



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA - FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FISICAS Y NATURALES  
PRACTICA SUPERVISADA: PROYECTO DEL LOTE "CATALINA NORTE" – RIO PRIMERO - CBA

CASTELLÓ, ROGER P.



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS FISICAS  
Y NATURALES

**ASIGNATURA: PRACTICA SUPERVISADA**

## **MASTERPLAN, PROYECTO DE DRENAJE Y VIALIDAD INTERNA DEL LOTE "CATALINA NORTE" DE RIO PRIMERO**

**AUTOR: ROGER CASTELLÓ**

**TUTOR: ING CIVIL MARIANO CORRAL**

**SUPERVISOR EXTERNO: ING CIVIL GUSTAVO VANOLI**



## AGRADECIMIENTOS

Al finalizar un trabajo tan laborioso y lleno de dificultades como es la elaboración de un trabajo final, es inevitable no sentirse orgulloso de increíble hazaña y entonces empiezo a recordar por todo los sacrificios por los que tuve que pasar, por ejemplo estar trabajando en mi proyecto a altas horas de la noche y dos o tres horas más tarde levantarse para ir a trabajar, malpasarse en la comidas, dejar de hacer otras cosas que me gustan para estar trabajando en mi proyecto o cuando se te daña la computadora o se corta la luz y no guardaste los cambios, cosas que suelen pasarnos a la hora de estar con la elaboración de un trabajo.

Pero también en este momento recuerdo que esto no lo hubiera podido lograr solo, pues muchas veces, uno se desanima, pierdes el entusiasmo y todo lo que tiende a pasar cuando las cosas no se nos están dando como uno quiere, y es cuando entra nuestra familia, mi mujer, mis hijos, padres, hermanos, amigos y toda esa gente que de una manera siempre estuvo a mi lado apoyándome, dándome animo cada vez que me rendía. Es por esto que quiero decirles a mi familia, padres, hermanos y amigos, "muchísimas gracias", porque sin ustedes seguramente no hubiese podido llegar hasta acá.

A la firma Vanoli y Asociados S.R.L., por brindarme la oportunidad de realizar esta práctica y tener esta grata experiencia laboral. A todos los integrantes del estudio por abrirme las puertas, por su ayuda, consejos, críticas y apoyo.

A todos, muchas gracias.



## RESUMEN DEL INFORME TECNICO FINAL

El loteo "Catalina Norte" será llevado a cabo en la localidad de Río Primero emplazada aproximadamente a 55 Km. al Este de la ciudad de Córdoba, sobre la Ruta Nacional N° 19 hacia la Provincia de Santa Fe. A su vez el loteo está emplazado en la zona Norte de la respectiva localidad, más precisamente sobre tres parcelas contiguas entre si y al trazado del Pueblo, las cuales se designan como Parcela 212-4271 de 20 Has. 6400 m<sup>2</sup>, Parcela 212-4671 de 34 Has. 6504 m<sup>2</sup> y Parcela 212-9772 de 59Has. 1485 m<sup>2</sup>.

El loteo ocupa parte de las respectivas Parcelas, por lo que fue necesario realizar la Mensura y subdivisión de cada parcela y luego unión de las tres porciones de parcela donde se emplaza el loteo. Cabe aclarar que el loteo está dentro del ejido Municipal de Río Primero, por lo cual se debe cumplir con la normativa urbanística del Municipio.

Una vez definido los límites del loteo, se procedió a la realizar un relevamiento topográfico de la zona del loteo y alrededores, buscando obtener las coordenadas planialtimétricas de puntos del terreno, para la confección de curvas de nivel, las cuales me permitirán estudiar líneas de escorrentías, zonas altas y depresiones del terreno, poder analizar el lugar más conveniente para lagunas de retardo. También se relevaron anchos de calles existentes para continuación de las mismas, cotas de canales, alcantarillas, cordones cunetas, bocas de tormenta, etc. existentes.

Una vez terminado con el relevamiento de la zona, se procedió a realizar el anteproyecto del loteo, del cual surgieron 3 alternativas factibles de loteo, que cumplían con lo exigido por la Municipalidad, donde luego de diferentes análisis de costo, gusto del loteador y trabajo en conjunto con personal técnico de la Municipalidad de Río Primero, se llegó al proyecto definitivo o Masterplan del loteo. El fraccionamiento comprende una superficie aproximada de 19,5 Has en total, dividida de la siguiente manera: 2,3 Has de espacio verde, 6,8 Has de calles y 10,4 Has destinada a lotes, lo que dividida en 245 lotes, me da una superficie promedio por lote de 425 m<sup>2</sup>.

Por otro lado se realizó un estudio hidrológico, se estudiaron las cuencas internas y externas al loteo, la delimitación de las áreas de aporte y red de escurrimiento natural del terreno se realizó en base a curvas de nivel obtenidas de relevamiento topográfico realizado en el lugar, Google Earth, curvas del IGM y antecedentes de trabajos realizados en la zona, luego se determinó la tormenta de diseño, se llevó a cabo la transformación de lluvia – Caudal y propagación de caudales El estudio hidrológico tiene por objeto definir los caudales de diseño producidos en las cuencas a las que pertenece el loteo. La urbanización del mismo implica un aumento en la impermeabilización del terreno, lo cual lleva a un incremento de escurrimiento a la salida de la cuenca, por lo tanto, los caudales se determinarán tanto para la situación natural del terreno (Situación Actual, previa al proyecto) como para cuando se consolide la urbanización (Situación Futura), determinando los incrementos en los caudales entre ambos escenarios.

En función de lo anterior se proyectan obras de Captación, Conducción, Regulación y Descarga; a fin de controlar los excesos, atenuando los efectos que éstos ocasionarían a terceros ubicados aguas abajo del loteo.

Por ultimo en este trabajo, se realizó el proyecto de la vialidad urbana interna, dado que el manejo de los excedentes pluviales generados en el propio loteo, se resuelve de manera superficial por las pendientes longitudinales y transversales de la calzadas, conduciendo los escurrimientos a través de cordones cuneta y en los puntos bajos de la rasante, con badenes de hormigón, por lo tanto se definieron los perfiles transversales tipos de las correspondientes calles, avenidas y bulevares que conforman el loteo en cuestión.



## INDICE GENERAL

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN .....	2
1.1. Marco de Referencia de la Práctica Profesional Supervisada.....	2
1.2. Presentación.....	2
1.3. Planteo del problema.....	3
1.4. Objetivos y Alcances. ....	3
1.4.1. Objetivos Técnicos. ....	3
1.4.2. Objetivos Personales.....	4
1.5. Metodología.....	4
1.5.1. Etapa Preliminar y Masterplan.....	4
1.5.2. Estudio Hidrológico.....	5
1.5.3. Proyecto de Obras de Drenaje .....	5
1.5.4. Proyecto Vialidad Interna.....	5
1.5.5. Elaboración de Documentación. ....	6
CAPÍTULO 2: ETAPA PRELIMINAR.....	8
2.1. Tareas realizadas en campaña.....	8
2.2. Tareas realizadas en gabinete.....	8
CAPÍTULO 3: CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	11
3.1. Ubicación.....	11
3.2. Accesibilidad.....	12
3.3. Medio Natural. ....	13
3.3.1. Geomorfología y Suelos. ....	13
3.3.2. Clima .....	15
CAPÍTULO 4: IMPACTOS DE CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO.....	18
4.1. Impacto de prácticas agrícolas. ....	18
4.2. Impacto de la urbanización. ....	19
4.3. Inundaciones urbanas .....	22
4.3.1. Tipos de inundaciones.....	22
4.3.2. Macro y microdrenaje .....	22
CAPÍTULO 5: LOTEO "CATALINA NORTE" .....	25
5.1. Generalidades. ....	25
5.2. Normativas urbanísticas de la Municipalidad de Rio Primero.....	27
5.3. Relevamientos, elaboración de alternativas y Masterplan definitivo.....	32
CAPÍTULO 6: ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO .....	39
6.1. METODOLOGIA.....	39
6.2. DESCRIPCION GENERAL DE LA ZONA .....	40



6.2.1.	Ubicación.....	40
6.3.	DELIMITACION Y SUBDIVISION DE LAS AREAS DE APORTE .....	41
6.3.1.	Áreas de aporte externas al loteo que no ingresan al mismo.....	41
6.3.2.	Áreas de aporte internas y externas que ingresan al loteo.....	45
6.4.	DETERMINACION DE LOS PARAMETROS FISICOS DE LA CUENCA.....	46
6.5.1.	Área de la Cuenca.....	46
6.5.2.	Longitud del Cauce Principal .....	46
6.5.3.	Pendiente del Cauce Principal.....	46
6.5.	TORMENTA DE DISEÑO .....	47
6.5.3.	Lamina Precipitada - Curvas i-d-f.....	51
6.5.4.	Distribución Temporal.....	51
6.5.5.	Distribución Espacial .....	52
6.5.6.	Precipitación Efectiva. Pérdidas.....	52
6.6.	ESTIMACION DE CAUDALES .....	53
6.6.1.	Modelo Empleado (EPA SWMM v5.0) .....	53
6.6.2.	Aplicación del Modelo Hidrológico .....	56
CAPÍTULO 7: PROYECTO DE DRENAJE.....		60
7.1.	GENERALIDADES.....	60
7.2.	SISTEMA DE DRENAJE PROPUESTO .....	61
7.2.1.	Canal de conducción .....	63
7.2.2.	Laguna de regulación .....	63
7.3.	RESULTADOS OBTENIDOS .....	63
7.4.	OBRA PREVENTIVA.....	64
7.5.	Conclusión.....	70
CAPÍTULO 8: VIALIDAD INTERIOR.....		72
8.1.	Generalidades.....	72
8.2.	Vialidad Interna.....	72
8.2.1.	Diseño Altimétrico de Calles.....	74
8.2.2.	Diseño del Perfil Tipo.....	74
8.2.3.	Diseño de Bocacalles.....	76
CAPÍTULO 9: CONCLUSIONES.....		73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		75



## INDICE DE FIGURAS

Figura 3-1 – Ubicación del área en estudio.....	11
Figura 3-2 – Accesibilidad al loteo. ....	12
Figura 3-3 – Mapa geomorfológico de la Provincia de Córdoba (Los Suelos, 2003). ....	13
Figura 3-4 – Temperaturas medias en Enero y Julio para Prov. de Córdoba. ....	15
Figura 3-5 – Temperaturas y Precipitaciones medias mensuales. ....	16
Figura 3-6 – Balance hídrico climático. ....	16
Figura 4-1 – Cambio en los escurrimientos por modificación de cobertura. ....	18
Figura 4-2 – Impacto hidrológico de las prácticas agrícolas. ....	19
Figura 4-3 – Relación entre impermeabilización y escurrimiento superficial.....	20
Figura 4-4 – Impacto hidrológico de la urbanización (Bertoni, 2004).....	21
Figura 4-5 – Subsistemas asociados al drenaje urbano (Bertoni, 2004).....	23
Figura 5-1 – Radio Municipal de Rio Primero.....	25
Figura 5-2 – Parcelas vinculadas al loteo.....	26
Figura 5-3 – Topografía - líneas de escurrimientos naturales. ....	33
Figura 5-4 – Alternativa n° 1. ....	34
Figura 5-5 – Alternativa n° 2. ....	35
Figura 5-6 – Alternativa n° 3. ....	36
Figura 5-7 – Masterplan definitivo del loteo.....	37
Figura 6-1 – Ubicación del Loteo .....	40
Figura 6-2 – Ubicación de la macrocuenca sobre cartografía del I.G.M. ....	41
Figura 6-3 – Cruce Cuenca Externa FFCC. Y RN N° 19 .....	42
Figura 6-4 – Subcuencas de aporte externo al loteo. ....	43
Figura 6-5 – Cruce del FFCC de la Subcuenca suroeste y como se distribuye sobre calle Urquiza y Av. C. Namuncurá.....	44
Figura 6-6 – Delimitación de Cuencas Internas.....	45
Figura 6-7 – Regiones Pluviográficas Provincia de Córdoba (Caamaño Nelly, 1993). ....	48
Figura 6-8 – Curvas I-D-F estación Córdoba Observatorio, Zona Centro.....	51
Figura 6-9 – Distribución Temporal adoptada .....	52
Figura 6-10 – Esquema de modelación del módulo SUPERFICIE DEL TERRENO .....	54
Figura 6-11 – Esquema de reservorio No Lineal .....	55
Figura 6-12 – Representación conceptual del módulo TRANSPORTE .....	56
Figura 6-13 – Esquema de modelación Situación Actual. Modelo SWMM v5.0.....	57
Figura 6-14 – Esquema de modelación Situación Futura. Modelo SWMM v5.0 .....	58
Figura 7-1 – Sistemas de Drenaje: Inicio de Canal .....	62
Figura 7-2 – Sistemas de Drenaje: Laguna.....	62
Figura 7-3 – Laguna de Regulación 1. ....	65
Figura 7-4 – Esquema de modelación Situación Actual. Modelo SWMM v5.0.....	65



Figura 7-5 – Esquema de modelación Situación Futura. Modelo SWMM v5.0 .....	66
Figura 7-6 – Perfil Longitudinal. TR10-30min. Situación Actual.....	66
Figura 7-7 – Perfil Longitudinal. TR10-30min. Situación Futura. ....	66
Figura 7-8 – Hidrograma. TR10-30min. Situación Actual. ....	67
Figura 7-9 – Hidrograma. TR10-30min. Situación Futura.....	67
Figura 7-10 – Hidrograma. TR25-30min. Situación Actual. ....	68
Figura 7-11 – Hidrograma. TR25-30min. Situación Futura.....	68
Figura 7-12 – Hidrograma. TR100-30min. Situación Actual. ....	68
Figura 7-13 – Hidrograma. TR100-30min. Situación Futura.....	69
Figura 7-14 – Tirantes Laguna1. TR100-30min.....	69
Figura 7-15 – Tirantes Laguna1. TR100-60min.....	69
Figura 7-16 – Tirantes Laguna1. TR100-180min.....	70
Figura 8-1 – Planimetría General del loteo.....	73
Figura 8.2 – Radio de Giro para Vehículos Livianos. Normativa ASSHTO.....	77
Figura 8.3 – Esquema de Bocacalle. ....	77

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Parámetros Físicos de Cuencas de Aporte. Situación Actual.....	47
Tabla 2 – Parámetros Físicos de Cuencas de Aporte. Situación Futura.....	47
Tabla 3 – Tiempo de Concentración y de Retardo. Situación Actual.....	50
Tabla 4 – Tiempo de Concentración y de Retardo. Situación Futura .....	50
Tabla 5 – Intensidad y Precipitación para d=60min.....	51
Tabla 6 – Caudales Pico obtenidos en Situación Actual. Modelo SWMM v5.0.....	64
Tabla 7 – Caudales Pico obtenidos en Situación Futura. Modelo SWMM v5.0 .....	64



# MASTERPLAN, PROYECTO DE DRENAJE Y VIALIDAD INTERNA DEL LOTEO "CATALINA NORTE" DE RIO PRIMERO

## INTRODUCCIÓN

## CAPÍTULO 1



## CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Marco de Referencia de la Práctica Profesional Supervisada.

La modalidad de Práctica Supervisada implementada para la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (UNC), tiene como fin brindar al estudiante experiencia práctica complementaria a la formación elegida, para su inserción en el ejercicio de la profesión.

La presente se realizó en la modalidad de Práctica Supervisada Pasante No Rentado (PNR) y fue llevada a cabo en la Empresa Consultora "Vanoli y Asociados Ingeniería S.R.L.", bajo la supervisión del Ing. Civil Gustavo D. Vanoli en carácter de supervisor externo y del Mag. Ing. Civil Mariano A. Corral en condición de tutor académico.

En lo que respecta a esta práctica específicamente, el tema de la misma surge a partir de un proyecto de loteo que me encargo un vecino de la localidad de Río Primero y que yo personalmente lo lleve a la consultora para comenzar a desarrollarlo desde cero, el mismo consistía en *"Elaboración del Masterplan, Proyecto de Drenaje, Agua Potable y Vialidad Interna para el Loteo "Catalina Norte" en la localidad de Río Primero, Provincia de Córdoba.*

En la consultora se decidió que me avocara al Proyecto de Masterplan, Drenaje y Proyecto Vial, el cual constituye el trabajo de la presente Práctica Supervisada.

### 1.2. Presentación.

Como ya mencionamos la localidad de Río Primero se encuentra ubicada en la llanura cordobesa a 55 Km. de Córdoba capital, entre las intersecciones de la ruta Nacional N° 19 y provincial N° 10, surcado en su sector medio por el Ferrocarril Gral. Manuel Belgrano y en su margen Este por el Ferrocarril Mitre.

La Ruta 19 como canal estratégico de comunicación en el MERCOSUR, ubica a esta localidad en una situación inmejorable para su desarrollo económico integral.

Dentro del departamento Río Primero las localidades más grandes demográficamente que se encuentran sobre ruta 19 son Monte Cristo y Río Primero.

Precisamente Río Primero es una zona agrícola-ganadera cuenta con un importante número de quintas. La producción agrícola, donde el maíz y la soja son sus más destacados cultivos, ha modificado el ritmo de nuestra localidad. La utilización de sistemas de labranza reducida y siembra directa significó alcanzar altos rindes y con ello un mayor dinamismo en el sector.

Es por esto que en los últimos 10 años se radicaron grandes Empresas cerealeras que sumadas a las empresas de moldes de cartón, premoldeados de hormigón, fábrica de acumuladores entre otras, dieron a la localidad un aumento en la demanda habitacional y por lo tanto propietarios y desarrollistas han tenido la posibilidad de desarrollar diversos loteos en la zona.



### 1.3. Planteo del problema.

El desarrollo de un loteo en un área rural implica una alteración en el uso del suelo de esa área. El cambio de uso agrícola-ganadero a uso residencial, esto es, el aumento en el grado de urbanización del suelo, produce un marcado impacto sobre el ciclo del agua, provocando, entre otros, la impermeabilización del suelo.

El desarrollo urbano, la construcción de calles y la proporción cada vez menor de espacios verdes en relación con las zonas edificadas traen como consecuencia un aumento notable de los escurrimientos pluviales con altos y frecuentes caudales picos. Esto produce importantes daños a la integridad física y biológica del cauce receptor.

Debido a lo anteriormente expuesto es que se hace necesario proyectar un adecuado sistema de manejo y regulación de los excedentes pluviales generados por la futura urbanización del Loteo "Catalina Norte", de manera tal de mitigar los efectos que este aumento ocasionaría hacia aguas abajo.

### 1.4. Objetivos y Alcances.

Los objetivos del presente trabajo pueden dividirse en dos grupos, por un lado los objetivos técnicos, con los cuales deberá sin duda cumplir el proyecto, y por el otro, los objetivos planteados a nivel personal.

#### 1.4.1. Objetivos Técnicos.

El objetivo general planteado para este trabajo es el proyecto del Masterplan, Modelación Hidrológica e Hidráulica y Proyecto de obras necesarias de Drenaje y de Vialidad Interna para el Loteo "Catalina Norte", que permitan sobre la base de un diagnóstico de la situación actual, adoptar las medidas y acciones que optimicen el manejo de excedentes pluviales que escurren superficialmente, originados por la futura urbanización del loteo, de forma tal de mitigar los efectos que los mismos producen aguas abajo.

De esta manera es posible resumir en dos grandes objetivos:

- El primero, pretende exponer un panorama de la situación actual en cuanto al manejo de los excesos pluviales en el sector en análisis, en un contexto de macro y micro drenaje.
- El segundo, se resume en el desarrollo de las propuestas necesarias que lleven a una restitución de la situación actual de escurrimiento natural.

Para lograr éstos, es necesario a su vez plantear una serie de objetivos particulares que permitan garantizar un buen desarrollo de los descriptos anteriormente, los cuales pueden resumirse en:

- Reconocimiento de cada componente físico del área en estudio.
- Analizar globalmente las consideraciones necesarias a tener en cuenta para la determinación del periodo de retorno más conveniente a través de un enfoque técnico económico.
- Evaluación de los caudales máximos para la Situación Actual y para la Situación Futura, entendiendo como tal a la urbanización del loteo, estableciendo la utilidad de cada uno, teniendo en cuenta la estimación de algunos de los parámetros intervinientes.



- Dimensionado de las obras de regulación y drenaje atendiendo tanto las variables hidrológicas, topográficas y económicas, evaluando distintas alternativas de solución para la selección del tipo de obra a ejecutar.
- Modelación de la Situación Futura con las obras propuestas, de manera tal de entender la solución propuesta.

#### **1.4.2. Objetivos Personales.**

El objetivo planteado a nivel personal, se resume en aplicar, integrar e incrementar los conocimientos adquiridos en cada una de las materias a lo largo de la carrera, investigar, conocer, aprender y aplicar herramientas a un problema real y concreto de ingeniería.

#### **1.5. Metodología.**

Previo a definir las acciones a llevar a cabo en el Proyecto, se deberá tener un panorama claro de la Situación Actual de la zona en estudio. Esto permitirá definir las estrategias sobre las cuales trabajar con el objeto de avanzar en el desarrollo de las obras y en la implementación de las medidas que brinden una solución integral a la problemática planteada.

