

[Escriba aquí]



**UNL • FACULTAD  
DE INGENIERÍA Y  
CIENCIAS HÍDRICAS**

**CONTRATO ENTRE MUNICIPALIDAD DE CORONDA  
Y UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL**

**ESTUDIO INTEGRAL DEL SISTEMA PLUVIAL  
DE LA CIUDAD DE CORONDA**

**ETAPA I**

**ENERO 2024**



## ÍNDICE

I.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

II.- ANTECEDENTES ANALIZADOS

III. DIAGNÓSTICO CUALITATIVO DEL COMPORTAMIENTO HÍDRICO

IV. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

IV.1. Características de los suelos

IV.2. Morfología

IV.3 Dinámica Hídrica Superficial

IV.4. Vías de concentración y escurrimiento del agua superficial

IV.5. Infraestructura

IV.6. Conductos existentes

IV.7. Ocupación del Suelo

V. MODELACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA

V.1. Cuenca de aporte

V.2. Esquema topológico

V.3. Tormentas de diseño

V.4. Parámetros para la modelación

V.5. Cálculo de pérdidas

VI. RESULTADOS

VII. CONSIDERACIONES FINALES

VIII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXO I

Relevamientos topográficos y de detalles

ANEXO

PLANO N°1: Delimitación de cuencas en el ejido urbano

PLANO N°2: Conductos de desagües existentes en el ejido urbano

[Escriba aquí]



#### Autoridades

Municipalidad de la Ciudad de Coronda  
Intendente: Sr. Ricardo Ramírez

Universidad Nacional del Litoral  
Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas  
Decana Dra. Marta Paris

#### Equipo de Trabajo

Ing Felipe R FRANCO  
Dra Rosana HÄMMERLY  
Ing Pablo DEL PRETE  
Ing Agr Soledad SÁNCHEZ  
Pto Sebastián CARRIÓN

#### Becarias

Srta Caren Barreto MALFANTI  
Srta Jorgelina Fiorela MOIETTA



## I. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

En base a los requerimientos de la Municipalidad de la Localidad de Coronda Provincia de Santa Fe recibida a fines del 2022 la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas de La Universidad Nacional del Litoral elaboró una propuesta compuesta de 3 etapas para realizar el análisis de los desagües actuales y generar así el plan director de la Localidad.

Se detallan seguidamente las tres etapas de las cuales, a partir de este convenio, se desarrollará la primera sin compromiso para la continuidad del mismo por parte del Municipio, pero fuertemente recomendado por el equipo consultor:

### **Etapas I – Plan de Ordenamiento Hídrico**

#### Objetivos y Alcance:

Marco Conceptual – Diagnóstico de la situación hídrica

Definición de Medidas Prioritarias

Predimensionamiento Hidráulico

Duración Total: 6 meses

### **Etapas II – Plan director**

#### Objetivos y Alcance

Propuesta de Obras A Nivel Anteproyecto

Ajuste Red Troncal, Reservorios y Estaciones de Bombeo. Desarrollo Red Secundaria

Caracterización Ambiental

Cómputos Métricos y Presupuestos a Nivel Global.

Análisis Económico

Secuenciación de Obras

### **Etapas III – Proyectos Ejecutivos**

#### Objetivos y Alcance



Una vez definido el Plan Director, para la concreción del mismo, se requiere llevar a cabo las tareas y acciones que se proponen. Es imprescindible entonces, la definición de Proyectos Ejecutivos donde se señalan todas las especificaciones técnicas y de diseño para ejecutar las medidas tanto estructurales como no estructurales definidas en la Etapa II.

Para mejorar el medio urbano se requieren estrategias y planes de gestión que localicen aquellas intervenciones que pueden ser implementadas rápidamente, que tienen muchas probabilidades de éxito, que fijan las bases para prevenir futuros problemas y que robustecen las instituciones y la gobernanza.

A medida que las ciudades crecen, su capacidad para administrar el espacio urbano requiere el mejoramiento de las capacidades técnicas y de gestión locales.

La experiencia, tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo, demuestra que una propuesta eficaz para enfrentar los problemas del medio ambiente urbano es formular una estrategia de gestión y un plan de acción participativos.

Como se observa, el presente convenio servirá de punto de partida para que la FICH, en conjunto con el municipio y sus diferentes áreas, desarrollen un trabajo colaborativo y participativo para determinar el Diagnóstico de la situación hídrica y la identificación de los lugares con dificultades, como así también adoptar parámetros de diseño del sistema de excedentes pluviales.

La realización de la Etapa I del plan, en base a la Información suministrada por el Municipio, proporcionará el Diagnóstico que permitirá realizar el primer esbozo del ordenamiento hídrico del Distrito, y a continuación poder aconsejar las tareas y pasos para la concreción de las etapas siguientes, hasta llegar a los Proyectos Ejecutivos enmarcados en el Plan Director.

En el primer informe de avance se presentaron las acciones de modo operativo, enmarcando y caracterizando la información disponible para el presente estudio.

El segundo informe de avance presentó una ampliación de la información disponible para completar la caracterización del área de estudios, incluyendo además la delimitación de las cuencas, las tormentas de diseño confeccionadas y la descripción del modelo a utilizar. Es decir, las instancias preliminares para la simulación del sistema en las distintas cuencas.

Un resumen de los puntos más relevantes de ambos informes se incluye en este informe final, en el cual se presentan además los resultados de las modelaciones para varias tormentas sintéticas y las consideraciones finales.

## **II. ANTECEDENTES ANALIZADOS**

La Municipalidad de Coronda suministró la información disponible, en formato digital. A su vez el equipo consultor de la FICH recabó información en distintos ámbitos de la Provincia y estudios antecedentes de áreas cercanas.



### **Descripción de la información recibida desde la Municipalidad de Coronda**

La información proporcionada es escasa para realizar el trabajo solicitado por lo cual se realizan las siguientes observaciones:

- Los datos no cuentan con la información del sistema de proyección utilizada, incluso no se compatibilizan entre sí, lo que obliga a forzar su georreferenciación para hacerlo coincidente con el manzanero del Servicio de Catastro e Información Territorial (SCIT), que es la información oficial de la provincia de Santa Fe.
- La información en la traza de la costanera es casi inexistente. Es necesario contar con la cota en la costanera, eje de calle y barranca, hay un solo punto de cota 6 m.

Archivos en AutoCAD:

1. Red de Agua
2. Red de Cloacas
3. Proyecto ampliación red de Gas
4. Desagües de la ciudad de Coronda
5. Desagüe San Justo de la ciudad de Coronda

### **Se manifestaron las siguientes situaciones particulares en cada archivo:**

#### **1. Red de AGUA:**

- En el archivo existen dos planos, ninguno se encuentra georreferenciado y el mapa base de uno de ellos no se puede ajustar al manzanero del SCIT.
- Los planos contienen distinta información representada, uno de los planos no cuenta con las referencias de los datos y de utilizarse las referencias del otro plano surgen inconsistencias entre ellos.
- Ninguno de los planos cuenta con datos de cotas.

Por tales motivos es necesario ampliar los datos. Se necesita el plano aprobado para no generar información errónea. Faltan las cotas y georreferenciación de las bocas de tormentas y cámaras de registro.

#### **2. Red de CLOACAS:**

- El archivo no se encuentra georreferenciado y el mapa base no se puede ajustar al manzanero del SCIT.
- Es el único plano con cotas, pero no hay referencias si son cota IGN (Instituto Geográfico Nacional).
- El plano sólo se limita a la zona centro de Coronda es necesario contar como mínimo con cotas en toda la planta urbana.



- Se requiere contar con cotas de alcantarillas, cunetas, terreno natural, eje de camino, vereda, etc.
  - Se solicita contar con los planos oficiales para constatar la información.
3. Plano proyecto de AMPLIACIÓN GAS
- El plano cuenta con la información necesaria para determinar la red de gas.
  - Solo se encuentra en la zona centro de Coronda, es necesario saber si la red solo se limita a esta zona.
4. Plano de DESAGÜES DEL SECTOR CONSOLIDADO
- El plano no se encuentra georreferenciado, se puede realizar un ajuste en base a las manzanas.
  - No cuenta con información de cotas de los elementos representados.
5. Plano del DESAGÜE SAN JUSTO:
- El archivo no cuenta con la información del ente o personal técnico responsable de los datos. Los datos se encuentran sin georreferenciar, dado que el manzanero utilizado es del SCIT se puede hacer una georreferenciación aproximada.
  - En el perfil plani- altimétrico las manzanas no tienen las mismas dimensiones que las manzanas del SCIT pero se pudo ajustar según la progresiva.
  - Los puntos fijos no tienen coordenadas y se pueden ubicar de manera aproximada.
  - A esta información se sumó relevamientos cercanos a la zona de diferentes estudios.

#### **Datos de antecedentes recopilados por la universidad**

1. MAPA DE ÁREAS AFECTADAS POR INUNDACIONES 3160-32-3 – CORONDA de la reglamentación de la Ley 11730
2. Carta topográfica IGN del modelo digital de elevación de 5 m, denominadas: 3160-32-3-a, 3160-32-3-c, 3160-31-4-d, 3160-31-4-b, 3360-01-2-b y 3360-02-1-a del año 2013.
3. Ministerio de Infraestructura Servicios Públicos y Hábitat:
  1. •66-1. Perfil de desagüe entubado calle 25 de Mayo - año 1968
  2. •682-1. Perfil de desagüe calle Mltre - año 1977
  3. •1185. Perfiles canal desagüe cañada coronda - año 1961
  4. •50154. Acueducto Río Coronda - año 2013
  5. •50155 y 50156 planos en PDF y autocad del acueducto Río Coronda
  6. •Informe parcial de acueducto Río Coronda
  7. •Anexo 6. Hidrología y erosión de acueducto Río Coronda



8. •Puntos Fijos Altimétricos
  9. •1543-1. Alcantarilla bajo vías- año 2001
  10. •824-1. Terraplén de defensa barrio punta del este- año 1997
  11. •824-2. Informe Técnico
4. Informe: Reconstrucción del Paseo ribereño y paseo costero de la ciudad de Coronda 2017  
Ministerio del interior Obras Públicas y Vivienda.

Se sugiere que la Municipalidad vaya conformando una biblioteca de antecedentes adonde pueda incorporar las actualizaciones y modificaciones que se realicen en etapas futuras.

