3]	Cant Desc Fdo	Desc Fdo DN [mm]	L desca rg [m]
R1	195	76	15405	1	1000	11
R2	164	73.5	12546	1	1000	11
R3	215	22	5375	1	800	11
R4	178	20	4094	2	800	11
R5	118	66	8142	1	600	11
R6	266	21	6384	2	800	11
R7	175	18	3675	2	1000	11
total			55621			

2_ Restitución de traza del arroyo mediante 840 metros de canalización en suelo natural de sección trapezoidal de 6 metros de solera, 1,3 metros de alto, taludes 3h:1v, 14 metros de ancho superficial.

3_ Calles paralelas al sur de calle Alberdi entre las cuales corre la traza del canal en boulevard y alcantarillado de cruce vial según planos de detalle.

11. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO BIOFISICO

Se realizó la redacción de una sección de caracterización general de la zona de emplazamiento del proyecto para ser incluido en el informe final del proyecto que incluye:

1. Ubicación y límites.
2. Crecimiento urbano y poblacional.
3. Clima.
4. Antecedentes de inundación.
5. Marco normativo de los recursos hídricos. Autoridades de aplicación.
6. Dinámica hídrica superficial.
7. Geología y geomorfología.
8. Suelos.
9. Vegetación.