En base a lo dicho anteriormente se propone la siguiente metodología de trabajo:

##### **1.5.1. Etapa Preliminar y Masterplan**

- Estudio de las ordenanzas Municipales vigentes y de la normativa de la Dirección General de Catastro de la Provincia.
- Inspección de campo: recorridas de campo para la verificación de los aspectos más destacados del sistema hídrico.
- Medición de las coordenadas planialtimétricas de puntos del terreno.
- Medición de parcelas, Subdivisión, unión y loteo.
- Relevamiento de niveles de calles, bocas de tormentas, umbrales de casas existentes en las proximidades del futuro loteo.
- Confección de curvas de nivel del terreno, estudio de escorrentías, puntos altos del terreno y depresiones, lugar más conveniente para localizar laguna de retardo.
- Análisis del sistema de escurrimiento superficial y obras hidráulicas existentes
- Recopilación de antecedentes: obras ejecutadas, proyectos y anteproyectos realizados o en desarrollo
- Sistematización de la información: chequeo de los antecedentes recopilados, elaboración de una planimetría general en donde se vuelquen los datos obtenidos.
- Diagnóstico: análisis y evaluación de los antecedentes, elaboración del diagnóstico, destacando los puntos y aspectos más importantes.
- Alternativas factibles de loteo, anteproyecto, proyecto o Masterplan definitivo.



### 1.5.2. Estudio Hidrológico.

- Caracterización Hidrogeomorfológica de las Cuencas de Aporte Hídrico
  - Definición de la red de escurrimientos
  - Áreas deprimidas anegadas
  - Delimitación de las subcuencas
  - Tipo de suelos y cobertura vegetal en los sectores rurales
  - Uso del suelo y grado de urbanización en las áreas con asentamiento poblacional
  - Infraestructura actual relacionada con los escurrimientos
- Determinación de la Tormenta de Diseño
  - Periodo de retorno
  - Duración
  - Lámina total
  - Distribución temporal
  - Distribución espacial
  - Lluvia neta o efectiva
- Transformación Lluvia – Caudal y Propagación de Caudales
  - Hidrogramas
  - Caudales picos para los distintos períodos de recurrencia
  - Niveles de escurrimiento para los distintos períodos de recurrencia

### 1.5.3. Proyecto de Obras de Drenaje

- Evaluación del Sistema Proyectado
  - Estructuras de escurrimiento (Calles)
- Obras Proyectadas
  - Cordón cuneta
  - Badenes
  - Microembalse
  - Canales

### 1.5.4. Proyecto Vialidad Interna

- Anteproyecto
  - Relevamiento topográfico
  - Propuesta de Perfil Tipo geométrico
  - Trazado de alternativas Planialtimétricas
  - Análisis y elección de alternativas
- Proyecto Ejecutivo
  - Elección de perfil Tipo geométrico y estructural
  - Trazado de Planialtimetría definitiva
  - Diseño de intersecciones (Bocacalles)



### **1.5.5. Elaboración de Documentación.**

- Memoria Descriptiva
- Memoria de Ingeniería
- Computo Métrico
- Pliego de Especificaciones Técnicas
- Planos
  - Planimetría de Ubicación
  - Planimetría General
  - Planimetría de Drenaje
  - Planos Tipo y de Detalles Obras Proyectadas
  - Planialtimetrías de Calles
  - Perfiles Tipo de Calles
  - Calzada Acotada



# MASTERPLAN, PROYECTO DE DRENAJE Y VIALIDAD INTERNA DEL LOTEO "CATALINA NORTE" DE RIO PRIMERO

## ETAPA PRELIMINAR

## CAPÍTULO 2



## **CAPÍTULO 2: ETAPA PRELIMINAR**

Para la ejecución del presente informe se consultó con bibliografía técnica vinculada a la temática en análisis, estudios de diversos tipos realizados en la zona de influencia, además de la documentación específica.

En primer lugar se recopilaron antecedentes cartográficos disponibles a distintas escalas, y antecedentes bibliográficos, publicaciones, imágenes satelitales, fotografías aéreas del área involucrada.

Todos estos antecedentes fueron clasificados, procesados y analizados a los fines de definir una base de datos para el área contemplando información geológica, geomorfológica de suelos, hidrológica e hidráulica disponible. Toda la información recopilada fue analizada y procesada a los efectos de componer un cuadro de situación previa al relevamiento de campaña. Con la información procesada se confeccionaron cartas de cuencas y subcuencas, escurrimientos principales, infraestructuras, etc. para ser verificadas en el campo.

### **2.1. Tareas realizadas en campaña**

Con los datos previamente elaborados a partir de la información disponible en relación al sistema de drenaje, en campaña se realizaron las siguientes tareas:

- Mensura de las parcelas de campo donde se emplaza el loteo.
- Se recorrió el área afectada para tomar contacto con la problemática in-situ.
- Se reconocieron y verificaron las principales líneas de escurrimiento hídrico.
- Se realizó un relevamiento topográfico en la zona de emplazamiento del loteo.
- Se relevaron obras viales como rutas, calles y caminos.
- Se relevaron las obras hidráulicas en el área de estudio.
- Se obtuvieron fotografías de lugares considerados relevantes.

### **2.2. Tareas realizadas en gabinete**

Con la información procesada y la relevada en campaña fueron realizadas las siguientes tareas en gabinete.

- Confección de las curvas de nivel.
- Elaboración de diferentes anteproyectos o alternativas de loteo.
- Confección del plano definitivo de Mensura, subdivisión, unión y loteo.
- Se analizó la información bibliográfica antecedente disponible y con la misma se elaboraron diagnósticos preliminares.
- Se interpretaron las fotografías aéreas e imágenes satelitales disponibles para diferentes fechas.
- Se confeccionó la planimetría correspondiente, con la integración de los siguientes aspectos:
  - Unidades Geomorfológicas.
  - Red de drenaje.
  - Cuencas hídricas.



**CASTELLÓ, ROGER P.**

- Uso del suelo
- Obras Futuras
- Sobre la base del trabajo publicado por el INA-CRSA se adoptaron las precipitaciones intensas.
- Para la transformación lluvia - caudal fue aplicado el modelo EPA SWMM v5.0, a los efectos de definir los caudales máximos generados para las distintas cuencas.
- En secciones de paso conocidas y verificadas, como por ejemplo los canales y alcantarillas, se aplicó la ecuación de Manning y los nomogramas de la DNV para el Cálculo Hidráulico de Alcantarillas, respectivamente.
- Se interpretó la información obtenida de la aplicación de los diversos Modelos y de las recorridas a campo.
- Se elaboraron informes parciales de cada aspecto involucrado en el Estudio.
- Se elaboró el presente estudio.



# MASTERPLAN, PROYECTO DE DRENAJE Y VIALIDAD INTERNA DEL LOTEO "CATALINA NORTE" DE RIO PRIMERO

## CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

### CAPÍTULO 3



## CAPÍTULO 3: CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

### 3.1. Ubicación.

La localidad de Río Primero se emplaza a aproximadamente 55 Km. al Este de la ciudad de Córdoba, sobre la Ruta Nacional N° 19 hacia la Provincia de Santa Fe. El loteo del proyecto se ubica en el cuadrante Noroeste del pueblo, hacia la periferia en este sector. Se trata de tres parcelas de campo contiguas entre sí, las cuales son afectadas parcialmente por el radio municipal, quedando la zona de emplazamiento del loteo dentro de dicho radio Municipal. Desde el punto de vista Geográfico, se sitúa en las coordenadas 31°19'31" Sur y 63°37'30" Oeste.

En la [Figura 3.1](#), se puede observar la ubicación del loteo bajo estudio.

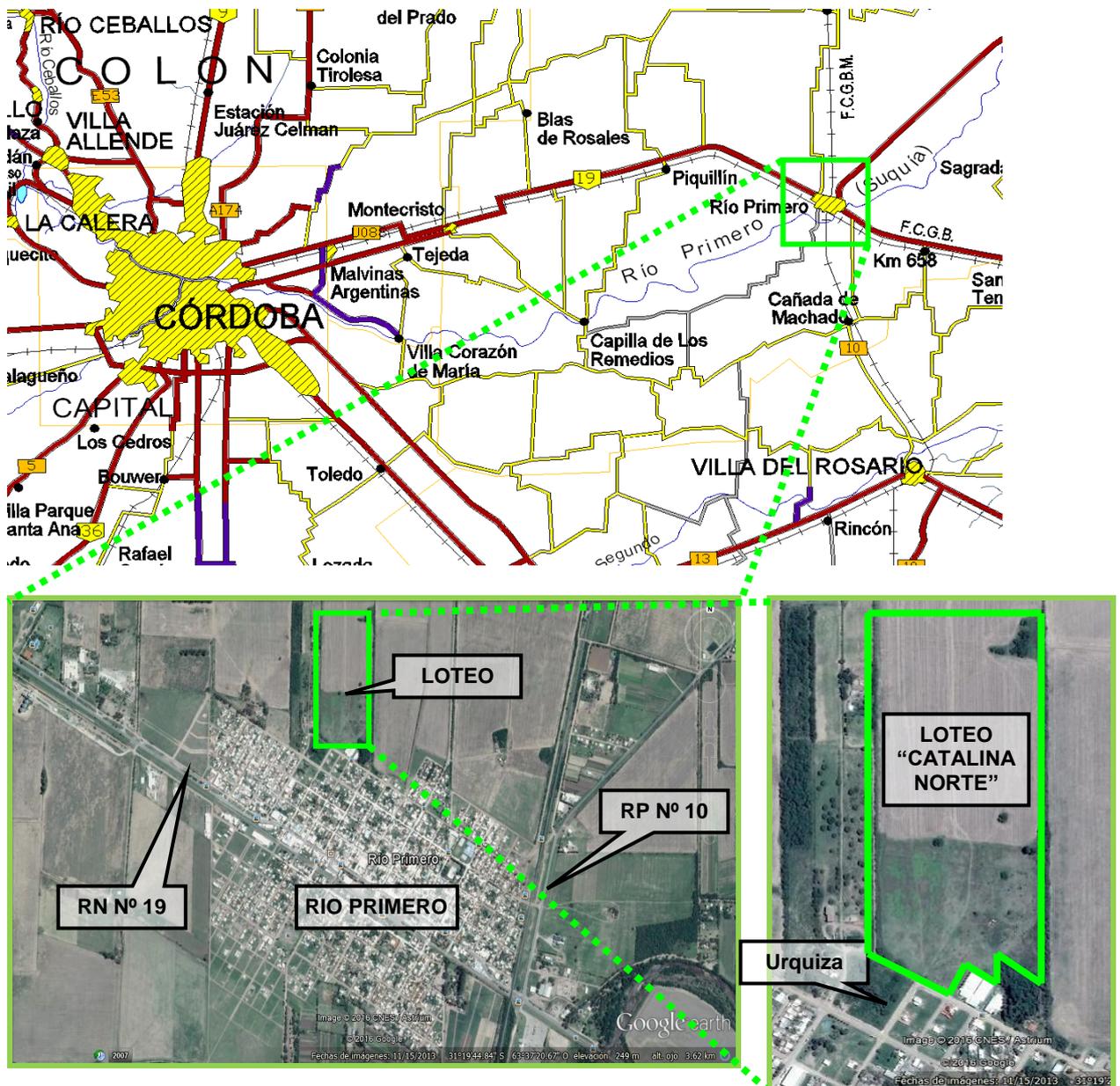


Figura 3-1 – Ubicación del área en estudio.



### 3.2. Accesibilidad.

La Localidad de Río Primero se ubica hacia el Este de la provincia de Córdoba y en el centro del país, esta ubicación estratégica favorece la existencia de numerosas rutas, ferrocarriles y caminos que permiten su vinculación con el resto del territorio nacional.

El área en estudio cuenta con una vía principal de acceso directo desde la Ciudad de Córdoba. Esta vía es la Ruta Nacional N° 19 que comunica la capital provincial con la Ciudad de San Francisco y la Ciudad de Santa Fe y es una las principales vías del Mercosur.

*El acceso al loteo desde Ruta N° 19 es ingresando por calle Gral. Urquiza hacia el Norte a 400m desde la Ruta se encuentra el ingreso al Loteo "Catalina Norte", También se puede acceder desde Ruta Provincial N° 10 ingresando por Av. Malvinas Argentinas hasta calle Urquiza.*

En la [Figura 3.2](#) se observan las distintas vías mencionadas anteriormente que conforman la red principal de accesos al área donde se emplazará el loteo.



**Figura 3-2 – Accesibilidad al loteo.**



CASTELLÓ, ROGER P.

### 3.3. Medio Natural.

#### 3.3.1. Geomorfología y Suelos.

La provincia de Córdoba se divide en 22 ambientes geomorfológicos que definen aspectos geomórficos, estructurales y de vegetación bien marcados (Los Suelos, ACASE – INTA, 2003). En la [Figura 3-3](#) se muestra el mapa con la distribución de estos ambientes, cada uno de los cuales ha sido identificado con una letra.

De acuerdo a este antecedente, el área en la cual se emplazará el Loteo, corresponde al Ambiente Geomorfológico E, denominado "Pampa Loésica Plana".



**Figura 3-3 – Mapa geomorfológico de la Provincia de Córdoba (Los Suelos, 2003).**



Las características de este Ambiente Geomorfológico son:

- *Pampa Loessica Plana:*

Constituye la parte central de la llanura cordobesa, cuyos límites, tanto hacia el Oeste (Pampa Loésica Alta), como hacia el Este (Depresión del Arroyo Tortugas San Antonio), tienen un origen tectónico y son el resultado de fallas y ascensos diferenciales de bloques del basamento profundo. Los materiales son predominantemente de naturaleza eólica (loésicos), aunque en partes retrabajados por agua, a los que se asocian materiales pelíticos en las áreas deprimidas y areno-gravosos en las fajas fluviales. El relieve es marcadamente plano, con pendientes regionales hacia el Este, que no superan el 0,5% de gradiente. Dentro de este paisaje se destacan, los derrames de los ríos Suquía, Xanaes y Ctalamochita, cuyas actividades han generado formas de naturaleza fluviales, retrabajando los depósitos eólicos originales (paleocauces, albardones, planicies de inundación, derrames fluviales en lóbulos) y modificando la homogeneidad de los materiales, que varían desde arenosos en paleocauces a limosos en las planicies de inundación.

La capa freática por su parte, fluctúa entre 2 m y 6 m y puede llegar a afectar a los suelos de los sectores más bajos.

Los suelos se han desarrollado a partir de sedimentos eólicos muy ricos en limos y de una gran uniformidad, pero los ríos Suquía, Xanaes, y Ctalamochita, que aguas arriba discurren por cauces bien definidos, a determinada altura comienzan a divagar por la llanura, efectuando continuos cambios de cauce y generando depósitos típicos de "derrame", con intercalaciones de materiales gruesos y retrabajo de los limos originales. Este cambio de materiales se refleja no sólo en las formas del paisaje, sino en la naturaleza de los suelos, que pasan a integrar complejos indiferenciados con una alta variabilidad espacial y un intrincado patrón de asociación, que le imprimen características distintivas a determinados sectores de la región.

Las tierras de la región presentan una larga historia de uso agrícola, con creciente importancia de sistemas de producción agrícola puros, los que desencadenan procesos de erosión hídrica. Esta situación se agrava por la coincidencia de las épocas de laboreo con los picos de erosividad de la lluvia. Las cuencas son extensas, poco definidas, como corresponde a estas llanuras, por lo que eventualmente los caminos funcionan como colectores de escurrimientos hídricos, causando serios problemas de transitabilidad y generando riesgos de aluviones en muchas localidades.

La vegetación original de esta región se componía de bosques dominados por quebracho blanco, en el sector Norte y por especies de Prosopis, en el sector central, alternando con pastizales naturales. Actualmente, tanto la vegetación leñosa como las comunidades herbáceas naturales y seminaturales, han sido casi totalmente transformadas en campos de cultivo y tierras de pastoreo.

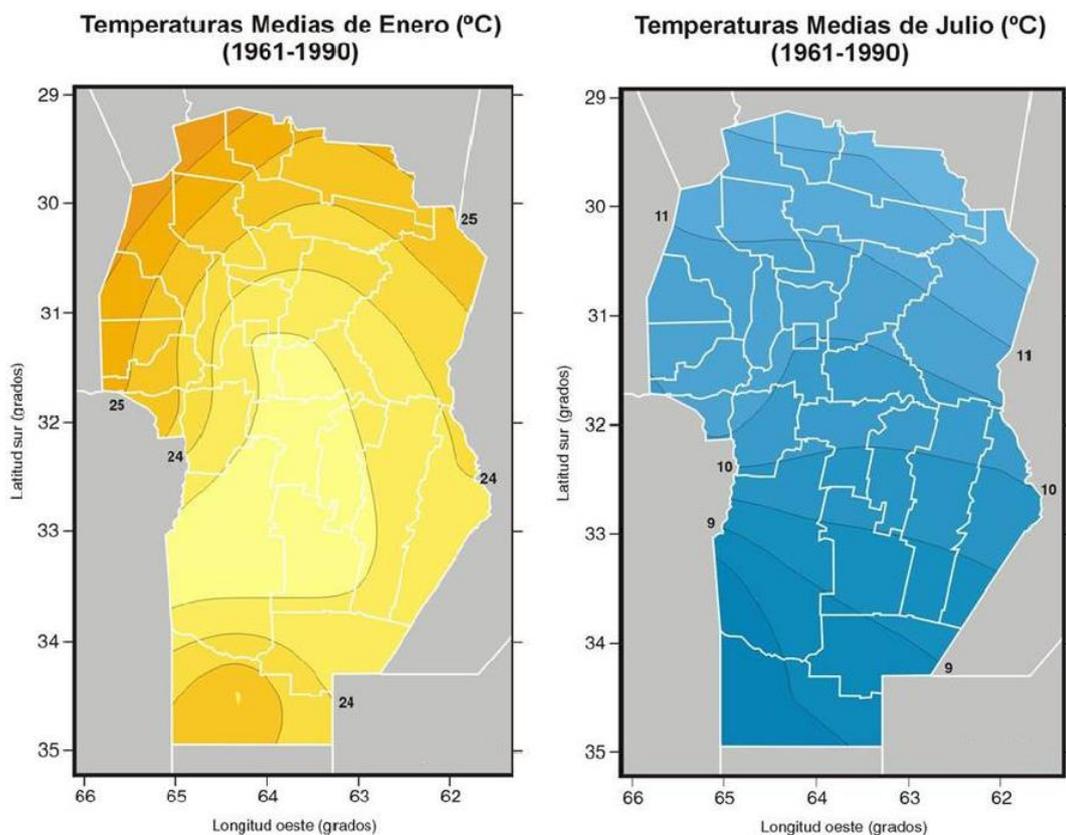
El clima es templado con estación seca en invierno, en esta región se destacan las amplitudes térmicas elevadas considerando las máximas 45°C y mínimas -8°C absolutas observadas. El período lluvioso se extiende de octubre a marzo (580 mm), el cual representa el 80 % de las precipitaciones anuales. La evapotranspiración potencial supera los 850 mm anuales, causando la existencia de períodos con deficiencia de agua edáfica cuyos valores se incrementan hacia occidente. Las heladas ocurren entre los meses de mayo y septiembre.



### 3.3.2. Clima

- Régimen Térmico

Las características del régimen térmico de la provincia de Córdoba están determinadas por las temperaturas del mes más cálido, del mes más frío (Figura 3-4) y su amplitud térmica anual. Los valores térmicos del mes de enero, que representa aquí a las temperaturas estivales, se distribuyen en la provincia en un rango que oscila entre los 23.5°C en el sur provincial hasta valores superiores a los 26°C en el extremo Norte. Las temperaturas del mes de julio, que representa a la estación invernal, evidencian un rango de valores que van desde los 8°C en el Sur hasta los 11,5°C en el Norte. La amplitud anual de la temperatura representa la variación de los meses extremos y el rango o amplitud térmica anual no supera los 16°C en toda la provincia.



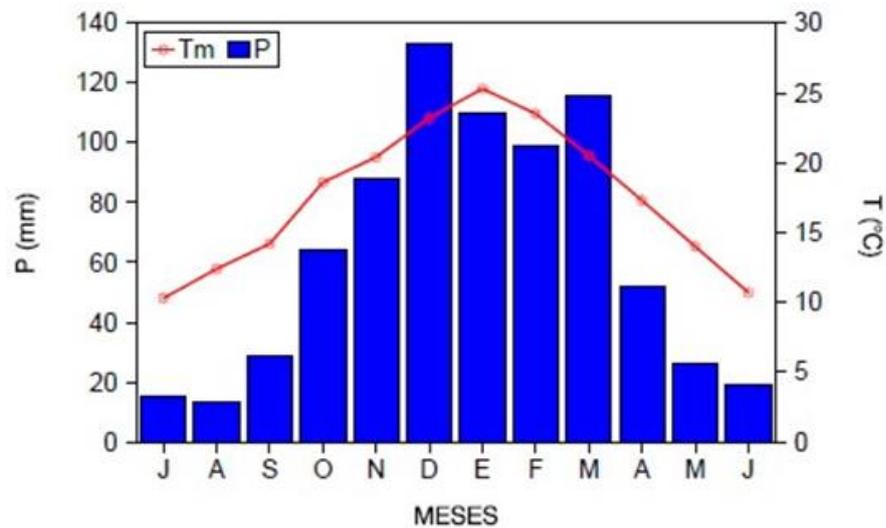
**Figura 3-4 – Temperaturas medias en Enero y Julio para Prov. de Córdoba.**

Tomando como referencia algunas localidades próximas al área de estudio, el Libro Los Suelos (2003) define un clima templado para la región, debido a que la temperatura estival, representada por el valor térmico de enero es de 24,0 °C y la temperatura invernal posee un valor de 10 °C, con una amplitud anual de 14,0°C.