### **III. DIAGNÓSTICO CUALITATIVO DEL COMPORTAMIENTO HÍDRICO**

La localidad de Coronda se encuentra ubicada a la Margen Derecha del río Coronda perteneciente al valle de inundación del río Paraná y con riesgo de inundación por eventos tanto fluviales como pluviales.

Con respecto a los eventos fluviales, sobre la costa del río se emplaza una zona alta y consolidada que protege al distrito de éstos y con pendientes predominantes hacia el curso de agua.

Existe un sector intermedio con valores bajos que tienen un grado de dificultad de drenaje al oeste y que deben conectarse al canal Segundo Coronda que transporta caudales producidos por la cuenca de aporte de otras localidades vecinas.

La Figura 1 muestra las curvas de nivel que definen la topografía de la zona, variando entre valores de 35 m al oeste y 14 m al este.

Hay una gran porción de la zona de estudio que no cuenta con información de cotas.



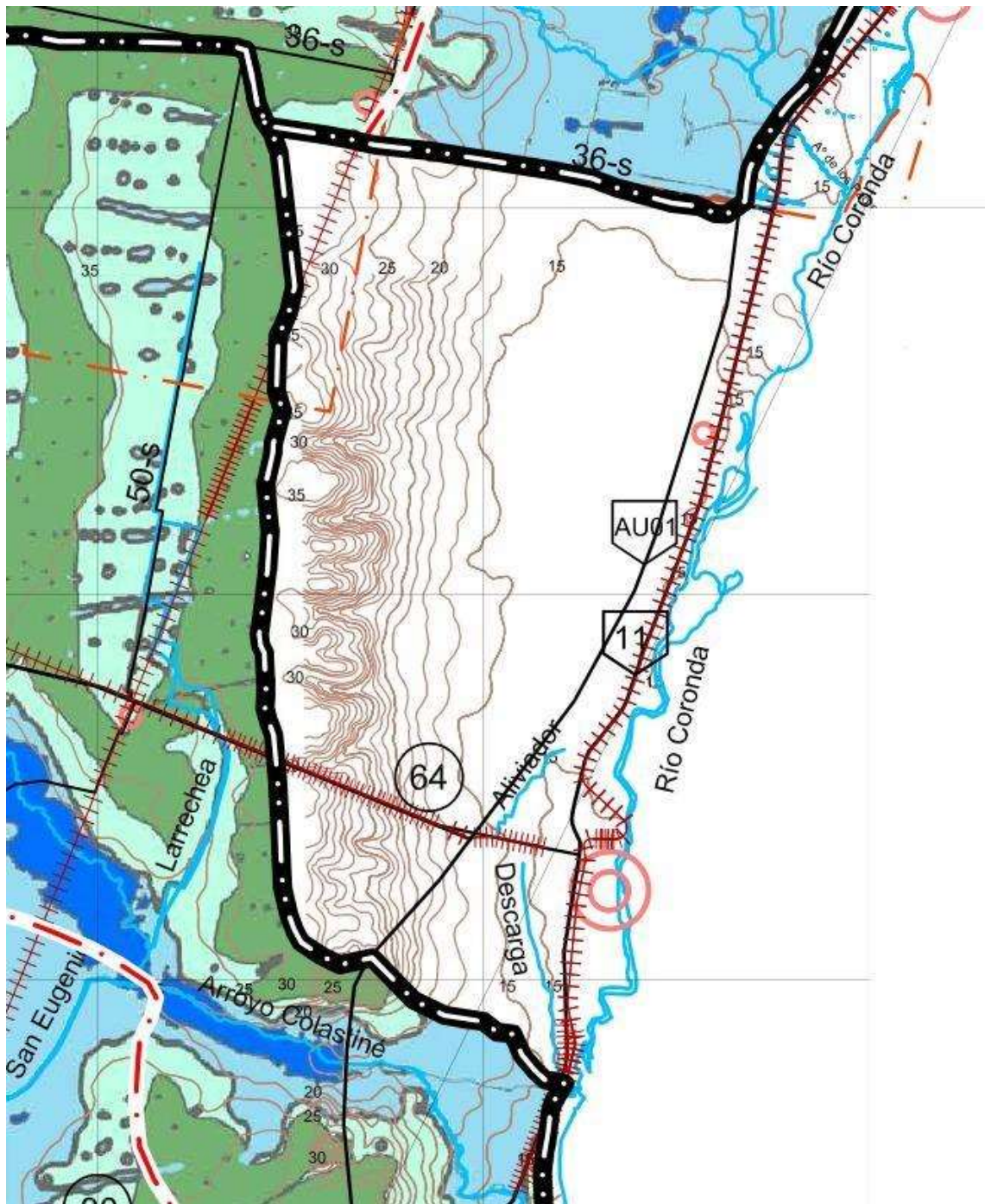


Figura 1. Vista del plano de curvas de nivel general de la zona de estudio.  
Plan Director Región IV.





Figura 3. Vista general de la zona de estudio. Imagen extraída del Google Earth (enero 2024).

#### **IV. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

La caracterización del área de estudio en una modelación hidrológica es fundamental para comprender y representar adecuadamente los procesos hidrológicos que ocurren en esa región. En tanto para la modelación hidráulica se requiere además incluir un conocimiento acabado del diseño y dimensionamiento de la infraestructura existente de modo de poder definir adecuadamente el comportamiento del flujo en la situación actual.

En resumen, se requiere comprender cómo se distribuye y se mueve el agua en el área de interés, incluyendo su comportamiento en diferentes condiciones hidrológicas, topográficas y de infraestructura existente, para poder reflejar del mejor modo posible ese comportamiento en la modelación.

Por este motivo, para la modelación hidrológica e hidráulica se requiere identificar la dinámica hídrica superficial y la resultante del sistema de desagües, las que indefectiblemente trabajan combinadas antes un episodio de lluvia. En base a estas dinámicas se han delimitado las cuencas incluyendo también en el análisis la infraestructura que ocasiona un obstáculo al escurrimiento como son las rutas y vías férreas.

La información cartográfica básica disponible fue volcada en una base digital de toda el área de estudio, junto con cartografía temática desarrollada en el presente trabajo, la cual será entregada a la Municipalidad para su utilización y servirá como información de base para las siguientes etapas del Plan Director.

Teniendo en cuenta que la información topográfica, básicamente de cotas de esquinas, provenía de diferentes fuentes de información, con distintos planos de referencia, y que además había lagunas de información planialtimétrica, la FICH realizó una nivelación específica de cotas de esquinas y en puntos de cambios significativos de pendientes entre esquinas, o en sitios identificados como de estancamiento de las aguas, referidas todas ellas al plano de referencia del IGN (Instituto Geográfico Nacional) y teniendo como base el manzanero del SCIT.

Se recuerda la necesidad de contar con información espacial de las coordenadas "x,y,z", confiable y verificada, la cual será requerida para el dimensionamiento a nivel de proyecto.

##### **IV.1. Características de los suelos**

El horizonte superior tiene una textura franca y franca-limosa. Los sectores bajos son suelos más finos, con dificultad de drenaje. El área se caracteriza por presentar un orden de suelo de tipo Molisol, suelos superficiales a moderadamente profundos, con epipedón mólico, desarrollados de materiales volcánicos y sedimentarios; tienen horizontes superficiales oscurecidos, estructurados en gránulos bien desarrollados de consistencia friable.

##### **IV.2. Morfología**

Desde el punto de vista morfológico del relieve, el área presenta una conformación propia de un "paleo albardón" formado por los desbordes del sistema Paraná y afluentes, que le confiere una superficie con pendiente predominante de oeste a este hacia el valle de inundación del río Paraná,

con geoformas de lomas y bajos, que mediante un reconocimiento “in situ” y el análisis de las curvas de nivel se puede apreciar que dicho albardón presenta una cresta topográfica en forma de longitudinal paralela a la costa.

Los escurrimientos que se producen por las características de este relieve, se orientan principalmente al este, sin presentar la conformación de cuencas definidas, condición que actualmente se cumple en la traza urbana con la interposición de infraestructura vial y ferroviaria.

### **IV.3 Dinámica Hídrica Superficial**

La zona en análisis en general posee una pendiente oeste – este desde la localidad de Larrechea hasta la costa del río Coronda, lo que facilita la descarga de los excesos hídricos. Según las cartas topográficas del IGN mencionadas en los antecedentes (punto II), la cuenca en la que se emplaza la localidad de Coronda, de un área del orden de 10.000 hectáreas, tiene en principio su límite norte a la altura del Barrio El Paraíso, en límite oeste en la localidad Larrechea, límite sur el A° Segundo Coronda y el límite este coincide con el río Coronda (Figura 4).

La topografía del sector presenta pendientes más pronunciadas en el sector oeste y más planas en el sector centro este, presentándose en el sector centro un canal de descarga (Macro desagüe), con sentido norte sur, donde anteriormente era una cañada que conformaba el A° Primero Coronda. En este sector se realizó un canal de gran envergadura, el cual traslada aportes desde el lado oeste a partir de la intersección de la Autopista AP01 (Santa Fe Rosario) y la RP64, transitando la cañada hasta desembocar en el río Coronda, al norte del A° Segundo Coronda.

Con respecto a la zona del casco urbano de Coronda, el mismo posee la particularidad de ser atravesado por la RP 64, el Ferrocarril Belgrano (FFCC) y la RN11, las cuales son barreras físicas para el libre escurrimiento de los excesos hídricos, que solo pueden ser franqueadas en los lugares donde se ubiquen alcantarillas o pasos de agua.

Si bien no existe un relevamiento topográfico completo de la zona, se han identificado sectores de almacenamiento de los excesos hídricos ante lluvias copiosas, los que, dependiendo de la ubicación de las obras de arte existentes, podrán o no ser fácilmente evacuados. El tiempo en que esa evacuación ocurra dependerá del monto de la precipitación, su intensidad y el estado del sistema de drenaje pluvial.

En el presente estudio se considera que los canales y vías de evacuación de excedentes pluviales provenientes de la cuenca exterior del casco urbano y periurbano de Coronda no afectan a la localidad. Pero en eventos extremos, con lluvias que aborden gran parte de la cuenca, pueden generar dificultades de drenaje de los barrios colindantes y anegamientos temporales.