En la [Figura 3-5](#) se presentan las temperaturas y las precipitaciones medias mensuales.



CASTELLÓ, ROGER P.

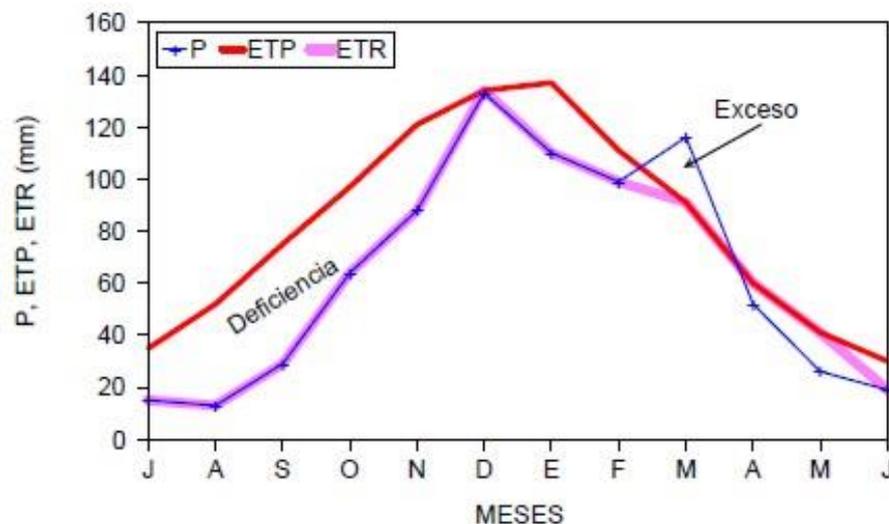


**Figura 3-5 – Temperaturas y Precipitaciones medias mensuales.**

La acumulación de grados-días, como expresión de las disponibilidades calóricas para el crecimiento vegetal alcanza a 2760 grados-días. Las heladas ocurren todos los años con fecha media de ocurrencia el 29 de Mayo, para las primeras heladas y el 4 de Septiembre para las últimas heladas. El período medio libre de heladas es de 267 días.

- Régimen Hídrico.

La [Figura 3-6](#) presenta el balance hídrico climático. Cabe destacar las variaciones estacionales de la precipitación, la evapotranspiración potencial y real demarcándose períodos de déficit prácticamente todo el año excepto en marzo. Los porcentajes de distribución estacional de las precipitaciones son los siguientes: Verano (DEF): 45%, Otoño (MAM): 25%, Invierno (JJA): 6% y Primavera (SON): 24%. Esta distribución pluviométrica es característica de un régimen monzónico.



**Figura 3-6 – Balance hídrico climático.**



# MASTERPLAN, PROYECTO DE DRENAJE Y VIALIDAD INTERNA DEL LOTEO "CATALINA NORTE" DE RIO PRIMERO

## IMPACTOS DE CAMBIOS EN LOS USOS DE SUELOS

## CAPÍTULO 4



## CAPÍTULO 4: IMPACTOS DE CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO

El área en estudio vio modificados el uso del suelo a lo largo de los años, lo cual afectó en forma directa la magnitud de los volúmenes y caudales que escurrían superficialmente.

En un primer momento el cambio en el uso del suelo se dio de monte autóctono a un suelo utilizado con fines agrícola-ganadero. En los últimos tiempos, dicho cambio alcanzó la urbanización de los suelos.

A continuación se explica la influencia de dichos cambios en los escurrimientos.

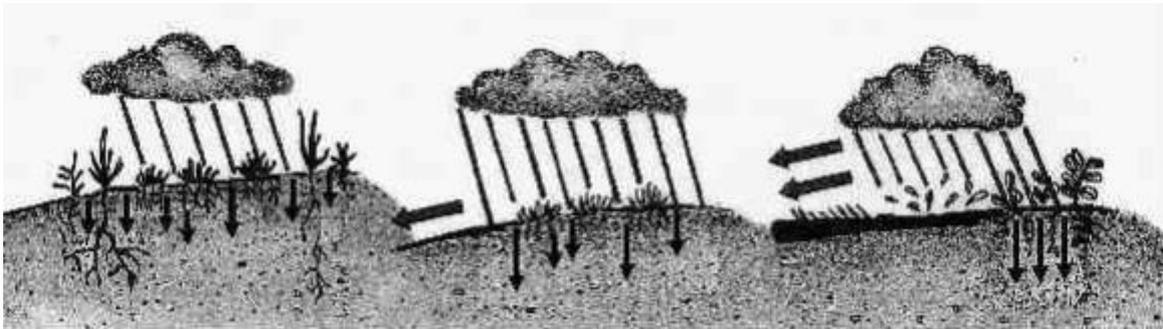
### 4.1. Impacto de prácticas agrícolas.

Las distintas prácticas agrícolas impactan sobre el ciclo del agua. Si bien de esas prácticas algunas resultan más importantes que otras en cuanto a la generación de escurrimientos, en mayor o menor medida tienen efectos como:

- a) la reducción de la infiltración del suelo,
- b) la aceleración de los escurrimientos,
- c) la erosión y consecuente deposición en otras áreas,
- d) la contaminación de los medios receptores.

Los dos primeros tienen una influencia significativa sobre el aumento de la frecuencia de las inundaciones en sectores bajos de las cuencas. Dichas inundaciones son las responsables de la deposición de suelo que pertenece a otros sectores y que llega hasta allí debido a la erosión.

Asociado a los diferentes estados por los que atraviesa el suelo para ser utilizado con fines agrícolas-ganaderos, se encuentran los diferentes volúmenes de escurrimiento que como consecuencia se generan. Así es que no son iguales los excesos que se producen en una cuenca cuya cobertura vegetal es la autóctona, con montes y pastizales, a la que se encuentra cuando el uso que se hace es agrícola-ganadero, y dentro de este último las diferentes prácticas, es decir, empobrecidas las pasturas y dificultada su regeneración, el suelo pierde capacidad de retención de agua y con ello su mejor protección contra la erosión ([Figura 4-1](#)).

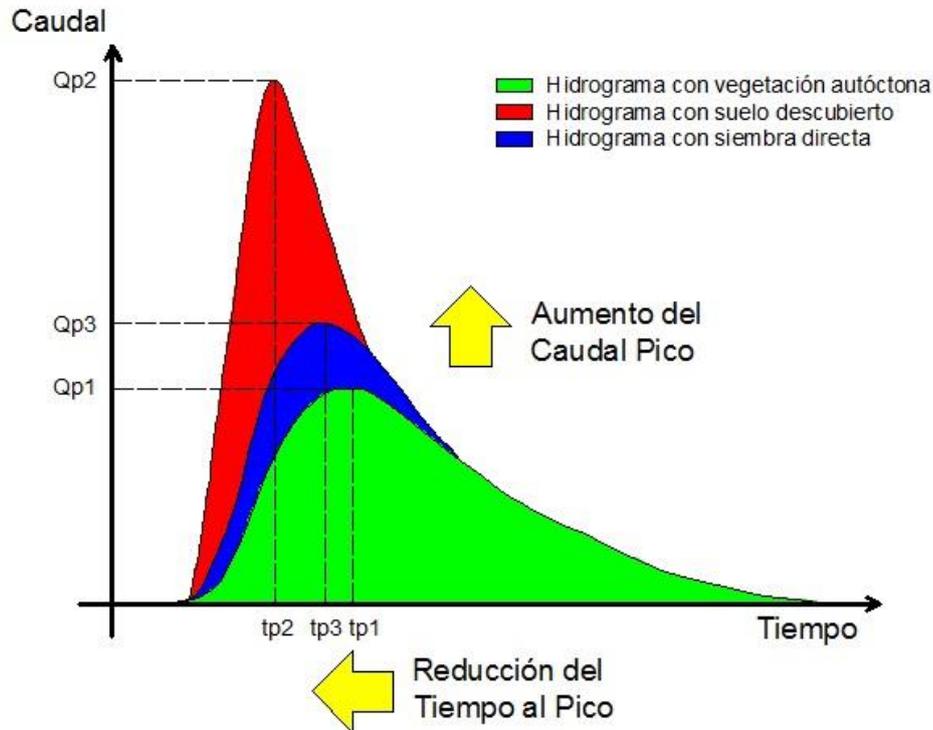


**Figura 4-1 – Cambio en los escurrimientos por modificación de cobertura.**

La [Figura 4-2](#) muestra los hidrogramas de escurrimiento superficial que se producen en un sector rural, dependiendo de la cubierta que tenga el suelo y su uso. Tal es así que se muestra un hidrograma correspondiente a un suelo virgen, con cobertura vegetal autóctona; y un suelo desprotegido, donde prácticamente no hay cubierta vegetal como es el caso de la ganadería intensiva o labranza tradicional. Además, en contraste, se



muestra el hidrograma correspondiente a un suelo cuyo destino es el agrícola pero con la utilización de las nuevas tecnologías, labranza cero o siembra directa.



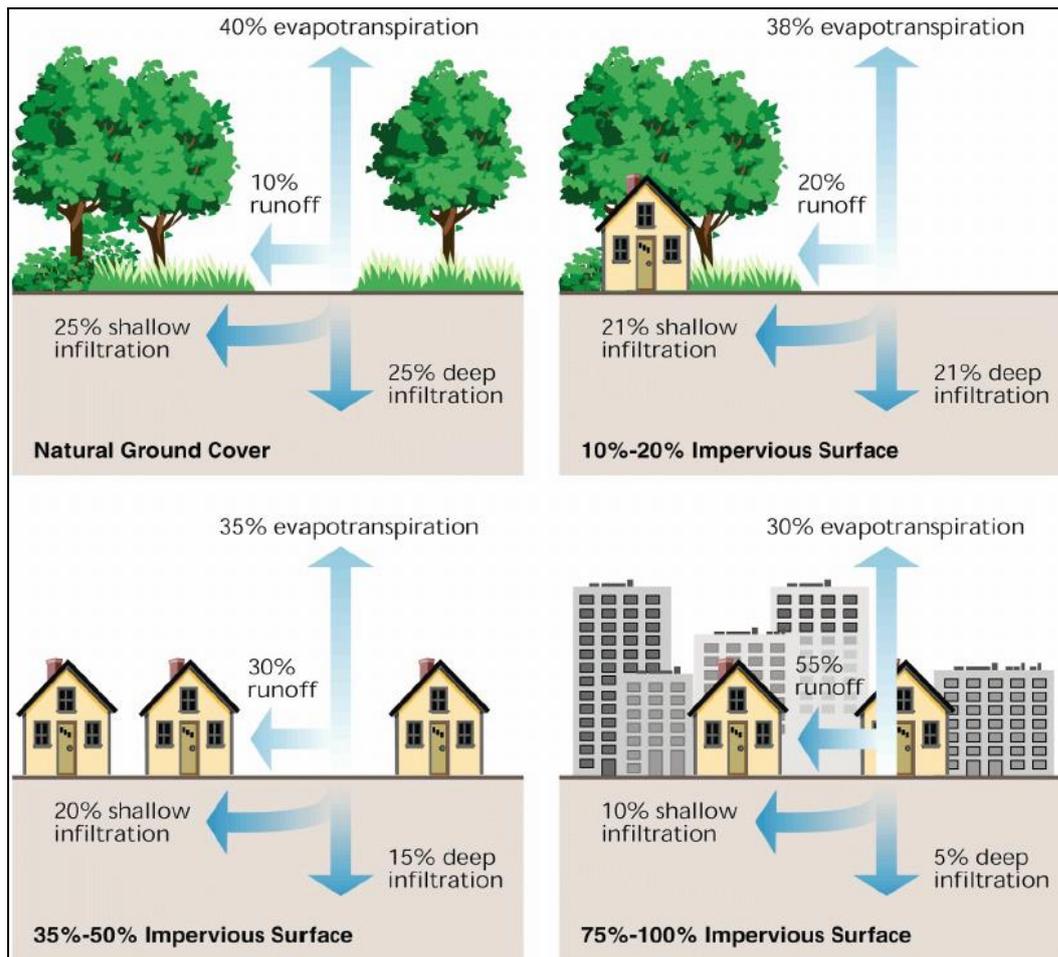
**Figura 4-2 – Impacto hidrológico de las prácticas agrícolas.**

#### 4.2. Impacto de la urbanización.

La urbanización produce un marcado impacto sobre el ciclo del agua, provocando numerosos efectos. Entre ellos Chocat (1997) destaca cinco:

- la impermeabilización del suelo,
- la aceleración de los escurrimientos,
- la construcción de obstáculos al escurrimiento,
- la "artificialización" de las acequias, arroyos y ríos en áreas urbanas y,
- la contaminación de los medios receptores.

Los tres primeros tienen una influencia significativa sobre el aumento de la frecuencia de las inundaciones en los medios urbanos ([Figura 4-3](#)).



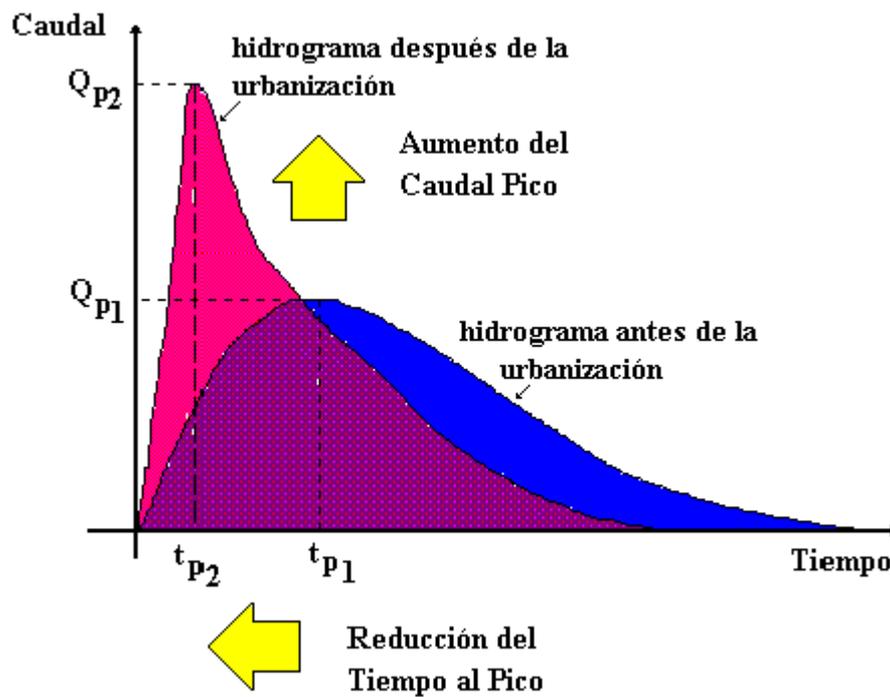
**Figura 4-3 – Relación entre impermeabilización y escurrimiento superficial.**

El desarrollo urbano, la pavimentación y la proporción cada vez menor de espacios verdes en relación con las zonas edificadas traen como consecuencia un aumento notable de los escurrimientos pluviales en las ciudades. El agua que escurre como resultado de la lluvia de determinada intensidad sobre un área de cobertura vegetal natural es muy inferior a la que se produce sobre una ciudad densamente urbanizada donde prácticamente el 100% de su superficie es impermeable.

La urbanización en una cuenca tiende a llenar las áreas bajas (las cuales previamente proveían almacenamiento) y a pavimentar áreas permeables (que proveían infiltración). La suma de un sistema de alcantarillado pluvial con cordones y cunetas colecta más escurrimiento y lo dirige a cauces, lagos o humedales. Esta acción produce un gran volumen de escurrimiento con altos y frecuentes caudales picos. Esto se puede observar en la [Figura 4-4](#), donde se muestran los hidrogramas en escenario previo y posterior a la urbanización.



CASTELLÓ, ROGER P.



**Figura 4-4 – Impacto hidrológico de la urbanización (Bertoni, 2004)**

UNESCO (1987) ejemplifica a través de algunas situaciones el impacto que la urbanización produce en las áreas urbanizadas:

- Un aumento de la impermeabilidad de 40% produce una disminución del 50% en los tiempos de distribución del escurrimiento y un aumento del 90% del caudal máximo de las crecidas;
- Cuando la densidad poblacional pasa de 0,4 hab/ha a 50 hab/ha los tiempos de distribución de los escurrimientos se reducen a la décima parte y los volúmenes escurridos aumentan diez veces;
- La evapotranspiración se reduce en un 38%;
- El escurrimiento superficial aumenta en un 88%.

Desbordes (1989) cita que a causa de obras derivadas de la urbanización, algunas cuencas francesas han visto su tiempo de respuesta dividido por un factor del orden de 5 a 15 y, en consecuencia, la multiplicación del caudal de punta específico ha sido afectado por un factor variando entre 5 y 50. Tucci (1994) analizó la variación del coeficiente de escurrimiento entre áreas rurales y urbanas, concluyendo que para sectores con urbanización media esta variación puede llegar a valores del orden del 200%.

Otro efecto de la urbanización sobre el ciclo del agua es la reducción de la evapotranspiración debido a la sustitución de la cobertura vegetal. La superficie urbana no retiene agua como esta última y no permite la evapotranspiración de las plantas y del suelo.



### 4.3. Inundaciones urbanas

A continuación se describen algunos conceptos generales, brindados en el Curso sobre Gestión de Inundaciones en Áreas Urbanas (Bertoni, 2004), vinculados a las inundaciones en ambientes urbanos, o bien debido al proceso típico de la expansión y desarrollo de áreas próximas a las grandes metrópolis.

#### 4.3.1. Tipos de inundaciones

Aunque las inundaciones urbanas parezcan todas similares, para su análisis es necesario distinguir dos tipos básicos, asociados a procesos que ocurren en forma aislada o integrada. En efecto, en un área urbana pueden ocurrir:

- Inundaciones provocadas por el crecimiento urbano tradicional y/o
- Inundaciones ribereñas

Las inundaciones debido a la urbanización son aquellas en las cuales el aumento de su frecuencia y magnitud se debe fundamentalmente al proceso de ocupación del suelo con superficies impermeables y redes de conducciones de los escurrimientos.

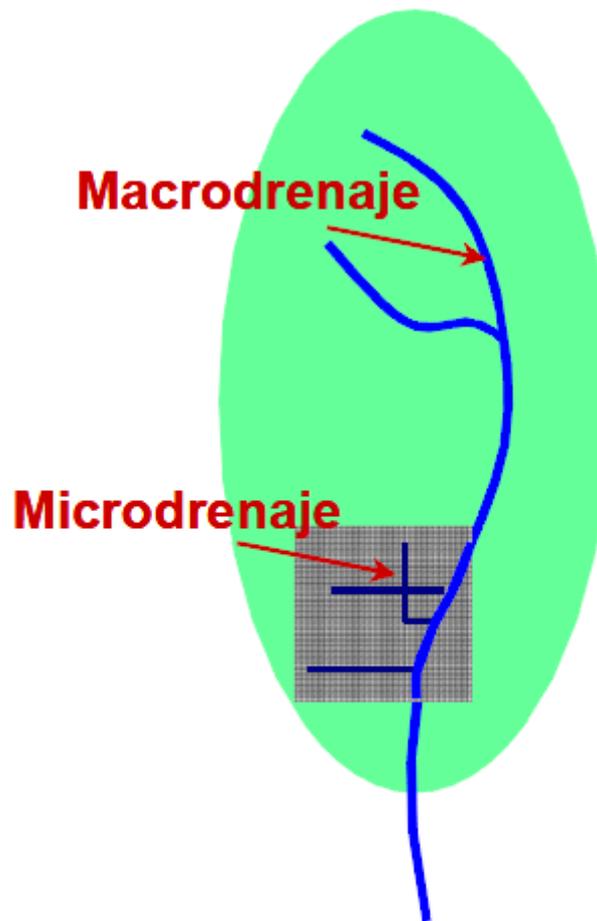
Ocurren en áreas localizadas en proximidades de los sectores más bajos de calles y/o avenidas. Estas inundaciones pueden ser constantes u ocasionales. En el caso de inundaciones constantes la causa básica radica en errores en el proyecto o en la ejecución de pavimentos de calles y avenidas, en la modificación local de la rasante de la calle por la acción de árboles o lomadas, en la ubicación inadecuada o insuficiente de bocas de tormenta o en la falta de análisis de las consecuencias de la concentración excesiva del flujo sobre ramales existentes. También puede ser una causa la falta de capacidad del sistema de drenaje en los conductos de aguas abajo.

Igualmente probables son las obstrucciones debido a residuos, sedimentos u otros elementos, aunque en estos casos las inundaciones no son repetitivas y deberían desaparecer con el mantenimiento del sistema.

En cambio, las inundaciones ribereñas se asocian a la urbanización indebida de áreas inundables aledañas a los cursos de agua. En general estas inundaciones se asocian a eventos severos, y usualmente, se encuentran vinculadas al sistema de macro drenaje de una cuenca; mientras que el primer tipo de inundación está relacionada al sistema de micro drenaje.

#### 4.3.2. Macro y microdrenaje

De acuerdo a una tendencia cada vez más marcada en la literatura especializada, para la planificación, proyecto y operación de un sistema de drenaje urbano corresponde distinguir dos niveles o subsistemas diferentes: el macro y el micro drenaje ([Figura 4-5](#)).



**Figura 4-5 – Subsistemas asociados al drenaje urbano (Bertoni, 2004).**

El subsistema de *macro drenaje* incluye todos los cursos del escurrimiento definidos por las depresiones topográficas naturales de la cuenca, aun siendo efímeros. Por lo general drena áreas mayores a 5 km<sup>2</sup>, dependiendo del tamaño de la cuenca y relieve de la región. Una característica fundamental de este componente es que siempre existe, aun cuando no se ejecuten obras específicas de drenaje. A los fines del proyecto este subsistema debe ser capaz de eliminar o reducir los daños provocados por lluvias excepcionales, convenientemente entre 25 y 100 años de tiempo de recurrencia.

Por su parte, el subsistema de *micro drenaje* abarca todas las obras de drenaje realizadas en áreas donde el escurrimiento natural suele no estar bien definido, siendo determinado por la ocupación del suelo. En un área urbana el subsistema de micro drenaje típicamente incluye al trazado de las calles, los sistemas de cordón cuneta y/o alcantarillas, los sumideros o bocas de tormentas y los sistemas de conducción subterránea hasta el macro drenaje. Este subsistema debe estar proyectado para operar sin inconvenientes ante tormentas con períodos de retorno entre 2 y 25 años, dependiendo del tipo de ocupación del sector.



# MASTERPLAN, PROYECTO DE DRENAJE Y VIALIDAD INTERNA DEL LOTEO "CATALINA NORTE" DE RIO PRIMERO

## LOTEO "CATALINA NORTE"

## CAPÍTULO 5



## CAPÍTULO 5: LOTEO "CATALINA NORTE"

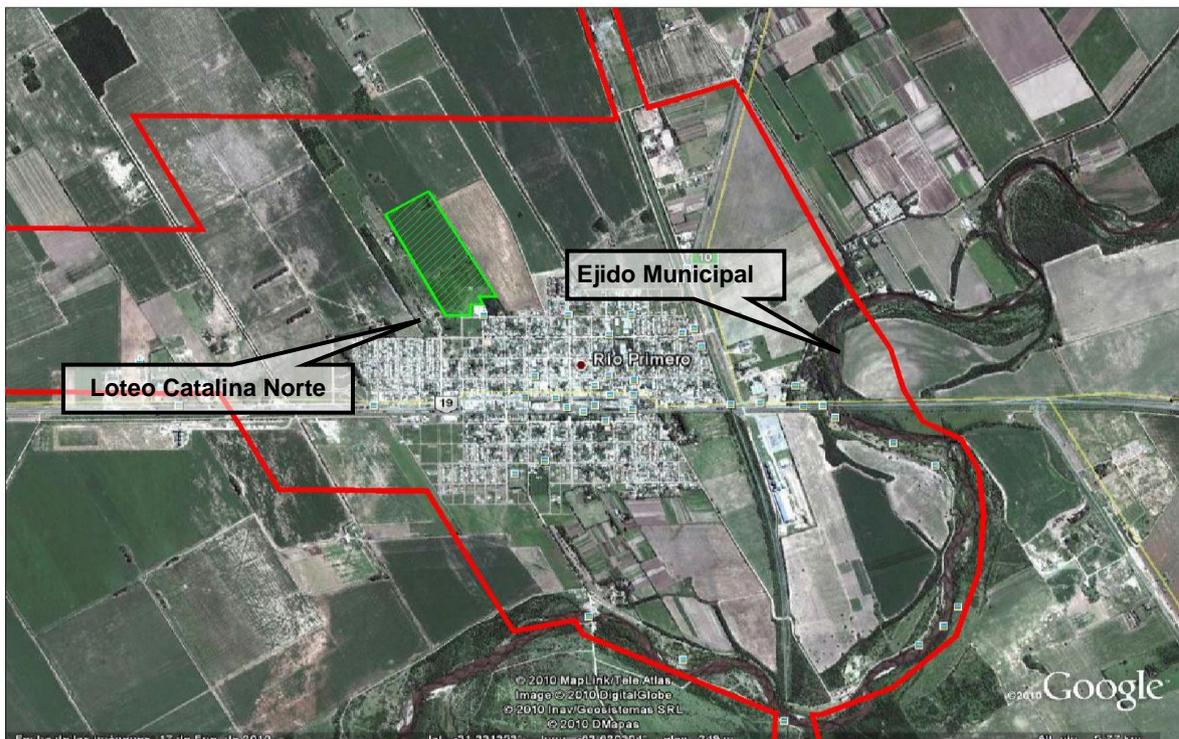
### 5.1. Generalidades.

Lo primero que debemos hacer, cuando nos encargan un proyecto de loteo, así como en la mayoría de los proyectos de ingeniería, es saber los límites de la zona de emplazamiento del futuro proyecto, en este caso en particular, se encargó un proyecto de loteo urbano, es decir dentro del ejido urbano de la localidad de Río Primero, para lo cual como primer paso, se procedió a la mensura de las parcelas de campo, que eran afectadas por el loteo en cuestión.

El loteo está emplazado sobre tres parcelas contiguas entre sí, las cuales se designan como Parcela 212-4271 de 20 Has. 6400 m<sup>2</sup>, Parcela 212-4671 de 34 Has. 6504 m<sup>2</sup> y Parcela 212-9772 de 59Has. 1485 m<sup>2</sup> ([Figura 5-2](#)).

A su vez el loteo ocupa solamente parte de las respectivas Parcelas, por lo que fue necesario realizar la Mensura y Subdivisión de cada parcela, para luego hacer una unión de las tres porciones de parcela donde se emplazaba el loteo.

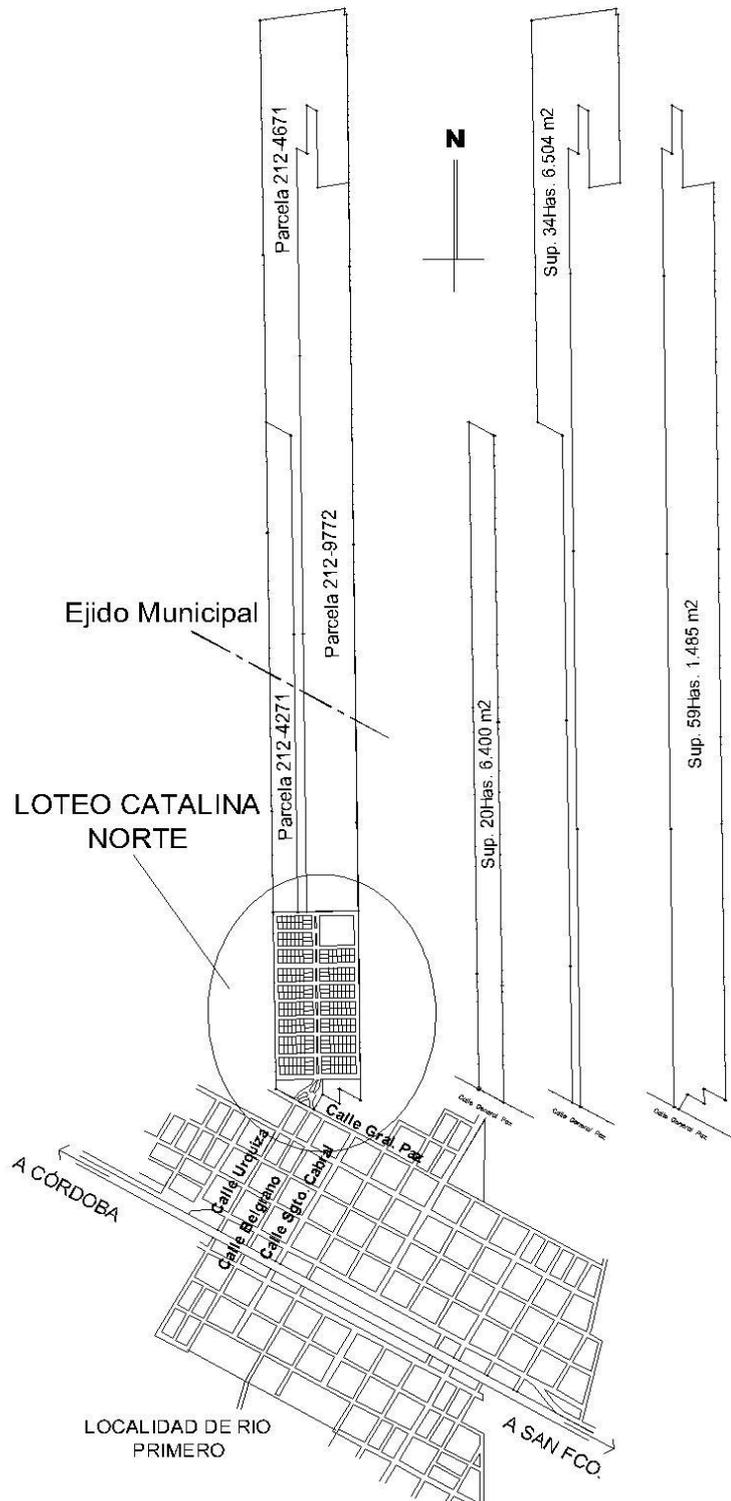
Cabe aclarar que las tres parcelas mencionadas anteriormente son atravesadas en dirección Este – Oeste por la línea del ejido urbano Municipal y que el loteo está emplazado dentro del ejido Municipal de Río Primero ([figura 5-1](#)), por lo cual el proyecto de loteo debe cumplir con la normativa urbanística del Municipio.



**Figura 5-1 – Radio Municipal de Río Primero.**



CASTELLÓ, ROGER P.



**Figura 5-2 – Parcelas vinculadas al loteo.**



A continuación se expone un fragmento de la Normativa urbanística de Río Primero, que trata los temas necesarios para poder llevar adelante el diseño del loteo, como ser anchos de calles, anchos de calzada y veredas, superficie verde a dejar para esparcimiento y recreación, frente y fondos mínimos de parcelas, superficie mínima de parcelas, largos y anchos de manzana, etc.

## 5.2. Normativas urbanísticas de la Municipalidad de Río Primero

### AMANZANAMIENTO Y TRAZADO VIAL

1) Los amanzanamientos deberán efectuarse respetando, con respecto a la trama vial existente, las siguientes pautas fundamentales:

A) Deberá darse continuidad a las Vías Arteriales Principales que el Municipio determine.

B) Las Vías Arteriales Secundarias y Colectoras mantendrán sus características, pudiendo la Municipalidad autorizar modificaciones si así lo considerara oportuno.

C) Se reducirán en lo posible el número de cruces y empalmes sobre las vías principales.

D) Los cruces y empalmes de vías deberán efectuarse preferentemente en ángulo recto, salvo que las dimensiones, forma del área a fraccionar y/o trazado de la red vial de las áreas colindantes aconsejen ángulos distintos, en cuyo caso la curva de encuentro deberá suavizarse.

2) En el trazado de las manzanas deberán cumplimentarse las siguientes normas:

A) Su forma deberá ser preferentemente cuadrángulo rectangular, pudiéndose aceptar cualquier otra forma justificada por el trazado de los sectores colindantes o su orientación, como así también por razones de diseño.

B) Su superficie no será menor de 4.400,00 m<sup>2</sup> con una tolerancia de un 5% previa justificación.

C) Los lados no excederán de 300,00 m ni serán inferiores a 44,00 m, con una tolerancia de un 5% con previa justificación. En cuanto el largo de la manzana exceda de 200,00 m, deberá proyectarse un pasaje peatonal en la parte central de la manzana, el que podrá desplazarse del centro si razones de la trama vial del entorno y/o criterio de la Municipalidad así aconsejaren.

D) En las esquinas deberán trazarse las Líneas de Edificación de Esquina u ochava, las que deberán ser perpendiculares a la bisectriz del ángulo formado por las Líneas Municipales concurrentes, y medir 6,00 m de longitud, cuando el ángulo formado por las Líneas Municipales concurrentes esté comprendido entre 75 y 135 grados. Para ángulos inferiores a 75 grados la Línea de Edificación de esquina u ochava, deberá medir 4,00m, y para ángulo superior a 135 grados no es exigible la previsión de la Línea de Edificación de Esquina. El espacio comprendido entre las Líneas Municipales concurrentes y la Línea de Edificación de Esquina, no deberá ser ocupado por construcción de ningún tipo, ni por medidores ni instalaciones. Deberá cubrirse con el solado correspondiente a las veredas y respetar el nivel de las mismas.



E) Su relieve topográfico deberá tener una altimetría tal que permita la libre evacuación de las aguas de lluvia a las calles colindantes, pudiendo la Municipalidad requerir los estudios respectivos.

## LOTES

### 1) Dimensiones

1.1) En todo Fraccionamiento los lotes deberán respetar todas las limitaciones que se establezcan para cada zona en las Disposiciones Especiales de esta Normativa, con las excepciones de los casos especiales que serán estudiados oportunamente.

1.2) Podrán efectuarse Subdivisiones creándose hasta dos lotes internos cuando los mismos resultarán baldíos, siempre que:

A) Cada uno de los lotes respete la superficie mínima fijada para la zona, y su lado menor no sea inferior al frente mínimo establecido para la zona respectiva.

B) El pasillo de acceso posea un ancho mínimo de 3,40 m medidos entre los ejes medianeros. Cuando existan dos lotes internos, el pasillo permanecerá en condominio, cuando exista un sólo lote interno, el pasillo podrá anexarse a este lote, o permanecer en condominio con el lote del frente. Cuando el pasillo quede en condominio, permanecerá baldío.

1.3) Se aceptara un 5% de tolerancia, previa justificación, en las medidas de frente, fondo y superficie mínima, en base a lo que se establece para cada zona.

### 2) Trazado, Mensura y Amojonamiento

2.1) En el trazado de los lotes deberán respetarse las siguientes normas:

A) Los lotes deberán ser preferentemente cuadrángulo - rectangulares.

B) Las líneas divisorias que nazcan de la L.M., deberán formar preferentemente con esta un ángulo de 90 grados, siempre que razones técnicas no justifiquen lo contrario.

C) Cuando la L.M. sea una curva, por lo menos una de las líneas divisorias del lote que nazca de ella, deberá preferentemente, siempre que razones técnicas no justifiquen lo contrario, formar un ángulo de 90 grados con la tangente a la curva en ese punto.

D) Cuando la L.M. sea una poligonal quebrada, por lo menos una de las líneas divisorias del lote, que nazcan de ella, deberá preferentemente, siempre que razones técnicas no justifiquen lo contrario, formar con ella un ángulo de 90 grados.

2.2) Las operaciones de mensura y amojonamiento de los lotes se registrarán por las normas pertinentes a nivel provincial, sin perjuicio del derecho de la Municipalidad de verificar si se ha dado cumplimiento a las Disposiciones de esta Normativa, antes de la aprobación de la Mensura por el Órgano competente. Es responsabilidad del profesional actuante, el fijado con hormigón de los mojoneros esquineros como mínimo.



## EQUIPAMIENTO

### 1) Espacios Libres

1.1) En toda Urbanización o loteo, deberá preverse una superficie con destino a área o áreas verdes, y equipamiento social, tomados de la superficie neta obtenida del total de los lotes al descontar la superficie destinada a calles y pasajes públicos, vehiculares y peatonales.

Conforme a la siguiente escala:

Hasta 1 ha de la superficie de lotes.....0%

De 1 ha a 3 ha de la superficie de lotes.....10%

De 3 ha de la superficie de lotes en adelante.....15%

A los efectos de la determinación de la superficie destinada al fin expresado, se computara como tal el excedente de superficie de avenidas, calles o bulevares, cuyo ancho exceda de 12 m.

1.2) La superficie destinada a área o áreas verdes y equipamiento social del punto anterior, deberá estar agrupada o integrar una parcela. La distribución, agrupamiento, trazado y otros aspectos referidos a dichos espacios, se efectuará tendiendo a su agrupamiento con los barrios colindantes, quedando sujeto a la aprobación de la O.T.A., la que podrá aconsejar en cada caso en el diseño de anteproyecto, qué espacios se destinarán a agrupamiento y cuales a áreas verdes.

La O.T.A. fijará lo que se establece en este punto teniendo en cuenta para ello:

A- Superficie total de la urbanización a realizar.

B- Relación de la nueva urbanización con otras colindantes o próximas.

C- Ubicación existente y/o prevista de plazas, áreas verdes, escuelas y equipamientos institucionales en general, en zonas colindantes.

D- Áreas no aptas tales como zonas marginales o desechables.

### 2) Red vial

2.1) En toda Urbanización o loteo corresponderá que se realicen obras de apertura y conformación de vías vehiculares y peatonales, forestación de calles, alumbrado público, red eléctrica domiciliaria y red de agua potable.

2.2) Deberán preverse la evacuación de las aguas pluviales y efectuarse todas las construcciones y/o instalaciones necesarias para evitar perjuicios en las zonas colindantes. El propietario podrá solicitar la colaboración técnica municipal a los fines de efectuar estudios en conjunto a tales efectos.



## ZONAS RESIDENCIALES

DENOMINACION: RESIDENCIAL 10

DELIMITACION: Desde Av. Ceferino Namuncurá intersección con Av. Malvinas Argentinas, por esta hasta su intersección con la calle General Urquiza, por esta hasta su intersección con calle Entre Ríos, por esta hasta su intersección con Av. Ceferino Namuncurá, por esta hasta su intersección con Av. Malvinas Argentinas.

Desde calle General Urquiza intersección con calle General Paz, por esta hasta su intersección con calle General Manuel Belgrano, por esta hasta su intersección con Av. Malvinas Argentinas, por esta hasta su intersección con calle General Urquiza, por esta hasta su intersección con calle General Paz.

## USOS DEL SUELO

- DOMINANTE: residencial de vivienda individual.
- COMPLEMENTARIO: comercial de bienes y servicios.
- CONDICIONADO:
  - comercial de bienes y servicios según listado.
- NO PERMITIDO:
  - Industrial

## SUBDIVISION DEL SUELO

- MANZANAS
  - \* FORMA: preferentemente cuadrángulo rectangular.
  - \* DIMENSIONES:
    - LADO 1: 44 m
    - LADO 2: 100 m
- PARCELAS
  - \* FORMA: Rectangulares o cuadradas.
  - \* DIMENSIONES: no se admiten subdivisiones.
    - FRENTE MINIMO: 13,50 m
    - FONDO MINIMO: 22,00 m
    - SUPERFICIE MINIMA: 300,00 m<sup>2</sup>
- PARCELAS EN ESQUINA



**CASTELLÓ, ROGER P.**

- \* FORMA: Rectangulares o cuadradas.
- \* DIMENSIONES: no se admiten subdivisiones.

FRENTE MINIMO: 16,00 m

FONDO MINIMO: 22,00 m

SUPERFICIE MINIMA: 350,00 m<sup>2</sup>

#### - FORMAS DE OCUPACION DEL SUELO

- FOS: 0,70

- FOT: 1,10

Se aceptara, previa justificación, una tolerancia del 5%, en los valores de superficie, resultante del cálculo F.O.S. y F.O.T..

#### - LINEA DE EDIFICACION DE FRENTE

\* RETIRO: 3.00 mts.

#### - ALTURA DE LA EDIFICACION

\* NÚMERO DE PISOS: hasta dos plantas.

### REQUISITOS DE LA RED VIAL

#### - DIMENSION TOTAL DE CALLE:

Callejuelas o pasajes: 12 metros.

Calles colectoras: 14 metros.

Calles principales y secundarias: 20 metros

#### - DIMENSION DE LA ACERA:

Callejuelas o pasajes: 1.50 metros.

Calles colectoras: 1,70 metros.

Calles principales y secundarias: 2.10 metros

#### - DIMENSION DEL ESPACIO VERDE:

Callejuelas o pasajes: 0.75 metros.

Calles colectoras: 0.90 metros.

Calles principales y secundarias: 1.75 metros.

#### - DIMENSION DE LA CALZADA (incluido el cordón)



**CASTELLÓ, ROGER P.**

Callejuelas o pasajes: 7.50 metros.

Calles colectoras: 8.80 metros.

Calles principales y secundarias: 12.30 metros

- TIPO DE FORESTACION: la que se establezca la O.T.A.

-

#### REQUISITOS DE LA EDIFICACION

- CARACTERISTICAS TIPOLOGICAS: no se exige.

- TRATAMIENTO DE FACHADAS: no se exige.

#### REQUISITOS DE INFRAESTRUCTURA

-Lo que establezca la O.T.A.

#### REQUISITOS DE LA RED VIAL

- Los que establezca la O.T.A.

#### REQUISITOS DEL EQUIPAMIENTO

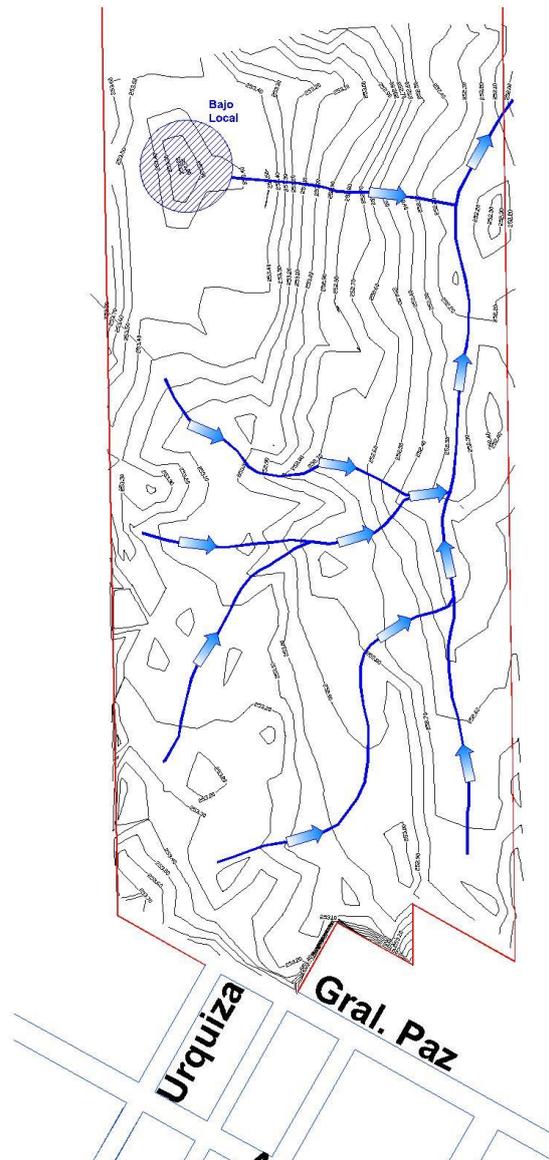
-Lo que establezca la O.T.A.