La definición de la Dinámica Hídrica Superficial responde en un principio a la escorrentía natural, en general escasa por las características arenosas del suelo, sobre todo en el sector suburbano, que hasta hace poco, disimulaba los efectos de interferencia de la ruta 11 y las vías férreas. Pero la intensa urbanización que se ha dado en la zona oeste, con el desarrollo de la red de calles internas han acelerado el escurrimiento, y también han trasvasado algunas divisorias de subcuencas que por su fragilidad topográfica son superadas por el ante la falta de mantenimiento de los mismos; situación que se ha acelerado por la creciente impermeabilización de sus terrenos por construcciones.

Podemos observar en la zona periférica la combinación de cauces naturales y canales artificiales que propenden conducir los aportes de aguas arriba hacia la desembocadura en el Río Coronda y que constituyen parte de la dinámica Hídrica y sistema de evacuación de excedentes pluviales.

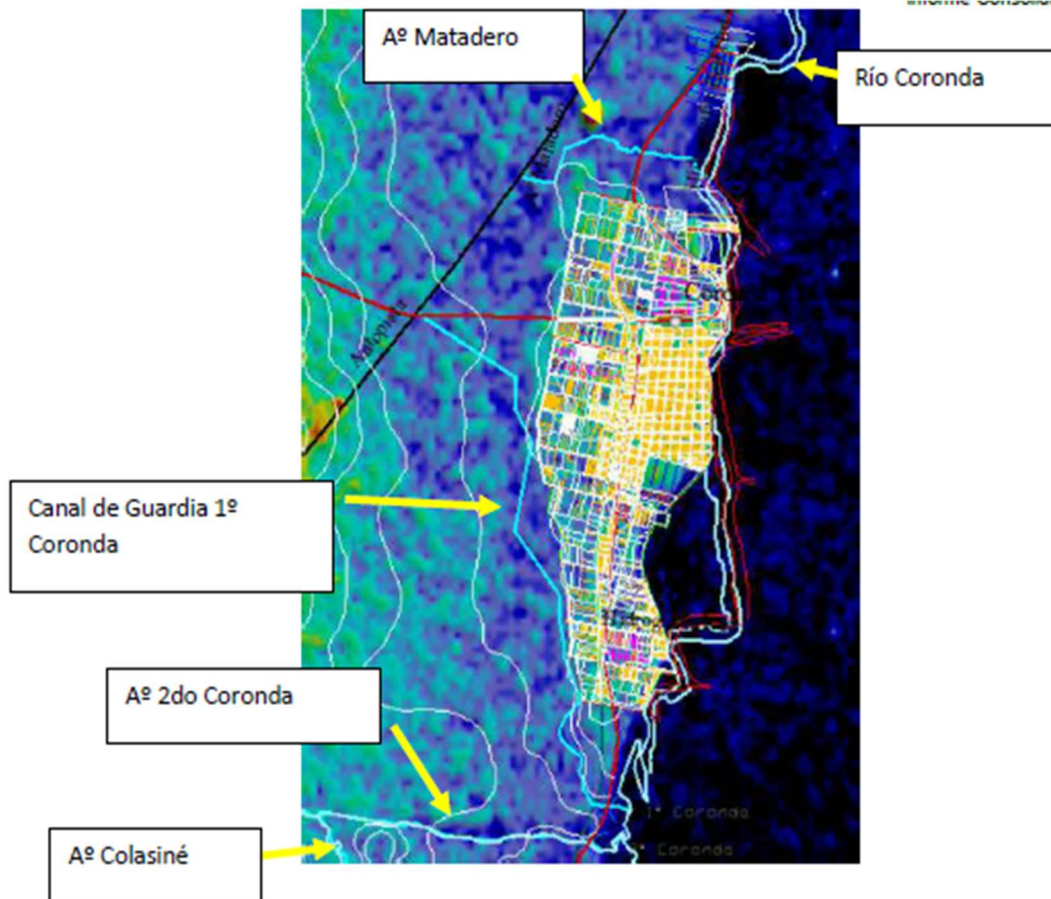


Figura 4: Cursos de aguas principales de la zona.

#### IV.4. Vías de concentración y escurrimiento del agua superficial

Para identificar las vías de concentración de las aguas superficiales se tomó como base el Plano de Desagües, ya que contaba con cotas de esquinas. No obstante, dado que este plano carecía de georreferenciación, se realizaron ajustes utilizando el manzanero del SCIT como referencia. Aunque se realizó un proceso minucioso, en ciertos sectores la información resultó ser incompleta y requerirá de verificación in situ mediante trabajos de campo.

En el mismo se materializaron la dirección de los escurrimientos superficiales en las cunetas de las calzadas a nivel de cuencas, identificándose además de las líneas de escurrimientos, puntos de concentración, divisorias y puntos bajos. Dicha información está volcada en un SIG, y fue verificada parcialmente durante visitas efectuadas al lugar.

Se destaca que una escasa diferencia de nivel constituye una desventaja al momento de considerar un dato erróneo como verdadero, ya que modifica el sentido de escurrimiento del agua.

#### IV.5. Infraestructura

La infraestructura que más condiciona el escurrimiento de las aguas superficiales a modo de barreras las podemos centralizar en las vías de comunicación que existen tanto nacionales como provinciales como la RN11 la provincial RP64 y la autopista Santa Fe Rosario AP01.

A estas se les suma las vías del Ferrocarril Belgrano que generan diferentes recintos y que dependen de las alcantarillas existentes y de la ocupación reciente de sectores que originalmente constituían el drenaje de las mismas (Figura 5).

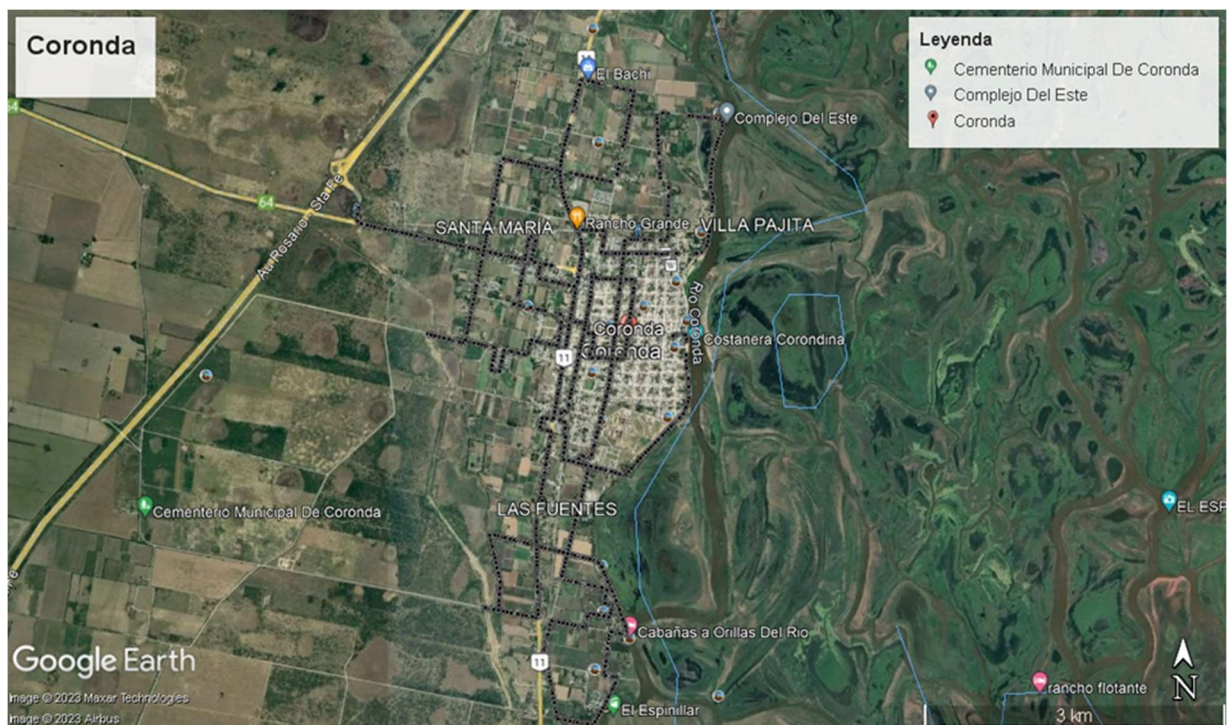


Figura 5. Infraestructura existente

A esta infraestructura hay que sumarle los tendidos de servicios como Agua Potable, Cloacas y Gas que van a jugar un papel importante en las definiciones de trazas de desagües y las consideraciones para los proyectos futuros, ya que los mismos se consideran una interferencia subterránea al momento de diseñar nuevas trazas.

#### IV.6. Conductos existentes

En la cuenca de aportes existen diversos conductos pluviales cuya ubicación y características se detallan a continuación (Figura 6):

- **Colector sobre calle General López:**



Captación en la intersección de calles Arocena y General López hasta la desembocar en el río Coronda.

Conductos de H°A° de sección circular (2 X 1,00 m diámetro), con una longitud aproximada de 850 m.

En su intersección con calle Güemes, se conecta con otro tubo colector con diámetro de 0,50 m y longitud de 260 m aproximadamente. En su intersección con calle Arocena, se conecta con un desagüe a cielo abierto que rodea las vías del ferrocarril desde 25 de Mayo hasta General López. Este, a su vez, se conecta con otro tubo colector que continúa por calle General López hacia el oeste y se prolonga hacia el norte a un lado de la ruta nacional 11, es de hormigón y posee un diámetro de 0,50 m.

- **Colector sobre calle 25 de Mayo:**

Captación en la intersección de calles Güemes y 25 de Mayo hasta desembocar en el río Coronda.

Conducto de sección circular de 1,00 m de diámetro y aproximadamente 850 m de longitud, realizado en H°A°.

En las intersecciones con calle Belgrano, calle Alberdi y calle Juan de Garay hacia el sur, se empalma con 3 conductos colectores de 0,50 m de diámetro y 1,00 m de longitud aproximadamente.

- **Colector sobre calle Moreno:**

Captación en la intersección de calles Moreno y Belgrano (Cota:13,69 m) hasta desembocar en el río Coronda (Cota:11,47 m).

Conducto de sección circular. Entre calle Belgrano y Juan de Garay tiene un diámetro de 1,00 m y desde Juan de Garay hasta la desembocadura con el río Coronda un diámetro de 1,30 m. Su longitud total es de aproximadamente 750 m.