### **5.3. Relevamientos, elaboración de alternativas y Masterplan definitivo**

Una vez definido los límites del loteo, es decir realizada la mensura, se procedió a realizar un relevamiento topográfico de la zona del loteo y alrededores, buscando obtener las coordenadas planialtimétricas de puntos del terreno ([figura 5-3](#)), para la confección de curvas de nivel, las cuales me permitirán estudiar líneas de escorrentías, zonas altas y depresiones del terreno, poder analizar el lugar más conveniente para lagunas de retardo. También se relevaron anchos de calles existentes para continuación de las mismas, cotas de canales, alcantarillas, cordones cunetas, bocas de tormenta, etc. existentes.



CASTELLÓ, ROGER P.

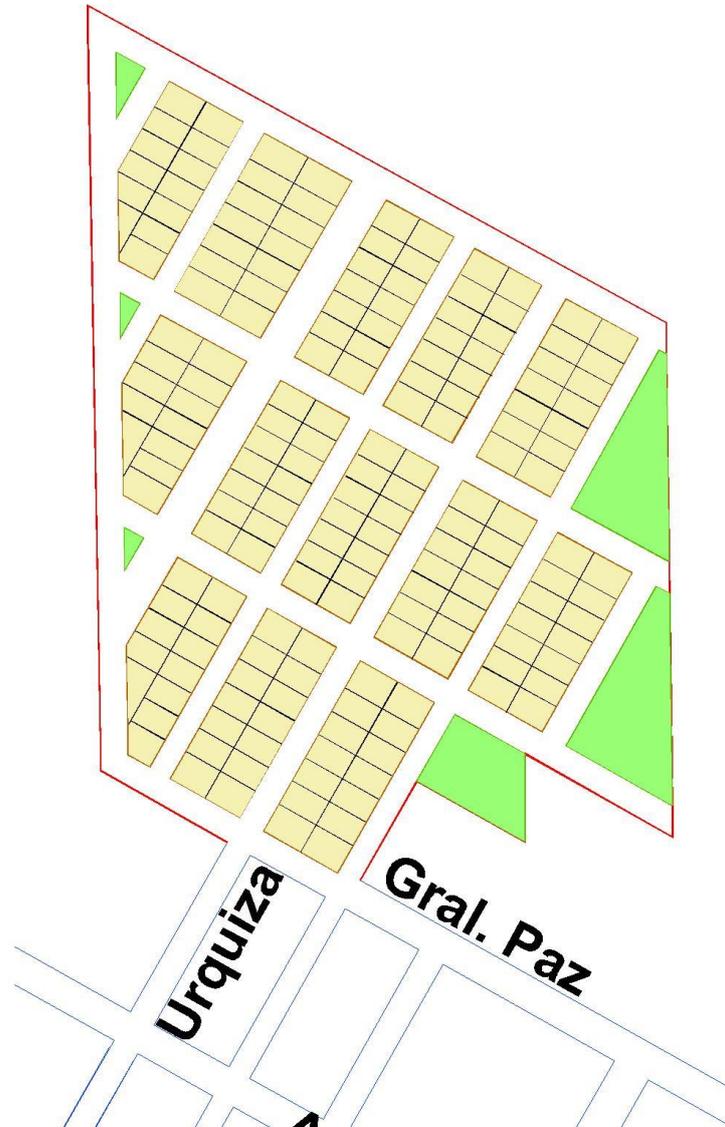


**Figura 5-3 – Topografía - líneas de escurrimientos naturales.**

Una vez terminado con el relevamiento de la zona, se procedió a realizar el anteproyecto del loteo, del cual surgieron 3 alternativas factibles de loteo, que cumplían con lo exigido por la Municipalidad, donde luego de diferentes análisis de costo, gusto del loteador y trabajo en conjunto con personal técnico de Municipalidad, se llegó al proyecto definitivo o Masterplan del loteo.

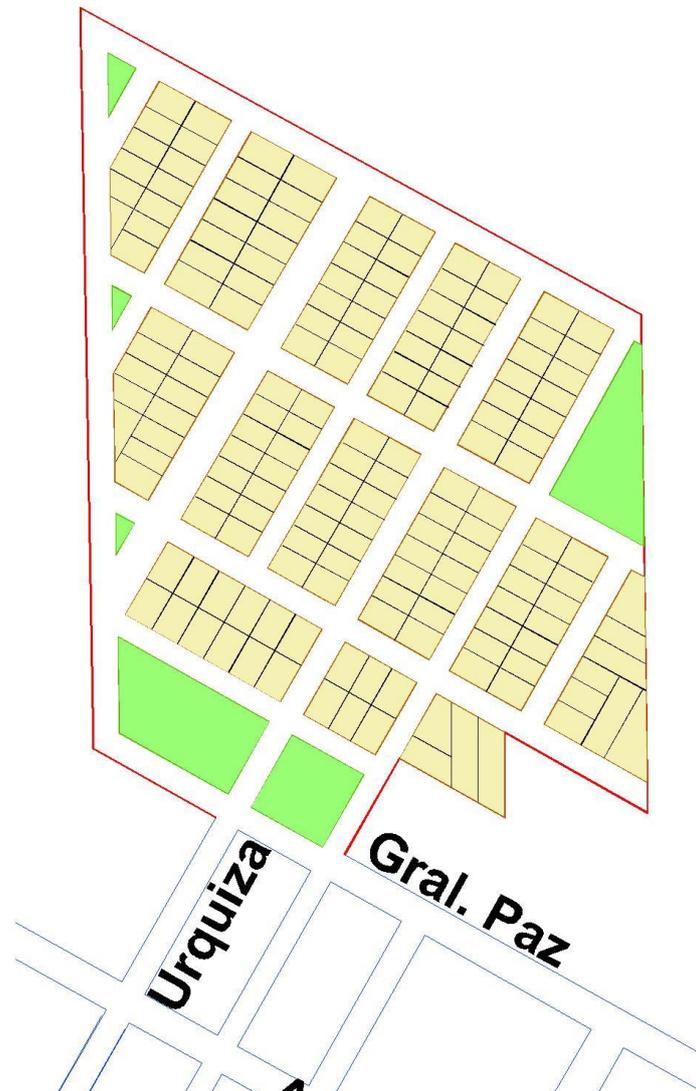
A continuación se muestra algunas de las alternativas que fueron desechadas por diversas cuestiones antes mencionadas.

**Alternativa n°1:** esta opción contaba de 177 lotes, los espacios verdes fueron llevados hacia las manzanas más irregulares, donde se realizarían las futuras lagunas de retardo y aprovechar las manzanas más regulares para los lotes. El trazado vial estaba conformado por continuación de Avenidas de 20m, calles de 14m y pasajes de 12m de ancho respectivamente.



**Figura 5-4 – Alternativa n° 1.**

**Alternativa n°2:** esta opción contaba con 167 lotes (10 menos que la opción anterior), pero con mejor distribución de los espacios verdes ya que contaba con un gran espacio verde en el ingreso al loteo, para esparcimiento y emplazamiento de laguna de retardo de protección contra excedentes pluviales ajenos al loteo. También contaba con un gran espacio verde para esparcimiento y futuro emplazamiento de laguna de retardo para controlar los excedentes pluviales generados por el propio loteo. Con respecto al trazado vial también estaba conformado por continuación de Avenidas de 20m, calles de 14m y pasajes de 12m de ancho respectivamente.



**Figura 5-5 – Alternativa n° 2.**

**Alternativa n°3:** en esta opción se cambió toda la disposición del amanzanamiento y trazado vial, por expreso pedido del personal técnico de la Municipalidad de Rio Primero, el motivo fue que los campos en toda la periferia del pueblo están orientados según dirección Norte y sur, en cambio el trazado vial del mismo es paralelo a Ruta Nacional N°19 y FFCC Belgrano, esto ocasiono que todos los loteos nuevos que se realizan quedan con un gran número de manzanas irregulares en forma de cuñas lo cual perjudica al loteador al tener lotes también irregulares y también genera un trazado vial que no es seguro al tener intersecciones de calles con ángulos menores a 90°. Este pedido trajo un beneficio al loteo Catalina Norte y el loteador dispuso hacer un loteo más grande de 275 lotes con espacio verde al ingreso para esparcimiento y laguna reguladora de excedentes pluviales ajenos al loteo y espacio verde para esparcimiento y laguna reguladora de los excedentes propios del loteo al final del mismo por conveniencia según escurrimiento natural del campo. Con respecto al trazado vial el personal técnico de la Municipalidad prohibió los pasajes de 12m y el loteo quedo conformado por Avenidas de 20 y 25m y calles de 14m de ancho respectivamente.



**Figura 5-6 – Alternativa n° 3.**

**Alternativa final o Masterplan definitivo del loteo Catalina Norte:** se achico el espacio verde al ingreso del loteo y se agrando el espacio verde al fondo del loteo para obtener en la laguna que controla los excedentes pluviales propios del loteo mayor volumen de almacenamiento debido a que el predimensionado de la laguna así lo exigía. Si bien el loteo ocupa ahora mayor superficie en el campo la cantidad de lotes disminuyo de 275 a 245 lotes, debido a una nueva orientación de los mismos y a que se dejó un lote de 8.045 m<sup>2</sup> que se canjearía a la Municipalidad de Rio Primero por obra de agua potable.

Se realizó un Boulevard de 25m de ancho que atraviesa el loteo en dirección Norte-sur y se orientaron los frentes de lotes hacia dicho Boulevard, la idea de dicho bulevar fue la de generar un cantero central verde que reemplace la no existencia de plazas en la zona central del loteo y que serviría como veremos más adelante para canal de conducción de



excedentes pluviales casi en toda su longitud. El trazado vial quedo conformado entonces por el Boulevard de 25m, Avenidas de 20m y calles de 14m de anchos respectivamente.



**Figura 5-7 – Masterplan definitivo del loteo.**

El Loteo "Catalina Norte" es un emprendimiento desarrollista, destinado en su totalidad a la construcción de viviendas unifamiliares.

Comprende 18 manzanas, 17 de ellas de formas regulares y dimensiones variables y la restante manzana de forma irregular cedida a la Municipalidad de Rio Primero como parte de un convenio de abastecimiento de agua potable, entre ambas partes (Municipalidad y desarrollistas). En estas 18 manzanas se ejecutaron un total de 245 lotes.

El fraccionamiento comprende una superficie aproximada de 19,5 Has en total, dividida de la siguiente manera: 2,3 Has de espacio verde, 6,8 Has de calles y 10,4 Has destinada a lotes, lo que dividida en 245 lotes me da una superficie promedio por lote de 425 m<sup>2</sup>.



# MASTERPLAN, PROYECTO DE DRENAJE Y VIALIDAD INTERNA DEL LOTEO "CATALINA NORTE" DE RIO PRIMERO

## ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

## CAPÍTULO 6



## CAPÍTULO 6: ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO

El presente informe describe los criterios empleados en el estudio hidrológico y el análisis hidráulico del sistema de desagüe pluvial propuesto para el loteo "Catalina Norte".

El predio donde se emplazará el mismo se encuentra en la Localidad de Río Primero, situada al Este de la Ciudad de Córdoba. El fraccionamiento comprende una superficie aproximada de 19,5Has dividida en 245 lotes de superficie promedio 425m<sup>2</sup>.

El estudio hidrológico tiene por objeto definir los caudales de diseño producidos en las cuencas a las que pertenece el loteo. La urbanización del mismo implica un aumento en la impermeabilización del terreno, lo cual lleva a un incremento de escurrimiento a la salida de la cuenca, por lo tanto, los caudales se determinarán tanto para la situación natural del terreno (Situación Actual, previa al proyecto) como para cuando se consolide la urbanización (Situación Futura), determinando los incrementos en los caudales entre ambos escenarios.

En función de lo anterior se proyectan obras de Captación, Conducción, Regulación y Descarga; a fin de controlar los excesos, atenuando los efectos que éstos ocasionarían a terceros ubicados aguas abajo del loteo.

Además de las obras anteriormente mencionadas, también se proyectó la ejecución de una Laguna de Prevención, la cual se ubicará en el ingreso al loteo y entraría en funcionamiento para aquellos casos en los cuales las obras hidráulicas de la ciudad se vean desbordadas. Cabe destacar que la mencionada laguna no solo beneficiaría al loteo evitando el ingreso de un considerable volumen de agua, sino que sería una importante colaboración a la regulación hidráulica general de la ciudad.

### 6.1. METODOLOGIA

El desarrollo metodológico, en el que se incluye la recopilación, clasificación y análisis de antecedentes, comprende las siguientes etapas y las implicancias de cada una de ellas, la mayoría de las cuales se encuentran intrínsecamente relacionadas. Estas etapas pueden ser contempladas en dos grandes capítulos tales como el "estudio hidrológico" y el "análisis hidráulico del sistema de drenaje".

#### ➤ ESTUDIO HIDROLÓGICO

- Caracterización Hidrogeomorfológica de las Cuencas de Aporte Hídrico
  - Definición de la red de escurrimientos
  - Delimitación de las subcuencas
  - Tipo de suelos y cobertura
  - Uso del suelo
- Determinación de la Tormenta de Diseño
  - Periodo de retorno



**CASTELLÓ, ROGER P.**

- Duración
- Lámina total
- Distribución temporal
- Distribución espacial
- Lluvia neta o efectiva
- Transformación Lluvia – Caudal y Propagación de Caudales
  - Caudal pico
  - Obras de regulación

## 6.2. DESCRIPCION GENERAL DE LA ZONA

### 6.2.1. Ubicación

El área en estudio se encuentra ubicada en una zona rural perteneciente a la Localidad de Río Primero, Departamento Río Primero, aproximadamente a 50 Km al Este de la Ciudad de Córdoba, sobre la Ruta Nacional 19. En la [Figura 6-1](#), puede observarse la ubicación relativa del loteo bajo estudio con respecto a la Localidad.



**Figura 6-1 – Ubicación del Loteo**



### 6.3. DELIMITACION Y SUBDIVISION DE LAS AREAS DE APORTE

#### 6.3.1. Áreas de aporte externas al loteo que no ingresan al mismo

La red de drenaje y las subcuencas hídricas están íntimamente relacionadas con la disposición de la red vial y ferroviaria, es decir que muchos cierres de subcuencas están dados artificialmente por caminos o rutas, que funcionan como divisorias de agua o virtualmente se comportan como vías de escurrimiento, modificando de manera local la red hídrica natural.

En una primera instancia, la delimitación de las cuencas y su red de escurrimiento ha sido analizada sobre la base de las cartas topográficas del I.G.M. a escala 1:50.000 (Figura 6-2). A esta escala se destaca como obra de drenaje y de protección a la localidad el cruce de los excedentes de esta gran macrocuenca de aporte externo a la batería de alcantarillas de la Ruta 19, construida en el marco del proyecto de la Red de Accesos a Córdoba.

Los excedentes generados al Suroeste de la localidad, alcanzan la cuneta del FFCC paralelo a la Ruta Nacional Nº 19 y cruza hacia el Norte, siguiendo el camino a Comechingones, por medio de una batería de alcantarillas de 13 bocas de 2.00 m de ancho por 1.00 m de alto. Este cruce en el FFCC está compuesta por dos alcantarillas rectangulares de 1.50 x 0.80 más dos conductos de diámetro 600 mm (Figura 6-3).