El material es PEAD (Polietileno de alta densidad). Según lo indicado en el pliego de la licitación pública para contratar la obra desagües pluviales calle Moreno. A dicho conducto, se le empalma el conducto ubicado sobre calle Belgrano entre San Jerónimo y Moreno, el cual tiene un diámetro de 0,50 m y una longitud de aproximadamente 85 m.

- **Colector sobre calle Mitre:**

Captación en la intersección de calles Mitre y Alberdi, hasta desembocar en el río Coronda.

Conducto de sección circular, realizado en H°A° de 1,00 m de diámetro y una longitud aproximada de 650 m.

A dicho conducto, se le empalma un tubo colector de 0,50 m de diámetro que parte de la intersección de las calles San Jerónimo y Güemes hasta encontrarse con el colector principal en la intersección de calles Mitre y Alberdi. Al cual se le empalma un conducto de 0,30 m de diámetro y 75 m de longitud, el cual desemboca en un canal a cielo abierto.

- **Colector sobre calle Concejal Gagliano:**

Captación en la intersección de calles Bvar. N Oroño y Concejal Gagliano, hasta desembocar en el río Coronda.





Conducto de sección circular, realizado en H°A° de 1,00 m de diámetro y longitud aproximada de 650 m.

A dicho colector se le empalma un conducto de 0,80 m de diámetro y 370 m de longitud aproximadamente. El cual tiene su captación en la intersección de calles Cervantes y Belgrano. A este último se le conecta un conducto de 0,50 m de diámetro y 155 m de longitud que se encuentra sobre calle Cervantes.

A su vez, existen dos conductos de 0,50 m de diámetro sobre calle Belgrano (al sur) que se conectan con el colector principal de calle Cjal Gagliano.

Por otra parte, el colector principal, está conectado al Canal a cielo abierto ubicado a metros de la RN N°11. Este tiene su captación en la intersección de calle Roque S. Peña y la RN N°11 y se empalma con el colector de calle Gagliano en la intersección con Bvar. N. Oroño.

En los tramos que se carecía de información, las longitudes de los conductos antes mencionados fueron estimada por medio de Google Maps y representan una medida aproximada.

La municipalidad suministró la planimetría con la traza del conducto principal de calle Moreno, el detalle de cada una de las cámaras para el tramo comprendido entre calle Belgrano y descarga en el río Coronda. El relevamiento de cada una de las cámaras fue suministrado en croquis (planta y corte), describiendo características de los conductos, dimensiones de tubos de llegada y salida, profundidad de tapada y estado general de la obra.

Igual información se cuenta para el ramal San Justo, con los perfiles de la cuneta sur, de la calle San Justo y del proyecto, ubicación planimétrica del desagüe San Justo y el desagüe a cielo abierto en calle Lamberto Lafuente.

Asimismo se destaca la imposibilidad de despejar todas las dudas existentes, debido a que en determinados sectores no existen cámaras o las mismas se encuentran bajo pavimentaciones posteriores a la realización de los conductos, que impiden el acceso a los mismos.

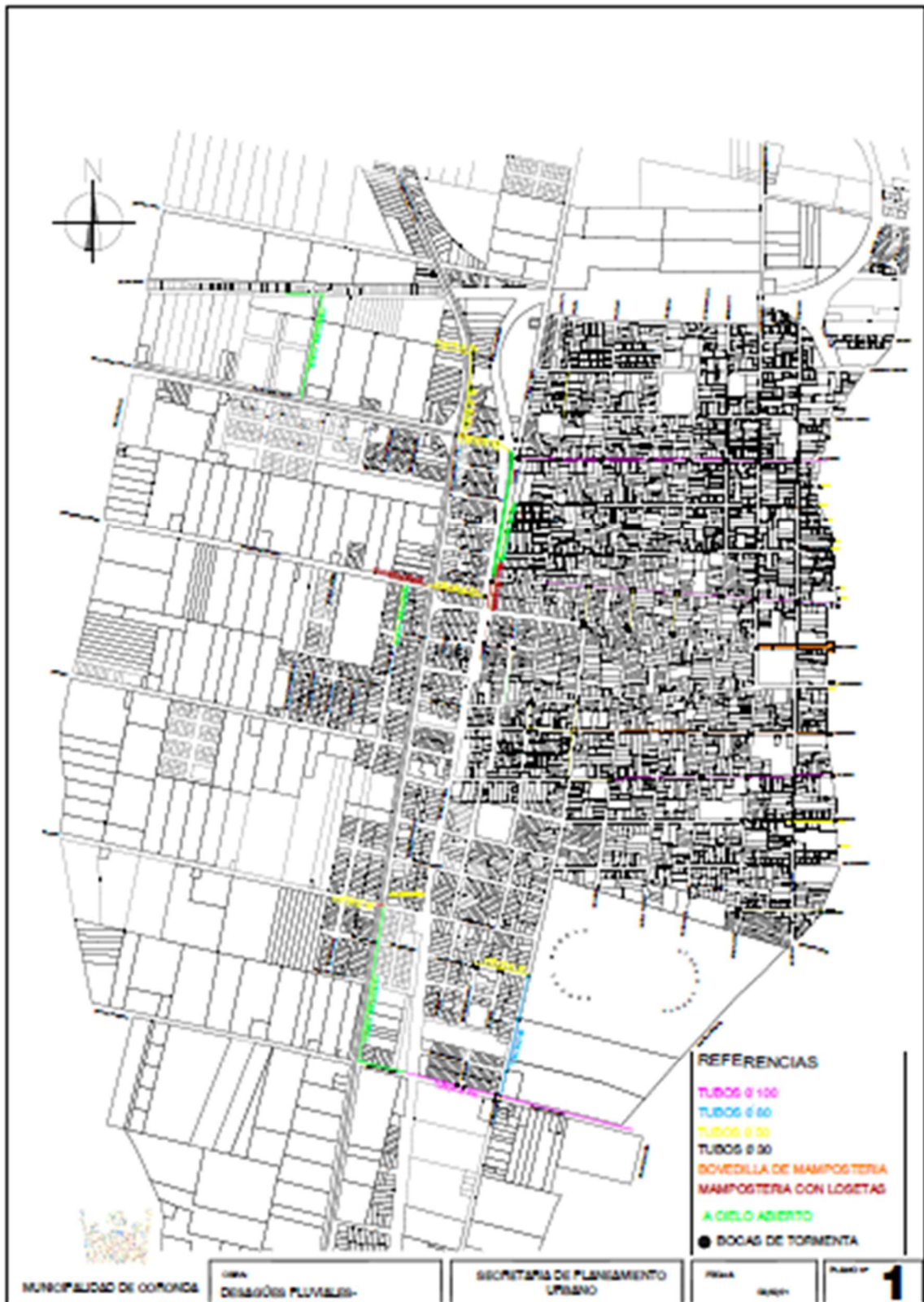


Figura 6. Plano de desagües. Fuente: Municipalidad de Coronda.



#### IV.7. Ocupación del Suelo

Para describir la ocupación de suelo en el área de estudio se toma lo indicado en el “CÓDIGO URBANO de la Ciudad de Coronda” en vigencia y suministrado por la Municipalidad, del cual se transcriben las 4 zonas definidas.:

1. Zona urbana: Ocupa la zona centro, incluyendo el Instituto Correccional y el polígono ubicado al Noreste conformado por la costa, el ferrocarril, calle Saavedra y Paraná.
2. Zona suburbana: Ocupa las Zonas Norte, Oeste y Sur.
3. Nuevos núcleos urbanos: al Norte Barrio Punta del Este y Toma de Agua, al Sur nuevos barrios a lo largo de la costa.
4. Zona rural: toda la que no comprenden las anteriores.

El código no ha incluido otras nuevas urbanizaciones.

En la Figura 7 se muestran las distintas zonas y el desarrollo de expansiones previstas observándose zonas de urbanización reciente en lugares que a priori presentan dificultades para el manejo de los excedentes pluviales los cuales están más consolidados en la zona central pero que servirá el esquema para definir el grado de impermeabilización actual y futura para evaluar el ordenamiento hídrico.



Figura 7.12: Eje urbano de Coronda. Magenta: Inst. Correccional. Izquierda: Divisiones parcelarias y manzanas. En Verde Zona Norte, en Amarillo Zona Oeste, en Rojo Zona Centro, en Azul Zona Sur. Centro: Los colores más intensos muestran las zonas urbanizadas. Derecha: en cian se presentan los planes de apertura de calles del Municipio.

Figura 7. Zonificación del área urbana según el Código Urbano de la Ciudad de Coronda.



## V. MODELACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA

Para la evaluación, diagnóstico y mapeo del sistema de desagües se realizará una modelación hidrológica hidráulica del distrito implementando el sistema computacional EPA SWMM (Storm Water Management Model) desarrollado por la United States Environmental Protection Agency (EPA).

Una de las principales características de este modelo es que permite simulaciones hidrológicas e hidráulicas; con la ventaja de contar con un módulo que resuelve la ecuación completa de Saint Venant (Onda Dinámica), lo cual permite el diseño de conducciones, reservorios, obras de arte y regulación de manera precisa.

Es un modelo dinámico de gestión de aguas pluviales y se puede utilizar para un único evento o para una simulación continua. Consta de un módulo hidrológico, para la transformación de precipitación en escorrentía a nivel de áreas de aportes, y un módulo hidráulico en el que representa las condiciones del flujo en redes de conductos y canales, dispositivos de almacenamiento/tratamiento, bombas y reguladores.

El SWMM representa el comportamiento de un sistema de drenaje mediante una serie de flujos de agua y materia entre los principales módulos que lo componen, registrando la cantidad y calidad de la escorrentía generada en cada subcuenca, así como el caudal, la profundidad y la calidad del agua en cada tubería y canal.

El módulo hidráulico requiere de los nodos de conexión, los cuales son puntos del sistema de drenaje donde se conectan diferentes ramales entre sí. Físicamente pueden representar la confluencia de canales superficiales naturales, cámaras de registro o elementos de conexión de tuberías. Los aportes externos de caudal entran al sistema a través de las conexiones. El exceso en un nodo se traduce en un flujo parcialmente presurizado mientras las conducciones conectadas se encuentren en carga. Este exceso de agua puede perderse completamente del sistema o por el contrario estancarse en la parte superior para posteriormente volver a entrar de nuevo en la conexión.