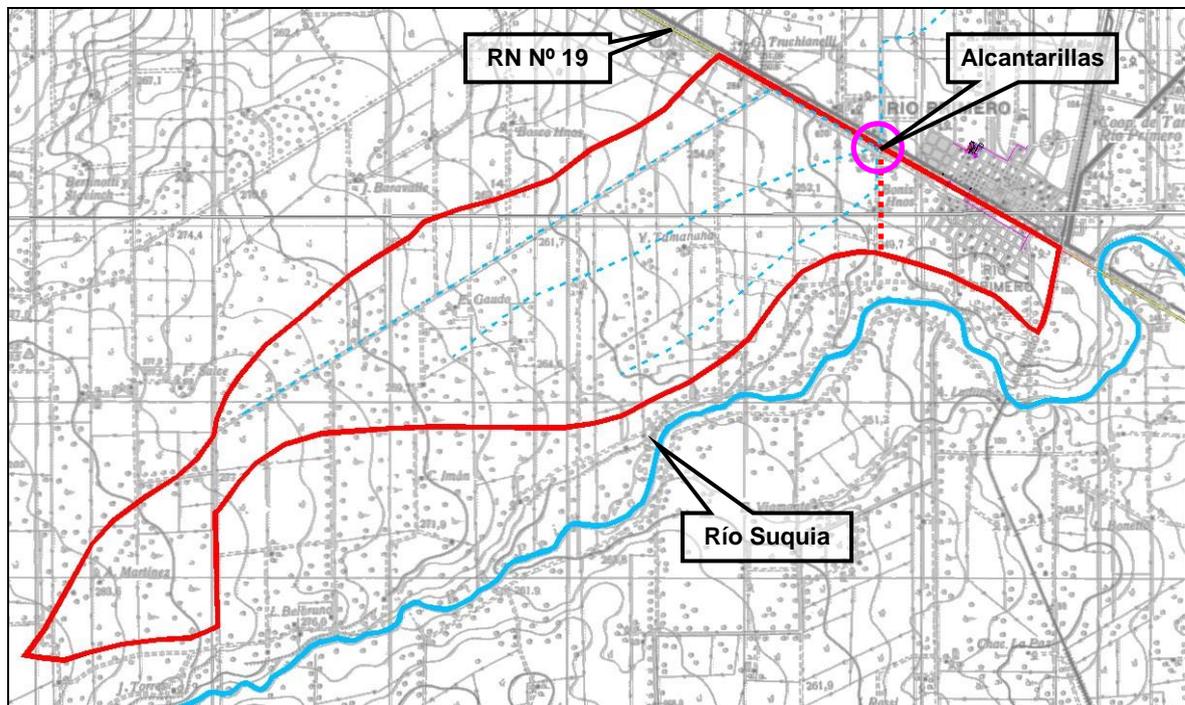


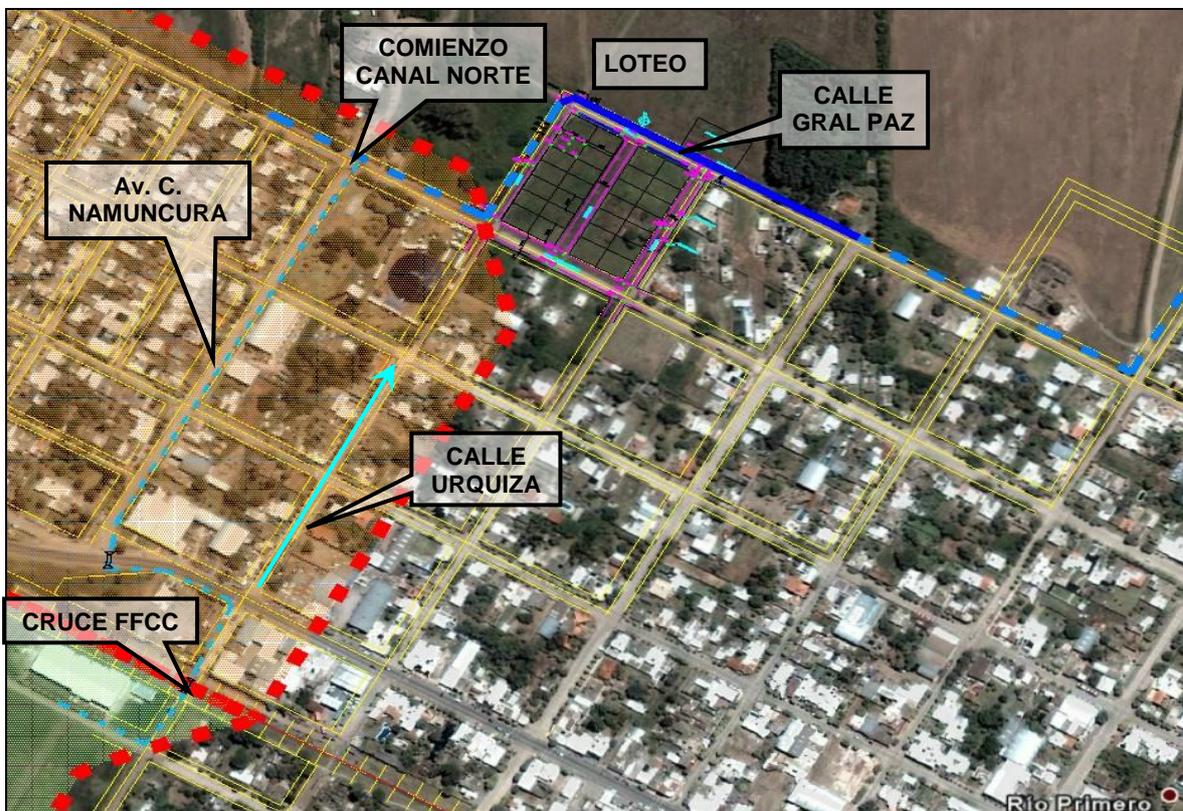
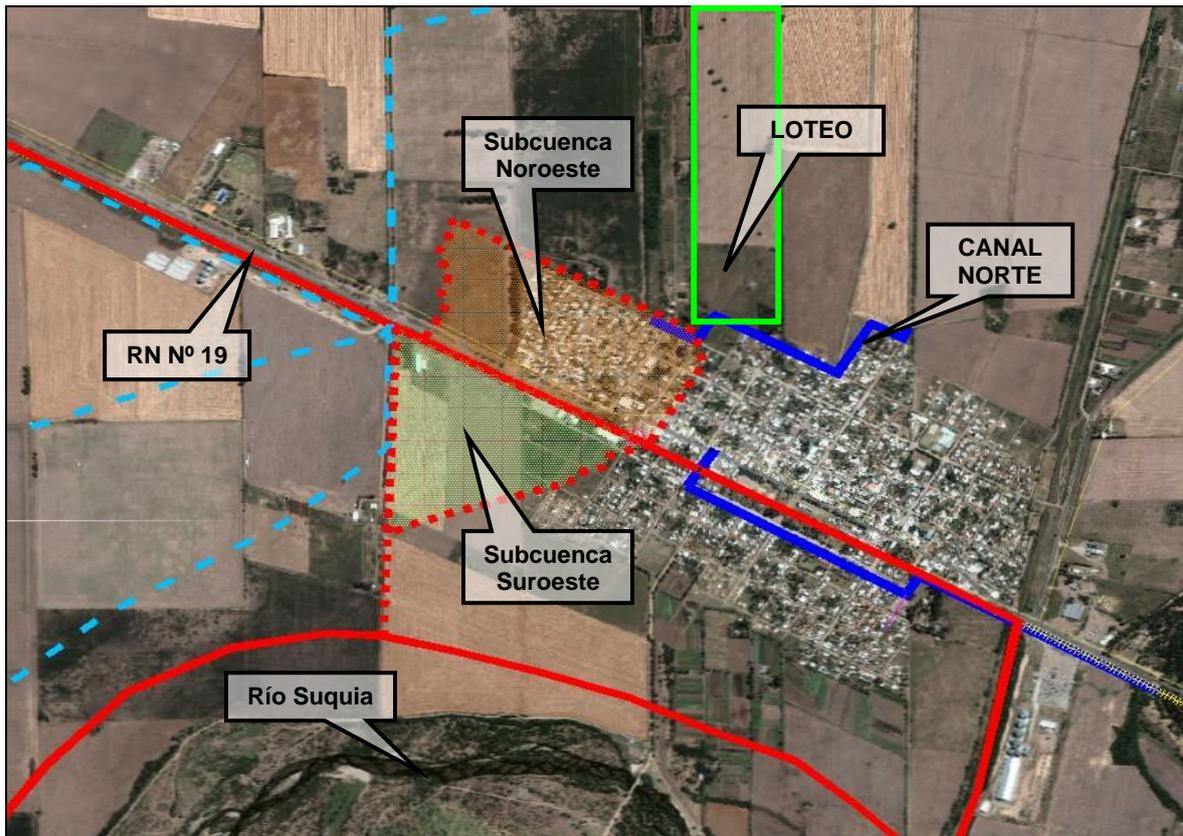
Figura 6-2 – Ubicación de la macrocuenca sobre cartografía del I.G.M.



**Figura 6-3 – Cruce Cuenca Externa FFCC. Y RN Nº 19**

De acuerdo a esta obra de protección, las áreas de aporte hacia la zona del loteo bajo análisis se reducen a: una **subcuenca Suroeste**, ubicada al Sur del FFCC y la Ruta 19, con uso del suelo predominantemente rural o periurbano; y una **subcuenca Noroeste**, con un elevado grado de urbanización ([Figura 6-4](#)).

En la zona urbana de Río Primero el escurrimiento natural no se encuentra jerarquizado y por lo tanto queda determinado por la ocupación del suelo (con áreas de mayor o menor respuesta hidrológica) y el trazado de calles (cunetas). Por lo tanto, en función de las cotas de cunetas y alcantarillas y del relevamiento visual del sector, fueron determinadas las principales obras de drenaje (color azul), el sentido de escurrimiento (color cian) y las subcuencas de la zona (color rojo).



**Figura 6-4 – Subcuencas de aporte externo al loteo.**



CASTELLÓ, ROGER P.

El cruce del FFCC de la subcuenca Suroeste es realizado mediante una alcantarilla existente de 3.50 m de base por 0.50 m de altura, emplazada en coincidencia con la calle Urquiza, por la cual continúan los escurrimientos hasta la Ruta Nacional N° 19. Al llegar a la ruta el escurrimiento se divide en dos, hacia el Este por cuneta de la Ruta 19 hasta Av. Sargento Cabral donde cruza hacia el Norte por alcantarilla y hacia el Oeste, por el cordón cuneta hasta la alcantarilla de 1.20 m por 0.50 m, que descarga superficialmente a la Av. Ceferino Namuncurá. Para recurrencias mayores el agua además de dividirse en dos, cruza sobre la carpeta de la ruta continuando por calle Urquiza hasta el ingreso al Loteo ([Figura 6-5](#)).



**Figura 6-5 – Cruce del FFCC de la Subcuenca suroeste y como se distribuye sobre calle**

**Urquiza y Av. C. Namuncurá**

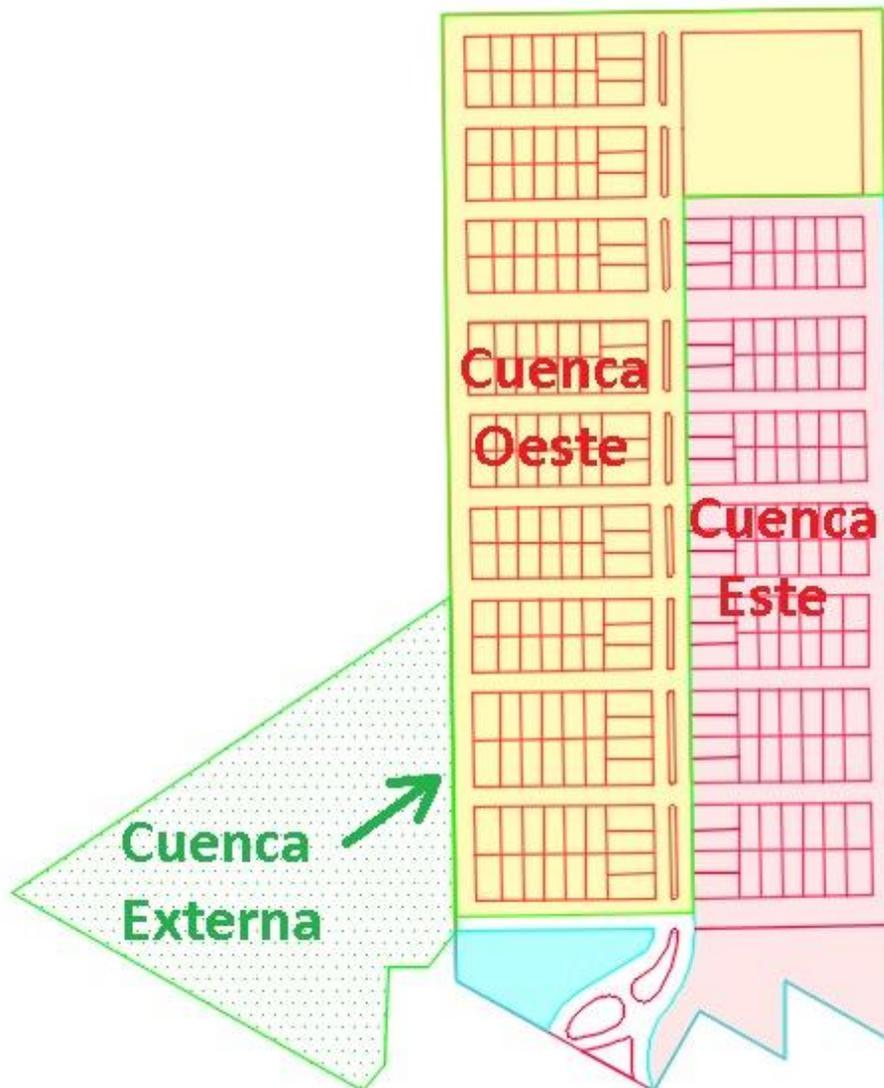
Este volumen de agua es el que será regulado con la laguna de prevención situada al ingreso del loteo



### 6.3.2. Áreas de aporte internas y externas que ingresan al loteo

La delimitación de las áreas de aporte y red de escurrimiento natural del terreno se realizó en base a curvas de nivel obtenidas de relevamiento topográfico realizado en el lugar, Google Earth, curvas del IGN y antecedentes de trabajos realizados en la zona.

Debido a la planicie característica de la zona, fue de gran complejidad distinguir relieves considerables que permitan delimitar cuencas bien marcadas; sin embargo, a causa de la pendiente decreciente en dirección Oeste-Este y con el objeto de asegurar un adecuado funcionamiento hidrológico, se resolvió considerar el aporte de una cuenca externa de aproximadamente 5Has; Además, es posible diferenciar dos cuencas dentro del loteo en cuestión, Oeste (amarillo) y Este (rosa), como puede observarse en la [Figura 6-6](#). Finalmente, el área resaltada en color celeste al sur de la figura será destinada a la laguna preventiva para evitar el ingreso al loteo de excesos de agua provenientes del sur de la Localidad.



**Figura 6-6 – Delimitación de Cuencas Internas**



## 6.4. DETERMINACION DE LOS PARAMETROS FISICOS DE LA CUENCA

La relación entre la precipitación total y el caudal escurrido, se encuentra condicionada por ciertas características geomorfológicas de la cuenca y su cobertura vegetal. Las mismas se clasifican en dos tipos, primero las que influyen en el volumen de escurrimiento, como ser el área y tipo de suelo, y segundo las que determinan la velocidad del escurrimiento, como son la pendiente de la cuenca, cursos de agua, la cubierta, etc.

### 6.5.1. Área de la Cuenca.

El área de la cuenca es un parámetro fundamental que condiciona el volumen de escurrimiento pluvial y se define como la superficie en proyección horizontal delimitada por la línea divisoria de aguas, siendo ésta la línea formada por los puntos de mayor cota o nivel topográfico que separa la cuenca de las cuencas vecinas.

En este trabajo todas las cuencas analizadas son exorreicas, o sea, que el punto de salida se encuentra en los límites de la cuenca.

### 6.5.2. Longitud del Cauce Principal

El cauce principal de una cuenca es la corriente que pasa por la salida de la misma. Las demás corrientes se denominan tributarias, y mientras más cantidad de estas tenga la cuenca más rápida será su respuesta.

### 6.5.3. Pendiente del Cauce Principal

Uno de los indicadores más importantes del grado de respuesta de una cuenca ante una tormenta es la pendiente del cauce principal. Dado que la misma varía a lo largo del cauce, es necesario definir una pendiente media; para lo cual existen varios métodos. Sin embargo para el presente trabajo se empleó uno de los más sencillos, sino el más. El mismo establece que la pendiente media del cauce principal es igual al desnivel entre los extremos de la corriente dividido por su longitud medida en planta.

$$S = \frac{\Delta H}{L}$$

Donde S: pendiente media del cauce principal (m/m),  $\Delta H$ : desnivel entre los extremos del cauce principal (m), L: longitud en planta del cauce principal (m).

De cada una de las cuencas delimitadas, expuestas en la [Figura 6-6](#), fueron determinados los parámetros físicos más importantes que se resumen en la [Tabla 1 y Tabla 2](#).



CASTELLÓ, ROGER P.

Cuenca		Parámetros Físicos			
		A (Ha)	L (m)	H (m)	S (%)
Interna	C1	19,48	757	1,5	0,198
Externa	C <sub>ext</sub>	4,76	295	0,8	0,254

**Tabla 1 – Parámetros Físicos de Cuencas de Aporte. Situación Actual**

Cuenca		Parámetros Físicos			
		A (Ha)	L (m)	H (m)	S (%)
Internas	C1	11,00	744	1,35	0,182
	C2	7,31	669	1,20	0,179
Externa	C <sub>ext</sub>	4,76	295	0,75	0,254

**Tabla 2 – Parámetros Físicos de Cuencas de Aporte. Situación Futura**

## 6.5. TORMENTA DE DISEÑO

La tormenta de diseño es la secuencia de precipitaciones capaz de provocar la crecida de diseño en la cuenca analizada. Su determinación implica definir la duración de la lluvia, la lámina total precipitada, su distribución temporal y espacial, y la porción de dicha lámina que efectivamente contribuye a la generación de escorrentías.

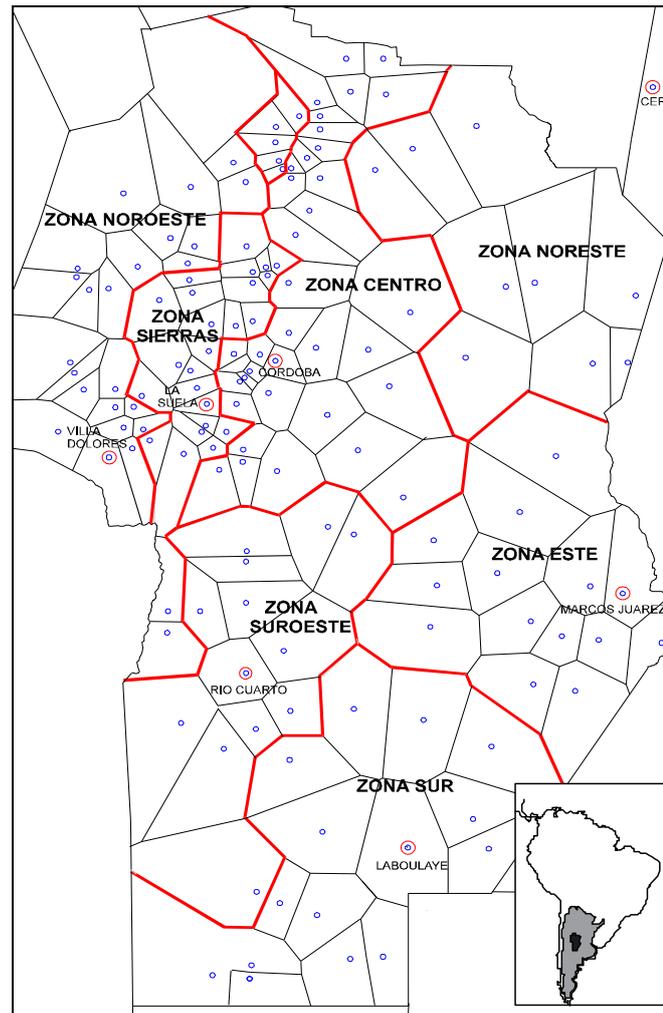
La Provincia de Córdoba cuenta actualmente con valiosos estudios sobre tormentas de diseño realizados por el Instituto Nacional del Agua - Centro de la Región Semiárida (INA - CRSA). Esta repartición elaboró el trabajo “Regionalización de Precipitaciones Máximas para la Provincia de Córdoba” (Caamaño Nelly, 1993), a partir de los registros de 141 estaciones pluviométricas y 7 pluviográficas en toda la provincia.

Según este análisis del CRSA, el área en estudio queda comprendida en la Zona Centro, la cual tiene como pluviógrafo base la estación Córdoba Observatorio. Este será empleado verificando todas las condiciones de aplicabilidad establecidas por el CRSA que se enuncian a continuación:

- La distancia entre la región de análisis y la estación no debe superar los 150 Km;
- La diferencia de lluvia media anual entre ambas zonas no supere los 100 mm;
- La diferencia de cota sea inferior a 200 m;
- Las características fisiográficas deben ser similares;
- En la distancia mencionada en a) no se atravesase ningún cordón montañoso.



CASTELLÓ, ROGER P.



**Figura 6-7 – Regiones Pluviográficas Provincia de Córdoba (Caamaño Nelly, 1993).**

### **6.5.1. Periodo de retorno**

Los sistemas hidrológicos son afectados por eventos extremos, cuya magnitud está inversamente relacionada con la frecuencia de ocurrencia. Por definición, el periodo de retorno es el tiempo promedio durante el cual la magnitud analizada puede ser igualada o superada, al menos, una vez.

Se han adoptado diferentes periodos de retorno, según las funciones básicas y complementarias de un sistema de drenaje. Para la función básica se ha adoptado un periodo de 100 años, valor recomendado por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Provincia de Córdoba. En el caso de la función complementaria, la recurrencia es función del uso de la tierra y el tipo de vía terrestre, lo cual para lotes con uso residencial se recomienda adoptar recurrencias de 5 años y de 10 años respecto si se ubica sobre calles o avenidas respectivamente.

Para el estudio preliminar se determinaron los caudales para recurrencias de 10 y 100 años.



### 6.5.2. Duración

La duración de una tormenta de diseño se adopta igual o levemente superior al tiempo de concentración (TC) de la cuenca. Este criterio permite que el caudal máximo se origine por la contribución de toda el área de aporte. El tiempo de concentración se define como el máximo tiempo de traslado que una gota de lluvia efectiva necesita para alcanzar la sección de salida de la cuenca.

Para la estimación del TC de las cuencas se evaluaron varias fórmulas empíricas basadas en las características físicas de las subcuencas, de las cuales se destacan algunas de las más usadas: Método Racional Generalizado, Kirpich, Témez, etc.

Las fórmulas utilizadas se resumen en:

- **Método Racional Generalizado (MRG):** Se sugiere adoptar k próximo a la unidad.

$$T_c = \frac{60 K L}{H^{0,3}}$$

Donde L = longitud del cauce principal (m), H = diferencia de nivel de la cuenca (m), k = rugosidad relativa del cauce.

- **Fórmula de Pilgrim:**

$$T_c = 0,76 A^{0,38}$$

Donde A = área de la cuenca (Ha).

- **Kirpich (K):** Desarrollada para cuencas urbanas.

$$T_c = 0,0195 \frac{L^3}{H}^{0,385}$$

Donde L = longitud del cauce principal (m), H = diferencia de nivel de la cuenca (m).

- **Bransby Williams:**

$$T_c = \frac{58 L}{A^{0,1} S_c^{0,2}}$$

Donde L = longitud del cauce principal (m), Sc = pendiente de la cuenca (m/m), A = área de la cuenca (Ha).

- **Cartas de Velocidad Promedio:**

$$T_c = \frac{1}{60} \sum \frac{L}{V}$$

Donde L = longitud del cauce principal (m), V = velocidad estimada (m/seg).



Para adoptar el tiempo de concentración de cada cuenca se ha computado un promedio ponderado en función de la aplicabilidad de las fórmulas al caso de estudio. De acuerdo a lo observado en las estimaciones, el tiempo de concentración resulta variable en función de la cuenca de aporte considerada. Además se determinó el tiempo de retardo de cada cuenca, el cual se obtuvo como:

$$Tr = 0,60 Tc$$

En la [Tabla 3](#) y [Tabla 4](#), se muestran los valores de Tc promedio y tiempo de retardo (Tr) obtenidos para cada cuenca.

Cuenca		Tc (hs)	Tr (hs)
<b>Interna</b>	C1	0,502	0,301
<b>Externa</b>	C <sub>ext</sub>	0,380	0,228

**Tabla 3 – Tiempo de Concentración y de Retardo. Situación Actual**

Cuenca		Tc (hs)	Tr (hs)
<b>Internas</b>	C1	0,692	0,415
	C2	0,645	0,387
<b>Externa</b>	C <sub>ext</sub>	0,380	0,228

**Tabla 4 – Tiempo de Concentración y de Retardo. Situación Futura**

Para el sistema estudiado la duración de lluvia de diseño adoptada es de 30 minutos para periodos de retorno de 10 años, y de 60 minutos para periodos de retorno de 100 años, debido a que son las que mayores caudales picos generan a la salida del sistema. Sin embargo, fueron analizadas otras duraciones de tormenta que presentaban mayores probabilidades de ocurrencia a los efectos de evaluar el comportamiento ante otros escenarios meteorológicos.



### 6.5.3. Lamina Precipitada - Curvas i-d-f

La lámina precipitada se ha obtenido a partir de las Curvas i-d-T (Figura 6-8) desarrolladas por el CRSA para Zona Centro.