Para el desarrollo de la modelación se requiere conformar un esquema topológico a partir de la delimitación de las cuencas, los parámetros hidráulicos que representan las características físicas de las cuencas y del sistema de drenaje, y una tormenta de diseño que cumpla con los criterios de evaluación del diseño y dimensionamiento ya sea actual o de escenarios futuros.

### V.1. Cuenca de aporte

Para la confección de un Modelo de elevación del Terreno (MDT) dentro del área a analizar (Figura 8) se dispuso de cartas topográficas y modelos digitales de elevación del IGN que no son lo suficientemente precisos para la delimitación de las subcuencas urbanas. Por lo que se realizó un relevamiento topográfico complementario por parte de la FICH y una recorrida a pie que permitió, de manera cualitativa, la visualización de direcciones predominantes, estructuras existentes y lugares que presenten inconvenientes o acumulaciones en eventos pluviales, las cuales se vieron reflejadas en el plano de vías de concentración y escurrimientos de aguas superficiales.

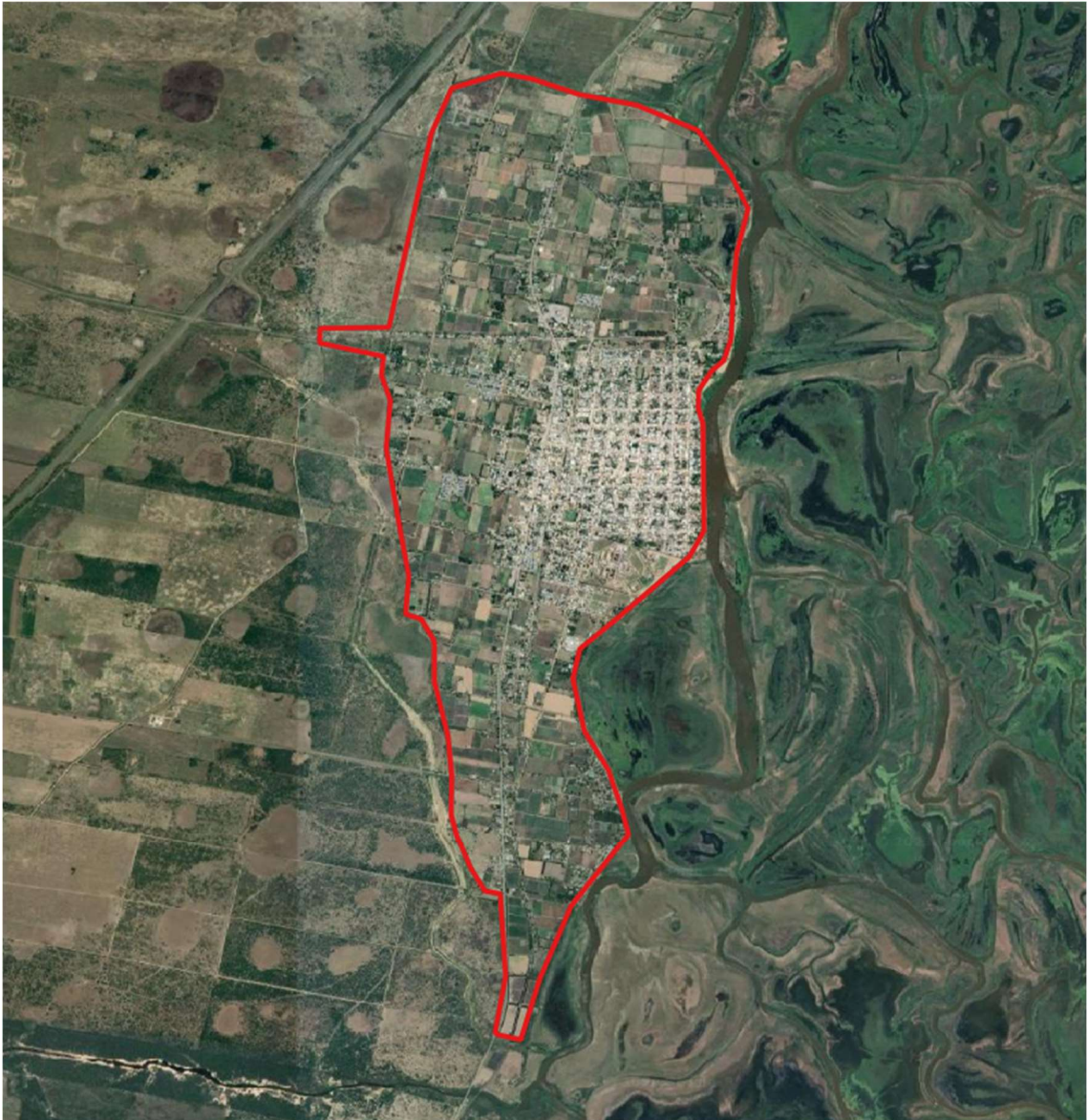


Figura 8. Vista general del área de análisis para la delimitación de las cuencas

La Figura 9 esquematiza la cuenca de estudio, en la misma, en total se trazaron 8 cuencas que a su vez se subdividieron en subcuencas menores. Las cuencas Oeste y Matadero fueron obtenidas de estudios antecedentes, ya que no se disponía de información de cotas en esos sectores (Plano N°1).

La cuenca de aportes modelada tiene una superficie de 560 has. y descarga al río Coronda a través de varias secciones. Colecta los aportes propios, y no recibe aportes externos.

A continuación, se detallan el nombre de las mismas junto con su nomenclatura:

1. Subcuenca La Toma (lt)
2. Subcuenca Matadero (ma)

3. Subcuenca Oeste (o)
4. Subcuenca General López (gl)
5. Subcuenca 25 de Mayo (25m)
6. Subcuenca calle Moreno (mo)
7. Subcuenca calle Mitre (mi)
8. Subcuenca Héctor López (hl)

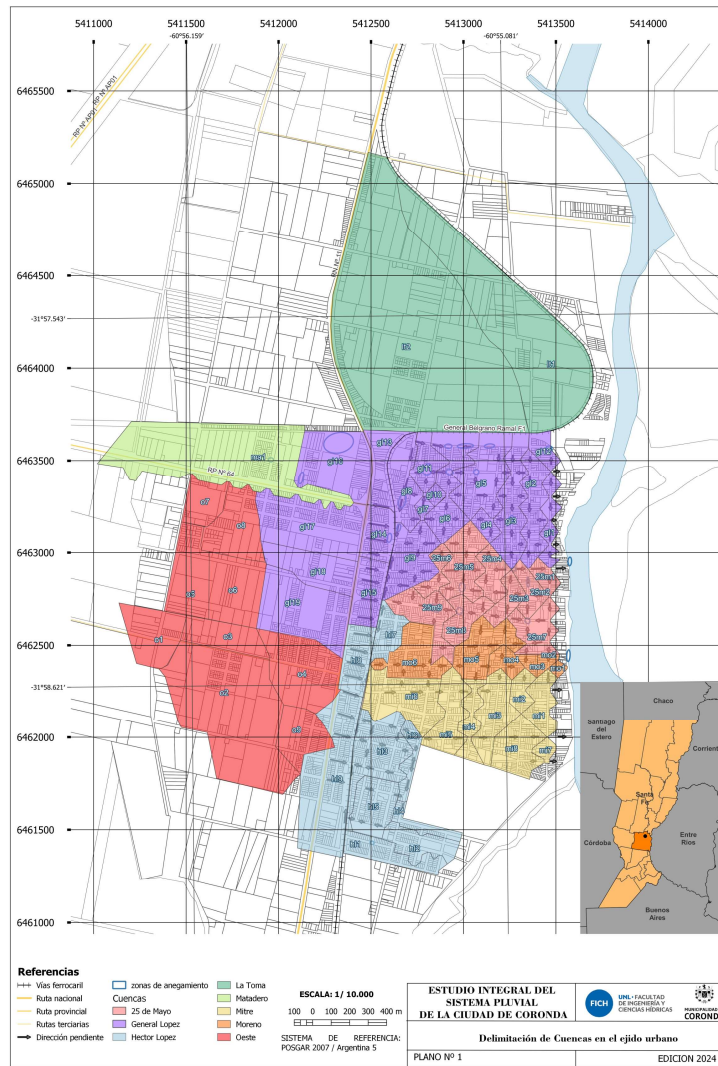


Figura 9. Delimitación de las cuencas y subcuencas dentro del área de estudio.

## V.2. Esquema topológico

El esquema topológico con la desagregación de subcuencas y parámetros hidrológicos se presenta en la Figura 10.



Figura 10. Esquema topológico de modelación cuencas Coronda.

Para la conformación del esquema topológico, se toman en cuenta la pendiente del terreno superficial (dirección de escurrimiento superficial), y los sitios adonde ese agua ingresará al sistema de desagües pluvial. En el modelo se denomina **Nodo** al punto donde están ubicadas esas bocas de tormentas de ingreso del agua. Por su parte los tramos de conexión entre nodos se denominan **Link**, y la dirección de escurrimientos que estos tendrán dependerá de las cotas en

que se encuentren los nodos del inicio y fin de cada tramo. Si un nodo contiene el inicio o fin de varios tramos se requiere una cámara de inspección y por lo tanto conocer las cotas en que se encuentra cada singularidad.

Se delimitaron un total de 68 subcuencas que totalizan una superficie de 5.62 km<sup>2</sup> que aportan hacia el sector este donde se encuentran las secciones de control que descargan en el río.

Se realizó un estudio exhaustivo de las distintas imágenes de satélites, donde no se pudo visualizar aportes de agua externos, tanto desde la cañada Malaquías como del río Coronda

Asimismo, el esquema de los conductos existentes y su respectiva denominación de los tramos y nodos utilizados en la modelación, se presenta en el Plano N° 2.

### V.3. Tormentas de diseño

La determinación de Tormentas de Diseño correspondientes a diferentes recurrencias “TR” con destino a la verificación de obras hidráulicas u obras de paso de cursos de agua depende, fundamentalmente, de la información disponible y del objetivo de la modelación.

En este estudio se pretende tener un diagnóstico de funcionamiento del sistema pluvial en conjunto con la dinámica hídrica de la zona periférica, por lo tanto teniendo en cuenta las características de la cuenca, de las lluvias que se producen, la existencia de conductos construidos, sobre todo en la zona urbana, y los daños esperables en caso de superación de la red de desagüe, se adoptó como criterio de diseño, que la red principal funcione a gravedad para 5 años de recurrencia.