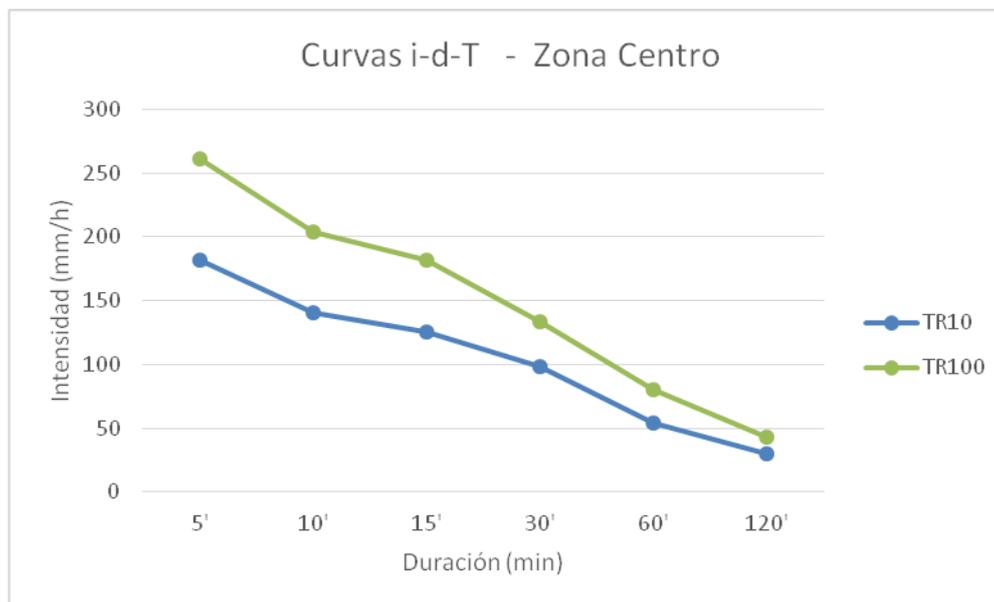


Figura 6-8 – Curvas I-D-F estación Córdoba Observatorio, Zona Centro

De estas curvas, para periodos de recurrencia (TR) 10 y 100 años, y duraciones de tormenta (d) de 30 minutos, se deducen las intensidades de lluvia (i) y láminas totales precipitadas (P) utilizadas para el diseño. Las mismas se detallan en la Tabla 5.

d = 30min		
TR(años)	i(mm/h)	P(mm)
10	98,20	49,10
100	133,78	66,89

Tabla 5 – Intensidad y Precipitación para d=60min

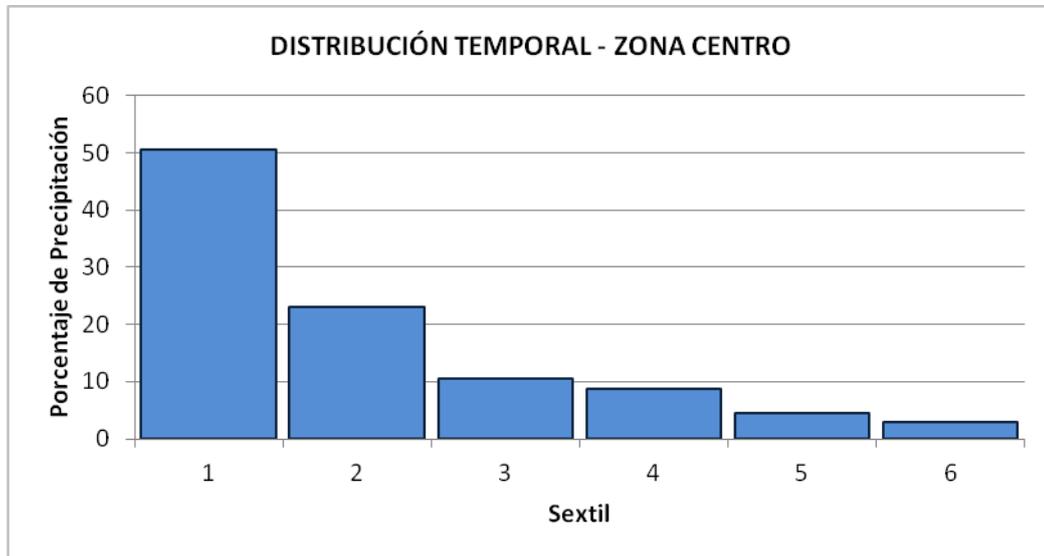
### 6.5.4. Distribución Temporal

La distribución temporal es el fraccionamiento en el tiempo de la lámina total precipitada (P). Existen diversos métodos para estimar la distribución temporal de la tormenta de proyecto. Para el presente trabajo fue adoptado el criterio de patrones probables por periodos del mismo estudio, mencionado precedentemente.

En dicho análisis se establecen los porcentajes de lámina precipitada dividiendo la duración de la tormenta en 6 intervalos, de los cuales uno contiene el pico (de mayor intensidad) y los restantes decrecen en forma progresiva. Según la bibliografía consultada, para la Zona Centro, cuando las lluvias son cortas (igual o menor a dos horas) existe mayor probabilidad que el pico se ubique en el primer sextil, ocurriendo lo mismo para tormentas largas.



De esta forma el patrón adoptado se observa en la [Figura 6-9](#).



**Figura 6-9 – Distribución Temporal adoptada**

#### 6.5.5. Distribución Espacial

En lo que se refiere a distribución espacial de la tormenta de diseño, es posible reducir los valores puntuales en función del área considerada, cuando se trate de cuencas intermedias o grandes, esto es cuando su extensión supere los 25 Km<sup>2</sup>.

Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente y que las cuencas en estudio poseen un área considerablemente inferior, se debe desestimar una reducción de la lámina puntual.

#### 6.5.6. Precipitación Efectiva. Pérdidas

Para la estimación de los hidrogramas de proyecto es necesario considerar que existe una porción de la lluvia precipitada que no contribuye a la formación del escurrimiento superficial inmediato. Esta porción es definida por procesos de interceptación vegetal, almacenamiento superficial e infiltración, entre otros, y es referida como pérdidas al escurrimiento. La diferencia entre la lluvia total precipitada y las pérdidas define la lámina neta o efectiva.

Existen diversos métodos para estimar estas pérdidas a lo largo de una tormenta, en general están basados en índices simplificados ( $\alpha$ ,  $\Phi$ ,  $W$ ) relaciones funcionales (Método del Número de Curva – CN del SCS) y ecuaciones de infiltración (Horton, Philip, etc.). En el presente trabajo la estimación de pérdidas será determinada por factores como el porcentaje de suelo impermeable, valores de almacenamiento en depresión, entre otros.



## 6.6. ESTIMACION DE CAUDALES

Para la estimación de caudales fue utilizada la metodología de transformación lluvia-caudal, asumiendo que las tormentas de proyecto y los picos de caudales que éstas generan poseen la misma recurrencia. En el presente trabajo se ha empleado el modelo EPA SWMM v5.0.

En los siguientes puntos se describen en forma breve las principales características del método empleado.

### 6.6.1. Modelo Empleado (EPA SWMM v5.0)

El programa SWMM (Storm Water Management Model) fue elaborado por la USEPA (U.S. Environmental Protection Agency). Este modelo ha sido especialmente desarrollado para la simulación de sistemas de desagües pluviales y cloacales en forma combinada o separada.

Este modelo permite interpretar el comportamiento hidrológico de las cuencas de aportes y la respuesta hidrodinámica del sistema de desagüe. Esta es la principal diferencia respecto de los modelos hidrológicos – hidráulicos estándares, los cuales no consideran las perturbaciones de aguas abajo hacia aguas arriba.

SWMM utiliza para el tránsito de los hidrogramas métodos hidrológicos e hidráulicos, estos últimos consideran las ecuaciones de Saint-Venant en su forma completa. La posibilidad de modelar el tránsito hidráulico resulta fundamental en la simulación de desagües donde las condiciones de aguas abajo influyan sobre el escurrimiento en el sistema, como por ejemplo en tramos de baja pendiente o aguas arriba de conductos de escasa capacidad.

SWMM representa el comportamiento de un sistema de drenaje mediante una serie de flujos de agua y materia entre los principales módulos que componen un análisis medioambiental.

Estos módulos y sus correspondientes objetos de SWMM son los siguientes:

*El Módulo Atmosférico*, desde la cual se analiza la lluvia caída y los contaminantes depositados sobre la superficie del suelo, que se analiza en el Módulo de Superficie del Suelo. SWMM utiliza el objeto Pluviómetro para representar las entradas de lluvia en el sistema.

*El Módulo de Superficie del Suelo*, que se representa a través de uno o más objetos cuenca. Estos objetos reciben la precipitación del Módulo Atmosférico en forma de lluvia o nieve; y generan flujos de salida en forma de infiltración para el Módulo de Aguas Subterráneas y también como escorrentía superficial y cargas de contaminantes para el Módulo de Transporte.

*El Módulo de Aguas Subterráneas* recibe la infiltración del Módulo de Superficie del Suelo y transfiere una parte de la misma como flujo de entrada para el Módulo de Transporte. Este módulo permite la simulación utilizando los objetos Acuíferos.

*El Módulo de Transporte* contiene una red con elementos de transporte (canales, tuberías, bombas y elementos de regulación), unidades de almacenamiento y tratamiento que transportan el agua hacia los Nudos de Vertido o salidas del sistema. Los flujos de entrada de este Módulo pueden provenir de la escorrentía superficial, de la interacción con el flujo subterráneo, de los caudales sanitarios correspondientes a periodos sin lluvia,



o de hidrogramas de entrada definidos por el usuario. Los componentes del Módulo de Transporte se modelan con los objetos Nudos y Conducciones.

De los distintos módulos que componen el modelo SWMM fueron empleados en el presente estudio los denominados Atmosférico, Superficie del Suelo y Transporte, los cuales se describen a continuación.

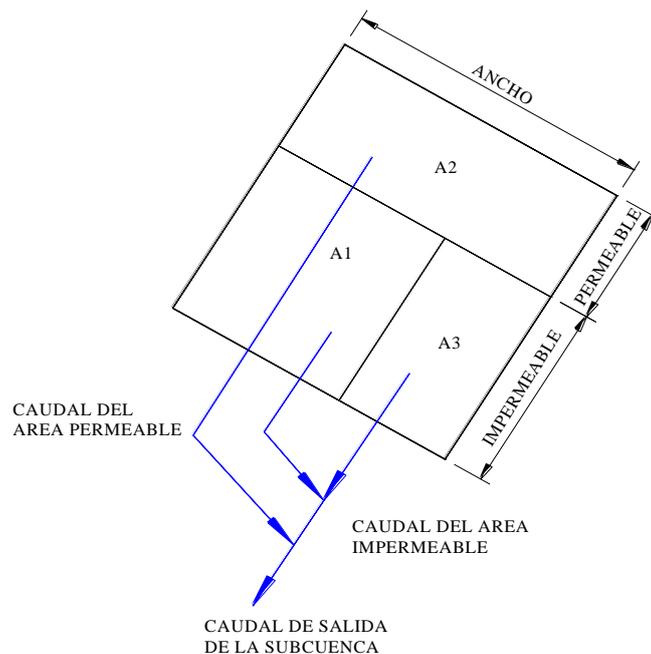
### Módulo Atmosférico

La entrada al sistema son dados por los datos de lluvias que ocurren sobre una o varias de las cuencas definidas en el área de estudio. Los datos de lluvia pueden ser definidos por el usuario mediante series temporales de datos o provenir de un archivo externo al programa. En la actualidad SWMM dispone de diferentes formatos de archivos de datos de lluvia, así como un formato estándar definido por el usuario.

### Módulo Superficie del Suelo

Las cuencas son unidades hidrológicas de terreno cuya topografía y elementos del sistema de drenaje conducen la escorrentía directamente hacia un punto de descarga. El usuario del programa es el encargado de dividir el área de estudio en el número adecuado de cuencas e identificar el punto de salida de cada una de ellas. Los puntos de salida de cada una de las cuencas pueden ser bien nudos del sistema de drenaje o bien otras cuencas.

Las cuencas pueden dividirse en subáreas permeables (A2) y subáreas impermeables (A1+A3), ver [Figura 6-10](#). La escorrentía superficial puede infiltrarse en la parte superior del terreno de las subáreas permeables, pero no a través de las subáreas impermeables. Las áreas impermeables pueden dividirse a su vez en dos subáreas: una que contiene el almacenamiento en depresión (A1) y otra que no lo contempla (A2). El flujo de escorrentía desde una subárea de la cuenca puede fluir hacia otra subárea o por el contrario dos subáreas pueden drenar directamente hacia la salida de la cuenca.



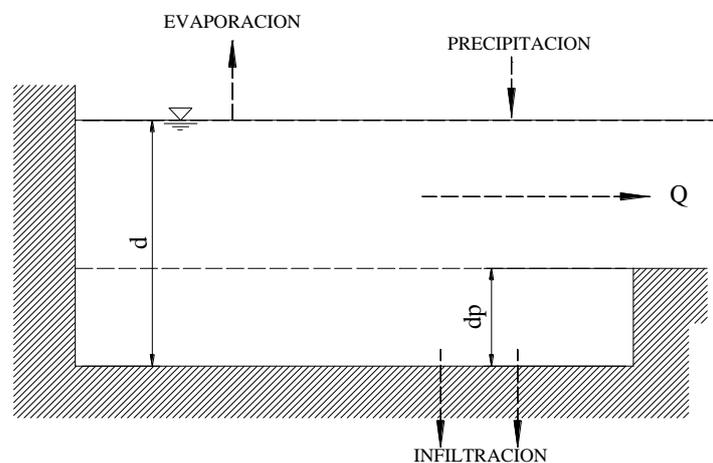
**Figura 6-10 – Esquema de modelación del módulo SUPERFICIE DEL TERRENO**



La infiltración de lluvia de las zonas permeables de una determinada cuenca sobre la parte superior del suelo no saturado puede describirse utilizando tres modelos diferentes:

- El modelo de infiltración de Horton.
- El modelo de infiltración de Green-Ampt.
- El modelo de infiltración basado en el Número de Curva del SCS.

La visión conceptual del fenómeno de la escorrentía utilizado por SWMM se ilustra en la [Figura 6-11](#). Cada una de las cuencas se trata como un depósito no lineal. Los aportes de caudal provienen de los diferentes tipos de precipitación (lluvia, nieve) y de cualquier otra cuenca situada aguas arriba. Existen diferentes caudales de salida tales como la infiltración, la evaporación y la escorrentía superficial. La capacidad de este “depósito” es el valor máximo de un parámetro denominado almacenamiento en depresión, que corresponde con el máximo almacenamiento en superficie debido a la inundación del terreno, el mojado superficial de la superficie del suelo y los caudales interceptados en la escorrentía superficial por las irregularidades del terreno. La escorrentía superficial por unidad de área,  $Q$ , se produce únicamente cuando la profundidad del agua en este “depósito” excede el valor del máximo almacenamiento en depresión, “ $dp$ ”, en cuyo caso el caudal de salida se obtiene por aplicación de la ecuación de Manning. La profundidad o calado de agua en la cuenca ( $d$  expresado en pies) se actualiza continuamente en cada uno de los instantes de cálculo (con el tiempo expresado en segundos) mediante la resolución numérica del balance de caudales en la cuenca.



**Figura 6-11 – Esquema de reservorio No Lineal**

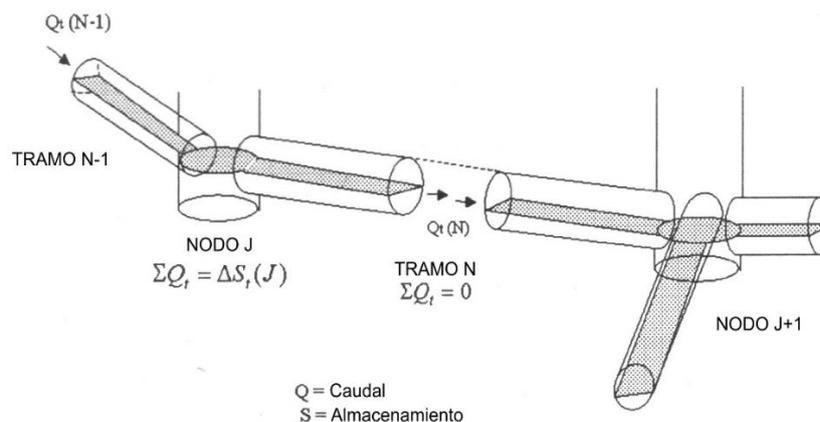
Para modelar la acumulación, redistribución y deshielo de las precipitaciones que caen en forma de nieve en una cuenca, es necesario crear un objeto de Modelación de Nieve. Para modelar el flujo de aguas subterráneas entre un acuífero situado por debajo de la cuenca y un nudo del sistema de drenaje, es necesario establecer los parámetros de Aguas Subterráneas de la cuenca. La acumulación y el arrastre de contaminantes desde las cuencas pueden asociarse con los Usos del Suelo asignados a la cuenca.



## Módulo de Transporte

Las conexiones son nudos del sistema de drenaje donde se conectan diferentes líneas entre sí. Físicamente pueden representar la confluencia de canales superficiales naturales, pozos de registro del sistema de drenaje, o elementos de conexión de tuberías. Los aportes externos de caudal entran en el sistema a través de las conexiones. El exceso de agua en un nudo 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.

Los conductos son tuberías o canales por los que se desplaza el agua desde un nudo a otro del sistema de transporte. Es posible seleccionar la sección transversal las distintas variedades de geometrías abiertas y cerradas definidas en el programa. Asimismo el programa permite también definir áreas de sección transversal irregular permitiendo representar con ello cauces naturales. La [Figura 6-12](#) muestra un sistema de desagüe idealizado como una serie de arcos o conductos conectados a nodos o uniones.



**Figura 6-12 – Representación conceptual del módulo TRANSPORTE**

SWMM emplea la ecuación de Manning para establecer la relación entre el caudal que circula por el conducto (Q), la sección del mismo (A), su radio hidráulico (Rh) y la pendiente (S) tanto para canales abiertos como para conductos cerrados parcialmente llenos.

Para el caso del Flujo Uniforme y para el caso del Análisis mediante la Onda Cinemática se interpreta como la pendiente de la conducción. En el caso de emplear el Modelo de la Onda Dinámica se interpreta como la pendiente hidráulica del flujo (es decir, la pérdida por unidad de longitud).

### 6.6.2. Aplicación del Modelo Hidrológico

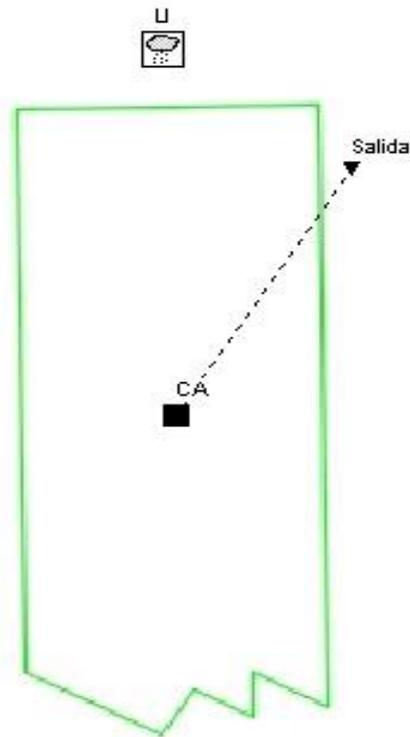
Se realizará un modelo hidrológico para cada uno de los siguientes escenarios posibles:

1. Situación Actual
2. Situación Futura

En el primero se contemplan los diversos parámetros naturales iniciales del sistema para determinar el caudal pico máximo. El esquema de modelación de la Situación Actual se muestra en la [Figura 6-13](#).



CASTELLÓ, ROGER P.



**Figura 6-13 – Esquema de modelación Situación Actual. Modelo SWMM v5.0.**

En el segundo se contemplan los parámetros modificados propios de la urbanización realizada así como los efectos que producen las obras de regulación efectuadas. El esquema de modelación de la Situación Futura se muestra en la [Figura 6-14](#).



CASTELLÓ, ROGER P.