Para la construcción de las Tormentas de Diseño se utilizaron las curvas IDF del Centro de Informaciones Meteorológicas (CIM) perteneciente a la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas de la Universidad Nacional del Litoral (FICH-UNL), actualizadas para el periodo 1986-2016.

Se conformaron tormentas para una duración de 120 minutos, con paso de tiempo de 5 minutos, y para recurrencias de 2 y 5 años (Tabla 1). Dado la extensión de la cuenca, no se aplicó ningún coeficiente de abatimiento areal, adoptando una distribución espacial uniforme de las precipitaciones.

Tabla 1. Precipitaciones para recurrencias de 2 y 5 años.

TR (años)	Precip. (mm)
2	66.4
5	73.4

A la precipitación total, para la duración establecida, obtenida de las curvas I-D-F, se le asignó una distribución temporal mediante la aplicación del método de bloques alternos. El pico de la tormenta se consideró ubicado a la mitad de la duración de la misma:  $tp/td = 0.5$ .

Además, se consideró una tormenta con una precipitación total de 250 mm, distribuida en la misma forma que las tormentas sintéticas anteriormente explicadas, en sintonía con la reciente tormenta



del día 13 de diciembre de 2023, que ocasionó problemas de anegamientos en algunas áreas de la zona de estudio. ([https://www.ellitoral.com/regionales/tormenta-coronda-lluvia-consecuencias-temporal-arboles-caidos-voladura-techo\\_0\\_NX3g747loJ.html](https://www.ellitoral.com/regionales/tormenta-coronda-lluvia-consecuencias-temporal-arboles-caidos-voladura-techo_0_NX3g747loJ.html)).

Los respectivos valores de intensidades y precipitación desagregada, se presentan en la Figura 11 adjunta.

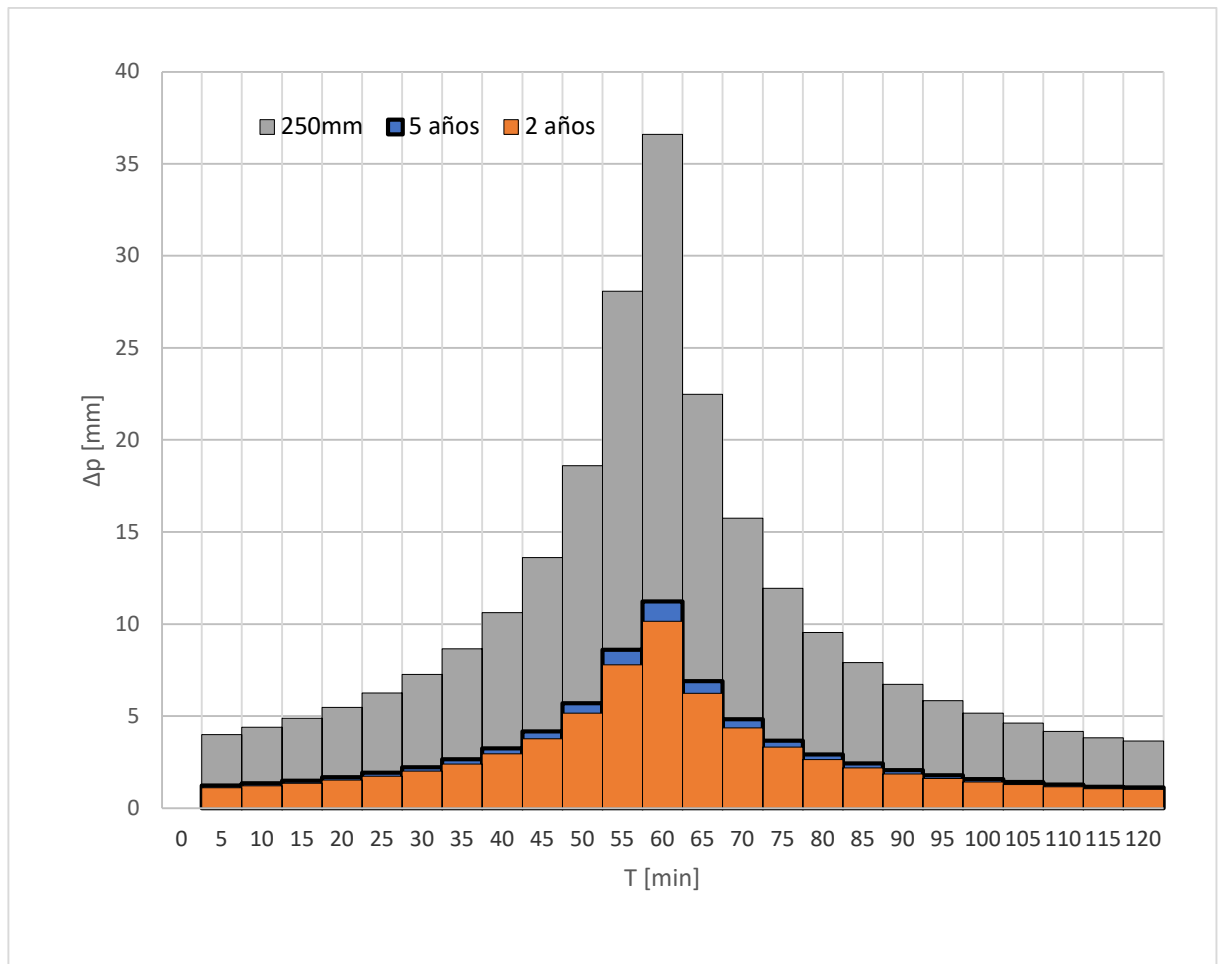


Figura 11. Hietograma de 2 y 5 años de recurrencia y 2 horas de duración.

#### V.4. Parámetros para la modelación

Los parámetros hidrológicos para la modelación son obtenidos de la delimitación de las subcuencas de aportes, entre ellos, las áreas, los tiempos de concentración, el porcentaje de impermeabilidad, la pendiente y el esquema topológico que representa la dinámica hídrica.

Una síntesis de los mismos se presenta a continuación en la Tabla 2:


**Tabla 2. Características de los parámetros de modelación para cada subcuenca**

Name	Outlet	Area	%Imperv	Width	%Slope
o6	60	10.34	50	270	0.25
25m1	31	1.77	85	100	0.16
25m2	32	2.95	85	100	0.16
25m3	33	2.93	85	100	0.16
25m4	34	3.57	85	120	0.16
25m5	36	7.19	85	230	0.16
25m6	37	2.38	85	130	0.16
25m8	35	4.16	85	120	0.16
25m9	38	6.56	85	260	0.16
25m7	30	5.16	85	135	0.16
gl1	41	3.06	85	90	0.2
gl10	74	0.82	85	100	0.2
gl11	73	3.8	85	130	0.2
gl12	85	2.14	85	100	0.2
gl13	49	5.23	85	140	0.2
gl14	50	4.69	85	270	0.2
gl15	50	5.7	85	346	0.2
gl16	57	12.9	50	360	0.2
gl17	55	15.62	50	290	0.2
gl18	52	8.17	50	170	0.2
gl19	51	15.18	50	280	0.2
gl2	42	6.6	85	100	0.2
gl3	43	8.56	85	150	0.2
gl4	44	1.54	85	100	0.2
gl5	54	10.08	85	230	0.2
gl6	46	8.67	85	200	0.2
gl7	47	0.75	85	100	0.2
gl8	48	6.6	85	120	0.2
gl9	50	8.17	85	120	0.2
hl1	1	5.24	70	500	0.014
hl2	2	5.06	70	90	0.014
hl3	8	10.52	70	300	0.014
hl4	3	2.36	70	40	0.014
hl5	5	6.6	70	200	0.014
hl6	4	2.7	70	50	0.014
hl7	19	3.77	70	280	0.014
hl8	8	5.3	85	3.8	0.014
hl9	7	19.67	70	8.5	0.014
lt1	82	43.06	50	1100	0.014
lt2	83	92.64	50	900	0.014
ma1	77	34.56	50	100	0.1
mi1	13	4.12	70	120	0.04
mi2	14	2.18	70	80	0.04
mi3	15	7.03	70	170	0.04
mi4	16	3.58	70	80	0.04
mi5	17	6.6	70	170	0.04
mi6	18	10.3	70	400	0.04
mi7	10	1.07	70	115	0.04
mi8	11	6.64	70	260	0.04
mo1	20	0.54	85	80	0.04
mo2	21	0.87	85	75	0.04
mo3	22	0.87	85	75	0.04
mo4	23	2.2	85	190	0.04
mo5	24	7.13	85	180	0.04
mo6	25	7.32	85	232	0.04
o1	63	8.42	50	380	0.25
o2	70	36.9	50	400	0.25
o3	61	6.37	50	490	0.25
o4	64	13.63	50	250	0.25
o5	59	9.24	50	230	0.25
o7	59	4.83	50	210	0.25
o8	55	9.32	50	320	0.25
o9	67	6.73	50	230	0.25



En relación al parámetro de rugosidad del “n” de Manning que se requiere para representar la característica de los suelos y condicionar el escurrimiento superficial y de los canales, se adopta un valor de 0.01 para las superficies impermeables, de 0.1 para las superficies permeables y de 0.03 y 0.015 para los desagües excavados en terreno natural y de hormigón armado respectivamente.

#### **V.5. Cálculo de pérdidas**

Para todas las subcuencas, es decir las del sector consolidado y el resto del distrito, los suelos corresponden al Grupo B según la clasificación del Método de Curva Numero (CN) del Servicio de Conservación de Suelos de EE.UU. (SCS).

La zona céntrica se caracteriza por ser completamente urbana, con un alto grado de ocupación de su territorio que disminuye progresivamente hacia la periferia. En consecuencia, los porcentajes de impermeabilización establecidos para la zona centro son del 90% (zona amarilla), mientras que conforme nos alejamos de esta área, disminuyen al 70% (zona rosa), y para la zona suburbana, se establece una impermeabilidad del 30% (ver Figura 12).

Con este criterio, se adopta un CN de 90 en la zona amarilla, un CN de 80 en la zona rosa y un CN de 70 para el resto de las áreas.



Figura 12. Zonificación a priori en base a impermeabilidades estimadas.

## VI. RESULTADOS

En base al esquema topológico presentado y las características del sistema físico se realizaron las simulaciones.

Se modelaron 3 escenarios, las tormentas de diseño de recurrencia 2 y 5 años, más el evento sintético de 250 mm de precipitación total, Las Figuras 13, 14 y 15 muestran los resultados obtenidos.

Los nodos azules representan la condición más favorable en cuanto a volumen en superficie, con valores máximos de 0.25 millones de litros. Los conductos que mejor condición de escurrimiento presentan son los de color turquesa con valores entre 0.20 y 0.40 m. La condición de volumen y escurrimiento crítica se alcanza para todos los casos con el color rojo.

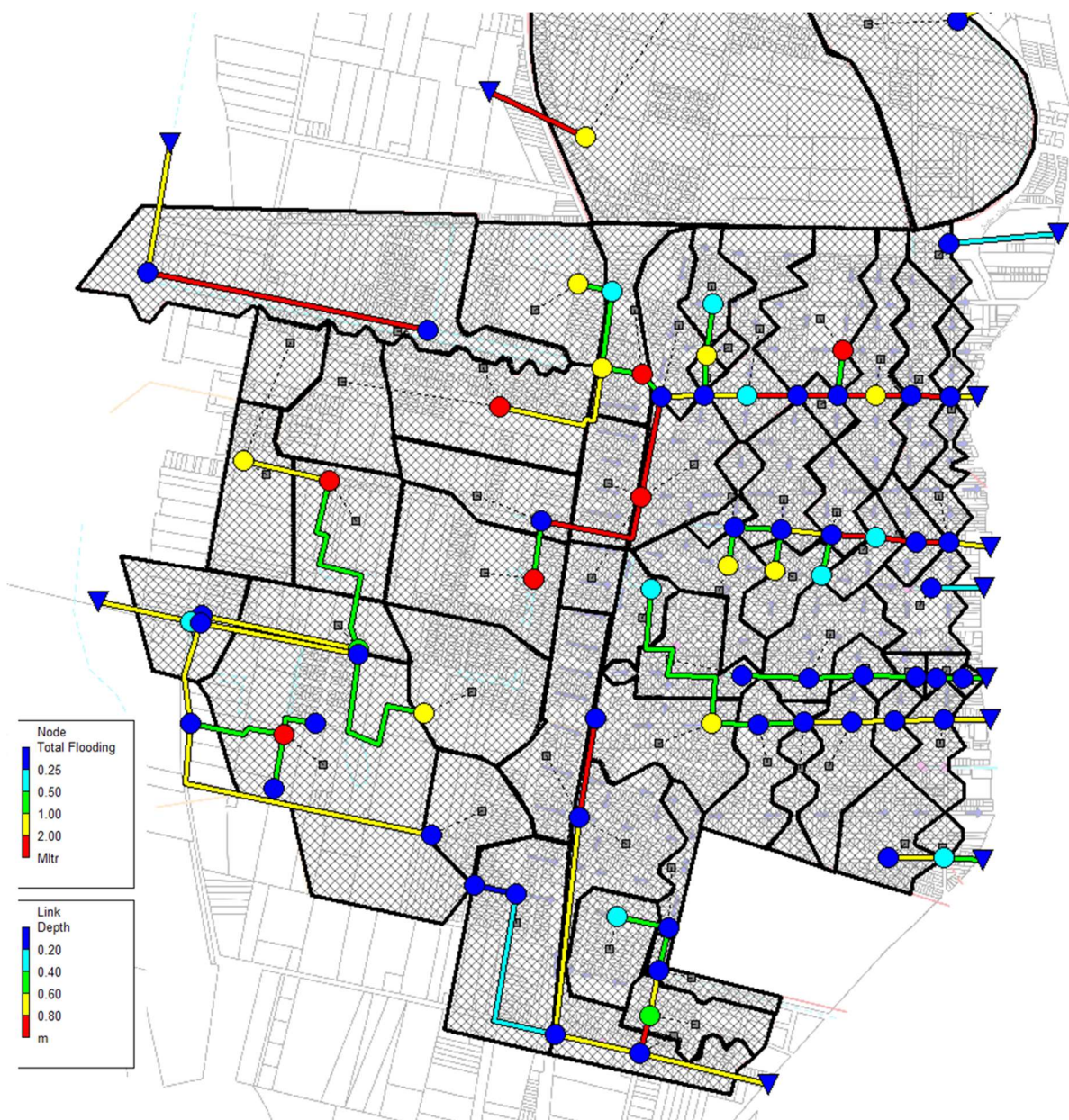


Figura 13. Resultados simulación SWMM. Tormenta de 2 años de recurrencia.

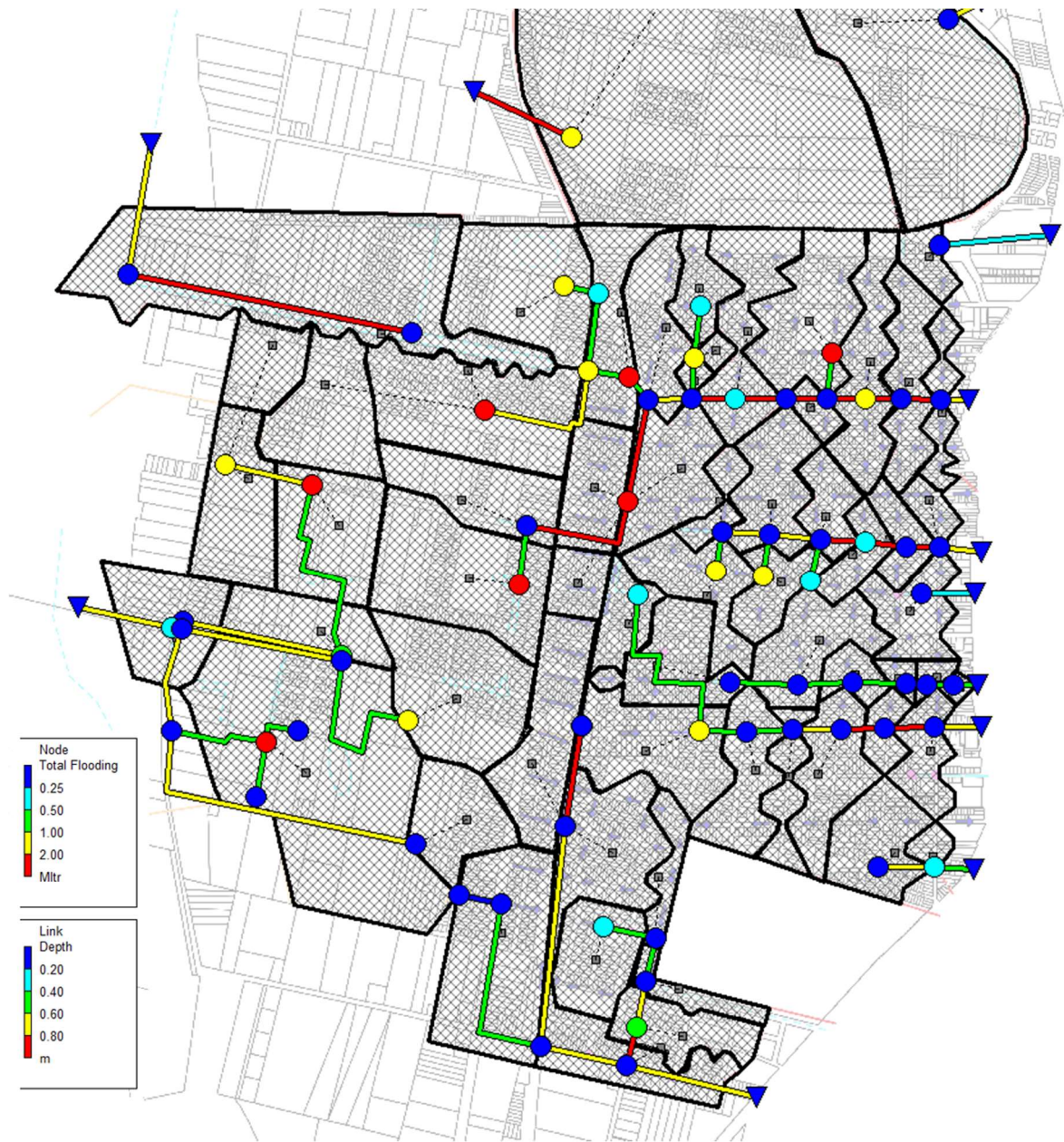


Figura 14. Resultados simulación SWMM. Tormenta de 5 años de recurrencia

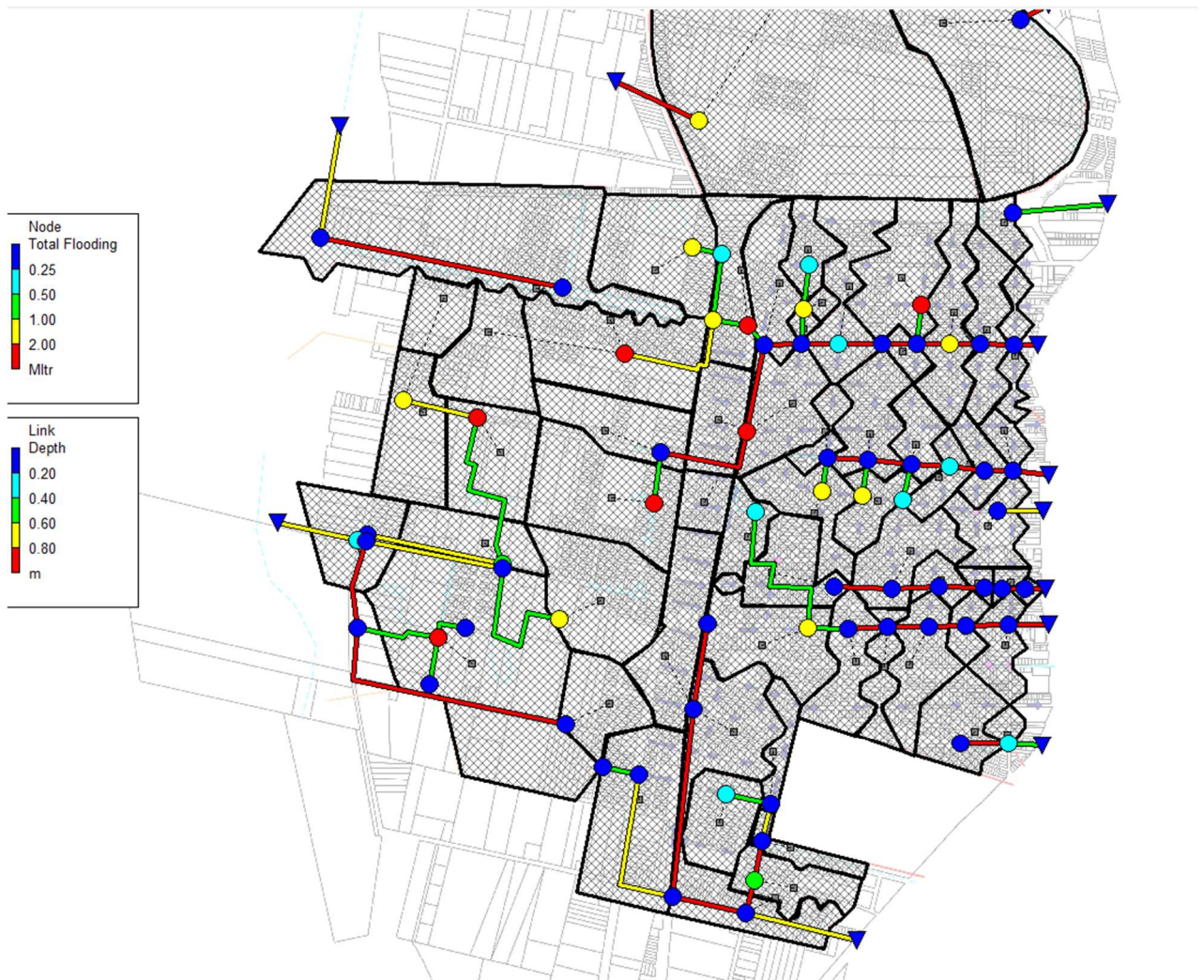


Figura 15. Resultados simulación SWMM. Tormenta sintética con precipitación total de 250 mm.

Como se observa en las Figuras 13, 14 y 15, las modelaciones realizadas, permiten identificar los sectores donde se presentan conductos insuficientes y por ello la capacidad de conducción de los desagües existentes se ven superadas por las exigencias del sistema, produciéndose desbordes hacia la superficie del sistema pluvial. En este sentido se destaca que se presentan nodos y tramos en color rojo para la menor de las tormentas simuladas (TR 2 años).

En la Tabla 3 se presentan los caudales pico para cada escenario en los nodos del modelo matemático. Los nodos con mayores caudales son: Nodo 53, Nodo 83, Nodo 70 y Nodo 82, cuyas ubicaciones se pueden apreciar en la Figura 16. No obstante hay que considerar que ante la falta de información, la representación de las subcuencas que aportan a los nodos 80 y 82, debe ser revisada.


 Tabla 3. Caudales Máximos (m<sup>3</sup>/s) para los tres escenarios simulados

Nodo	Caudal máximo (m <sup>3</sup> /s)		
	TR 2 años	TR 5 años	PT: 250 mm
1	1.010	1.033	2.770
2	0.554	0.605	1.632
3	0.357	0.380	1.037
4	0.273	0.281	0.611
5	0.334	0.382	1.841
6	0.002	0.003	0.104
7	0.043	0.051	0.365
8	0.532	0.639	2.954
9	0.099	0.112	0.165
10	0.613	0.673	1.629
11	0.468	0.532	2.386
13	1.441	1.459	2.475
14	1.282	1.305	1.901
15	1.171	1.311	3.308
16	0.771	0.848	2.206
17	0.571	0.620	2.065
18	0.827	0.927	3.891
19	0.277	0.315	1.402
20	1.437	1.639	3.276
21	1.385	1.580	3.005
22	1.304	1.488	2.797
23	1.224	1.397	3.384
24	1.020	1.167	2.563
25	0.544	0.622	3.106
26	0.466	0.482	0.752
30	0.469	0.533	2.343
31	1.464	1.489	2.070
32	1.330	1.347	2.363
33	1.210	1.248	2.336
34	1.234	1.321	2.645
35	0.517	0.583	2.082
36	1.011	1.085	4.365
37	0.379	0.395	1.262
38	0.681	0.807	3.424
41	2.651	2.672	3.368
42	2.424	2.442	4.468
43	2.512	2.609	5.378
44	2.049	2.078	2.744
45	1.969	1.992	1.986
46	2.162	2.343	5.778
47	1.516	1.575	2.310
48	1.539	1.617	3.712





<b>49</b>	0.827	0.906	2.881
<b>50</b>	2.205	2.486	9.601
<b>51</b>	0.949	1.075	4.418
<b>52</b>	0.490	0.547	2.325
<b>54</b>	1.058	1.183	4.697
<b>55</b>	1.538	1.739	7.276
<b>56</b>	0.425	0.423	0.404
<b>57</b>	0.838	0.946	3.876
<b>58</b>	0.189	0.188	0.148
<b>59</b>	0.955	1.074	4.419
<b>60</b>	0.993	1.080	3.443
<b>61</b>	0.685	0.753	2.659
<b>62</b>	0.302	0.304	0.424
<b>63</b>	1.149	1.295	3.738
<b>64</b>	0.800	0.908	3.867
<b>65</b>	0.147	0.147	0.147
<b>66</b>	0.759	0.775	0.930
<b>67</b>	0.473	0.531	2.193
<b>68</b>	0.443	0.473	0.533
<b>69</b>	0.028	0.023	0.038
<b>70</b>	1.821	2.064	9.193
<b>71</b>	0.032	0.028	0.041
<b>73</b>	0.389	0.443	1.877
<b>74</b>	0.363	0.385	0.841
<b>75</b>	0.140	0.140	0.140
<b>77</b>	0.724	0.833	4.265
<b>78</b>	0.759	0.868	0.950
<b>82</b>	1.654	1.893	8.822
<b>83</b>	2.202	2.528	12.763
<b>85</b>	0.244	0.277	1.120
<b>27</b>	1.009	1.031	1.072
<b>28</b>	0.305	0.305	0.305
<b>39</b>	1.447	1.454	1.469
<b>40</b>	0.467	0.531	0.667
<b>53</b>	2.651	2.670	2.885
<b>72</b>	0.876	0.876	0.876
<b>76</b>	1.437	1.639	3.273
<b>79</b>	0.691	0.774	0.774
<b>80</b>	1.654	1.784	1.776
<b>81</b>	1.749	1.750	1.741
<b>84</b>	0.237	0.268	0.902
<b>86</b>	1.427	1.429	1.429



Figura 16. Ubicación de nodos con mayores caudales del sistema.

Los conductos ubicados en la subcuenca General López (gl) y la subcuenca 25 de Mayo (25m) trabajan a presión a partir de la tormenta de recurrencia 2 años.

Destacando las diferencias entre las corridas de recurrencia 2 y 5 años, no hay casi diferencias de resultados, excepto en el tramo de la cuenca de Héctor López.



Mientras que los caudales obtenidos para la simulación de la tormenta sintética de 250 mm resultan demasiados elevados ( $Q_{max} = 12.8 \text{ m}^3/\text{s}$ ) para que puedan ser evacuados por el sistema pluvial existente, debiendo indefectiblemente almacenarse temporalmente en superficie, dando origen a anegamientos en sectores urbanizados.

## VII. CONSIDERACIONES FINALES

La base de datos disponible no brindó la posibilidad de realizar un predimensionamiento del sistema, se requiere un relevamiento detallado para ajustar la modelación y obtener valores certeros de descarga, en ANEXO 1 se detalla el relevamiento necesario.

Se recorrió la totalidad de la zona en análisis realizando inspección ocular y todo los elementos e incidencias se mapearon y se encuentran disponible en capas de información espacial.

Se inició un proceso de Sistematización de la Información con software libre QGIS a fin de que el mismo tenga continuidad por parte de la Municipalidad de Coronda.

Se llevó a cabo una discretización preliminar de la cuenca en subcuencas para lograr un orden y estructura de los desagües pluviales. La que deberá ser ajustada con futura información.

La modelación hidrológica e hidráulica llevada adelante presenta resultados que pueden evaluarse de manera cualitativa, y es concordante con las observaciones de las recorridas realizadas, revelando inconvenientes en los sectores en los que ya se manifestaron anegamientos.

Para poder llevar a cabo una evaluación cualitativa y cuantitativa, y lograr desarrollar la planificación de los desagües pluviales es necesario contar con información detallada de los desagües pluviales existentes y topografía de detalle de toda la zona en análisis.

A fin de poder caracterizar los fenómenos meteorológicos que se desarrollan en la zona aledaña al Municipio de Coronda se recomienda la incorporación de una Estación Meteorológica Automática.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

US EPA. (2015). Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1. Environmental Protection Agency. Recuperado de [https://www.epa.gov/sites/default/files/2019-02/documents/epaswmm5\\_1\\_manual\\_master\\_8-2-15.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2019-02/documents/epaswmm5_1_manual_master_8-2-15.pdf)



## **ANEXO I**

### **RELEVAMIENTOS TOPOGRÁFICOS Y DE DETALLES**

Considerando los antecedentes topográficos de las cuencas, se realizó una identificación preliminar de las subcuencas, lo cual subraya la necesidad de efectuar un relevamiento detallado para definir los parámetros de diseño del sistema pluvial, especialmente en aquellas áreas propensas a anegamientos.

En el entorno urbano, se recomienda emplear equipos como GPS y estación total con coordenadas Posgar 07 y cotas IGN, asegurando así un mayor nivel de detalle de la situación actual.

Se propone llevar a cabo el relevamiento de los ejes de las calles y perfiles transversales que abarquen cunetas y ejes de calles, concentrándonos principalmente en las intersecciones. Además, se sugiere un relevamiento detallado para determinar la ubicación de conductos existentes, detalles de obras de arte, como fondos de conducto, diámetros y características de las bocas de registro, elementos cruciales para evaluar la contribución de cada colector a las subcuencas.

En zonas rurales, o áreas con cunetas y desagües a cielo abierto, se propone el empleo de drones o imágenes satelitales para la determinación de la planialtimetría del lugar. Es imperativo que los datos recopilados estén vinculados al sistema Posgar 07 y cotas IGN para asegurar la integridad y coherencia de la información recopilada entre ambos métodos.

[Escriba aquí]



**UNL • FACULTAD  
DE INGENIERÍA Y  
CIENCIAS HÍDRICAS**

## **ANEXO II**

**PLANOS**