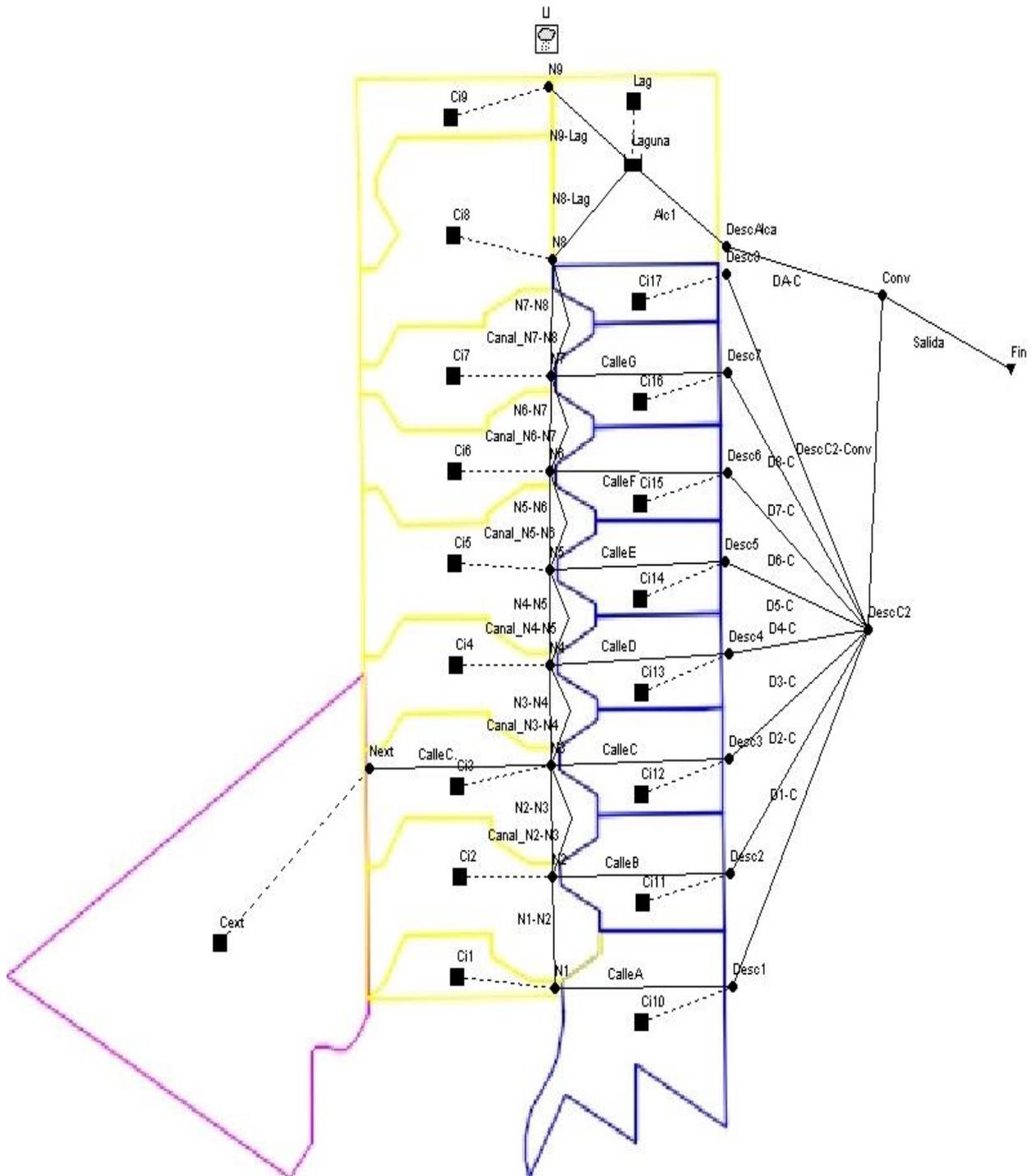


Figura 6-14 – Esquema de modelación Situación Futura. Modelo SWMM v5.0



# MASTERPLAN, PROYECTO DE DRENAJE Y VIALIDAD INTERNA DEL LOTEO "CATALINA NORTE" DE RIO PRIMERO

## PROYECTO DE DRENAJE

## CAPÍTULO 7



## CAPÍTULO 7: PROYECTO DE DRENAJE

### 7.1. GENERALIDADES.

La formulación de todo Proyecto de Drenaje se debe asentar en ciertos principios rectores, los que según ASCE (1992) y Tucci (1994) enumeran de la siguiente manera:

- a) **Ningún usuario urbano debe ampliar la crecida natural:** las crecidas naturales no pueden ser aumentadas por los que ocupan la cuenca, sea un simple loteo u otras obras derivadas del ambiente urbano. Esto se aplica al relleno de zonas bajas, a la impermeabilización de las superficie, a la construcción de calles y avenidas, etc.;
- b) **Los impactos hidrológicos de la urbanización no deben ser transferidos:** las obras y medidas a implementar no pueden reducir el impacto de un área en detrimento de otra(s). Caso que ello ocurra se deben prever medidas compensatorias;
- c) **Las aguas pluviales requieren espacio:** una vez que el agua de lluvia alcanza el suelo la misma escurrirá, exista o no un sistema de drenaje adecuado. Siempre que se elimine el almacenamiento natural sin que se adopten medidas compensatorias, el volumen eliminado será ocupado en otro lugar. Canales y conductos desplazan la necesidad de espacio y deben ser proyectados teniendo presente este hecho. En otras palabras, el problema de drenaje urbano es, esencialmente, un problema de asignación de espacio, por lo que es indispensable preservar áreas o sectores para el manejo de las aguas;
- d) **Las áreas bajas aledañas a los cursos de agua, delineadas por el escurrimiento, son parte de los cursos:** toda ocupación que se realice en estas áreas originará posteriormente la adopción de medidas compensatorias onerosas. La preservación de estas áreas de inundación natural es invariablemente la solución más barata para los problemas de inundación. Adicionalmente ofrece otras ventajas colaterales dentro del espacio urbano como creación de áreas verdes, oportunidades de recreación, preservación de los ecosistemas, etc.;
- e) **La solución de los problemas debe involucrar la adopción de medidas estructurales y no estructurales:** las medidas estructurales implican la alteración del medio físico a través de obras de conducción y regulación. Las medidas no estructurales presuponen una convivencia razonable de la población con los problemas;
- f) **El subsistema de drenaje es parte de un ambiente urbano complejo:** el subsistema de drenaje no debe ser un fin en sí mismo, sino un medio que posibilite la mejora del ambiente urbano de forma más amplia. Debe ser articulado con los otros subsistemas urbanos;
- g) **Calidad y cantidad del agua constituyen variables del mismo problema:** deben ser consideradas en conjunto;
- h) **Todo estudio de drenaje urbano debe ser analizado en el contexto integral de las cuencas hidrográficas involucradas:** es necesario eliminar las barreras existentes entre el estudio de los problemas del drenaje urbano (a cargo de las



- municipalidades) y el análisis del drenaje regional (a cargo de organismos provinciales o nacionales);
- i) **Se deben privilegiar los mecanismos naturales de escurrimiento:** preservando los canales y cuerpos naturales de agua;
  - j) **Los costos de las medidas estructurales deben ser transferidos a los propietarios de los lotes:** en forma proporcional a la superficie impermeable que posean, ya que ella es la generadora del aumento del escurrimiento.
  - k) **Se debe priorizar el control del escurrimiento pluvial en la fuente;**
  - l) **Los medios de implantación del control de crecidas son el Plan Director de Drenaje Urbano,** las legislaciones municipal y provincial y el Manual de Drenaje. El primero establece las líneas generales, las legislaciones controlan y el Manual orienta;
  - m) **El control de inundaciones es un proceso permanente:** Establecer planes y ordenanzas no es suficiente; es preciso el control permanente para verificar posibles violaciones y para adaptar la legislación a nuevas situaciones;
  - n) **Se debe incluir un proceso de formación y esclarecimiento a tomadores de decisión** (municipal, provincial y federal), a profesionales y a la población en general;

Para poder elaborar el Plan de Drenaje es fundamental interpretar acabadamente la dinámica del sistema hidrológico y sus respuestas frente a modificaciones en las características de las subcuencas que lo integran. Para ello se debe desarrollar un modelo hidrológico computacional del mismo para simular la situación actual y las diferentes alternativas de obras que se propongan dentro del Plan.

## 7.2. SISTEMA DE DRENAJE PROPUESTO

A causa del aumento de los caudales por la urbanización del loteo y con el objeto de aminorar las consecuencias de dichos incrementos hacia aguas abajo, es que se propone un sistema de conducción y regulación de aguas superficiales. El mismo consistirá en la sobrerregulación de los posibles aportes provenientes de una cuenca externa colindante, así como los generados en la cuenca Oeste, los cuales serán transportados en primera instancia por calzada hasta un canal de revestimiento vegetal emplazado a lo largo de la parte central del Boulevard del loteo, y que conducirá a los mismos hacia un microembalse de retardo ubicado en el extremo Noreste del loteo con el objeto de reducir al máximo posible los caudales de salida.

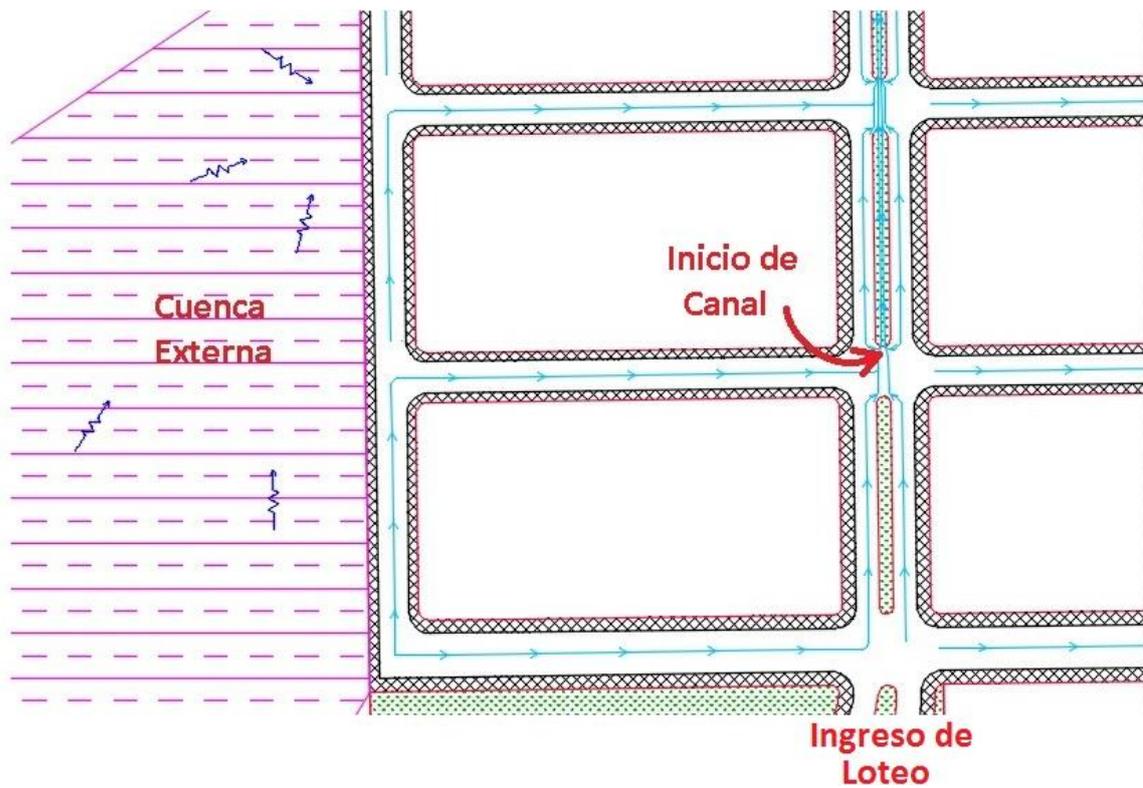
Finalmente, para la cuenca Este se considera la conducción de escurrimientos superficiales por calzada, descargando dichos flujos en diversos puntos sobre la calle lateral derecha.

El criterio empleado para definir la ubicación tentativa de las obras mencionadas anteriormente se desprende de la topografía, del proyecto vial, del amanzanamiento y de las áreas verdes disponibles.

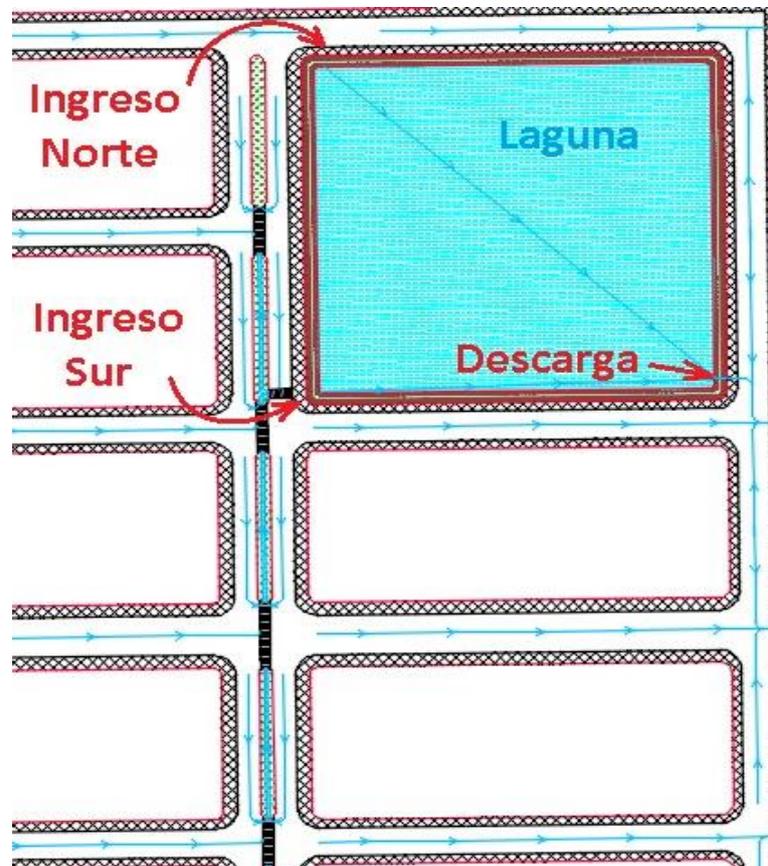
En la [Figura 7-1](#) y [Figura 7-2](#), se pueden observar los emplazamientos propuestos para las diferentes obras.



CASTELLÓ, ROGER P.



**Figura 7-1 – Sistemas de Drenaje: Inicio de Canal**



**Figura 7-2 – Sistemas de Drenaje: Laguna**



Las dimensiones de estas obras serán función del excedente pluvial que se prevé regular. Los cuales, como se mencionó con anterioridad, surgen a partir de una precipitación de diseño de TR 10 años y duración de 30 minutos, y verificando dichas obras para precipitaciones de TR 100 años y para 60 minutos de duración.

### 7.2.1. Canal de conducción

Su función consiste en receptor las aguas provenientes de toda la subcuenca Oeste y de la cuenca externa que fluyen por calzada orientadas hacia él, para posteriormente conducir las en dirección a la Laguna de Regulación. A su vez, por tener cubierta vegetal y una pendiente extremadamente baja ayuda en cierta medida a la infiltración y por ende a la reducción del flujo que llega a la mencionada Laguna.

El Canal tiene un ancho constante de 3m y una profundidad inicial de 0,15m, la cual será variable a lo largo del mismo. Por su parte, cuenta con una longitud aproximada de 400 metros desde su inicio al Sur del loteo hasta el ingreso Sur de la Laguna, a los cuales se les suman unos 50 metros más de Canal al Norte de dicho ingreso y al que llegan parte de las aguas precipitadas en las manzanas al Noroeste del terreno.

### 7.2.2. Laguna de regulación

El objeto de la misma es regular los excedentes pluviales que descargan en ella, ya sean los captados por el Canal de Conducción descrito anteriormente, así como los que llegan por calzada.

Tiene una superficie promedio aproximada de 11.000 m<sup>2</sup> y una profundidad máxima de 0.51m, cota de fondo 252,11 m y coronamiento 252,62 m.

La topografía del terreno genera la necesidad de contar con dos ingresos para permitir la llegada de las aguas superficiales a la laguna; un Ingreso Norte en el cual confluyen las aguas provenientes de una pequeña subcuenca en la parte Noroeste del loteo, y un Ingreso Sur por el cual se vierten las aguas captadas mediante el Canal de Conducción. Finalmente, la Obra de Descarga consiste en un tubo de PVC de 0.40 m de diámetro y una longitud de 3,08 m necesaria para atravesar el terraplén de la laguna. Posteriormente el agua será orientada mediante un conducto trapezoidal abierto hasta el cordón cuneta, y luego por calzada seguirá su rumbo hacia el Este a la parcela de campo colindante.

## 7.3. RESULTADOS OBTENIDOS

En las tablas siguientes ([Tabla 6](#) y [Tabla 7](#)) se resumen los resultados obtenidos de los modelos generados, exponiéndose los caudales pico mayores obtenidos para la Situación Futura que se dan para un tiempo de recurrencia de 10 años y duración de 30 minutos utilizados para el diseño, así como los caudales pico de recurrencia de 100 años y duración de 60 minutos utilizados para verificar el comportamiento del sistema para las funciones básicas.



CASTELLÓ, ROGER P.

Elemento	Caudales Actuales (m <sup>3</sup> /s)	
	TR10 - 30min	TR100 - 60 min
CA	0,210	0,700

**Tabla 6 – Caudales Pico obtenidos en Situación Actual. Modelo SWMM v5.0**

Elemento	Caudales Regulados (m <sup>3</sup> /s)	
	TR10 - 30min	TR100 - 60 min
C1	0,380	0,690
Laguna	0,100	0,260
C2	0,390	0,520
Conv	0,410	0,660

**Tabla 7 – Caudales Pico obtenidos en Situación Futura. Modelo SWMM v5.0**

Los resultados expuestos en las tablas precedentes reflejan que a pesar de la gran eficiencia de los sistemas propuestos para el control de los excedentes pluviales, la disposición topográfica del terreno imposibilita la regulación de la subcuenca Este, provocando que los caudales salientes (Conv) producto de lluvias de corta duración (30 min) luego de la urbanización sean superiores a los salientes en la actualidad. Mientras que para lluvias de mediana y larga duración (aproximadamente 60 min a 3 hs, que son las más frecuentes en la zona analizada) la regulación será óptima.

#### 7.4. OBRA PREVENTIVA

Debido a la problemática relacionada a los excedentes pluviales ya existentes en la ciudad de Río Primero, es que se proyecta la materialización de una laguna próxima al ingreso del loteo que cumplirá la función de pulmón para las actuales obras hidráulicas de la ciudad, buscando de ese modo reducir la cantidad de agua que circula por las calles durante las lluvias. Ésta tendría una superficie aproximada de 4650m<sup>2</sup> y una profundidad de 1,35m. Por su parte, presenta un conducto de 600mm como órgano de ingreso y uno de 300mm para la descarga haciendo así efectivas las tareas de regulación.

Además, la mencionada laguna servirá de barrera para evitar que las aguas superficiales ingresen al loteo.

En la [Figura 12](#), se puede apreciar la ubicación de la laguna en cuestión:



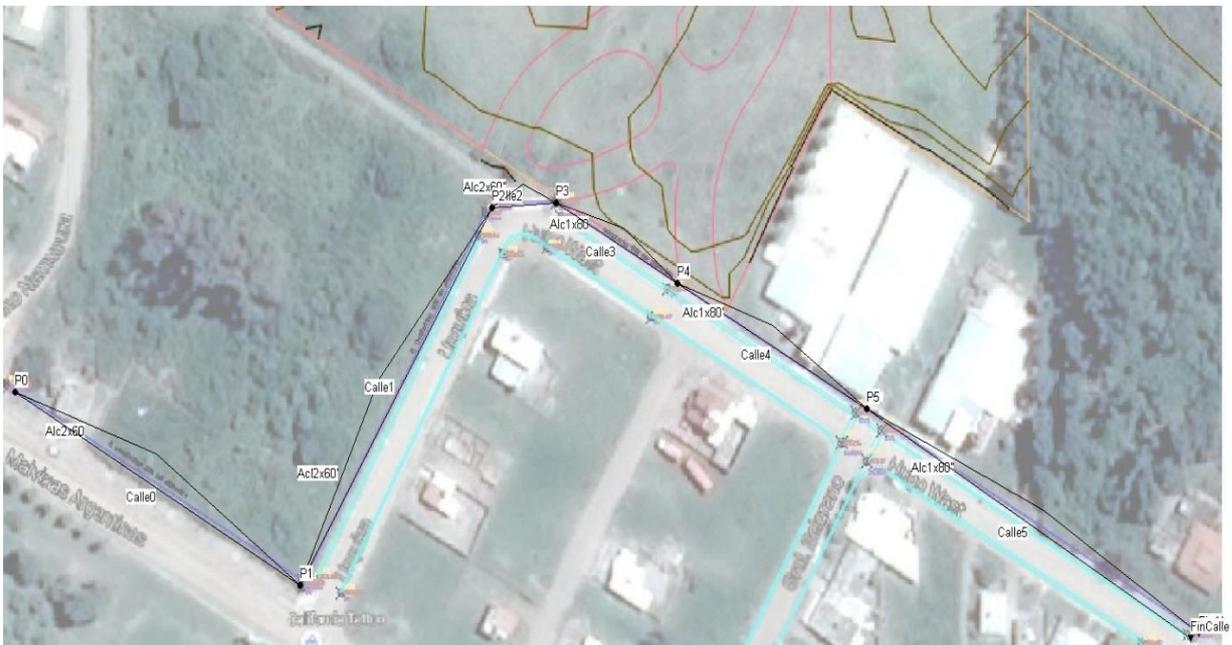
CASTELLÓ, ROGER P.



**Figura 7-3 – Laguna de Regulación 1.**

Para la simulación del comportamiento de la obra fue utilizado el mismo programa que para la *Estimación de Caudales* dentro del loteo, EPA SWMM v5.0.

Se desarrollaron modelos hidrológicos para ambos escenarios, presente (antes de la implementación de la laguna) y futuro, como se puede apreciar a continuación en la [Figura 7-4](#) y [Figura 7-5](#).

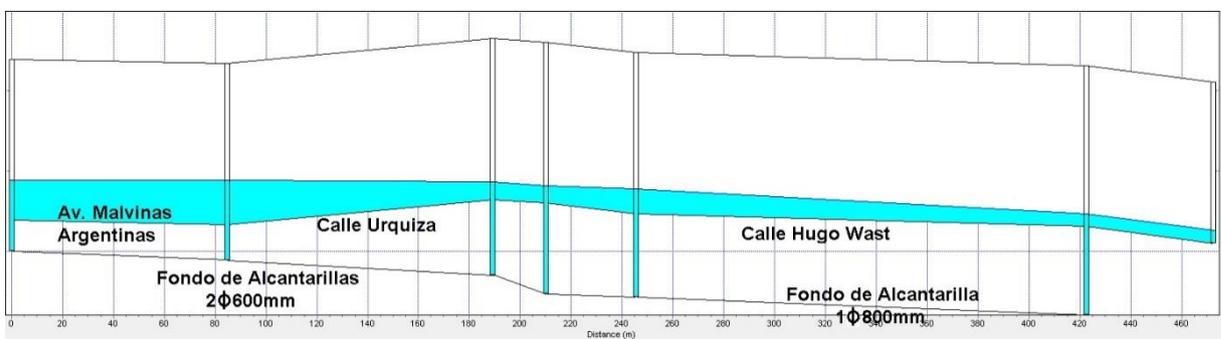


**Figura 7-4 – Esquema de modelación Situación Actual. Modelo SWMM v5.0**

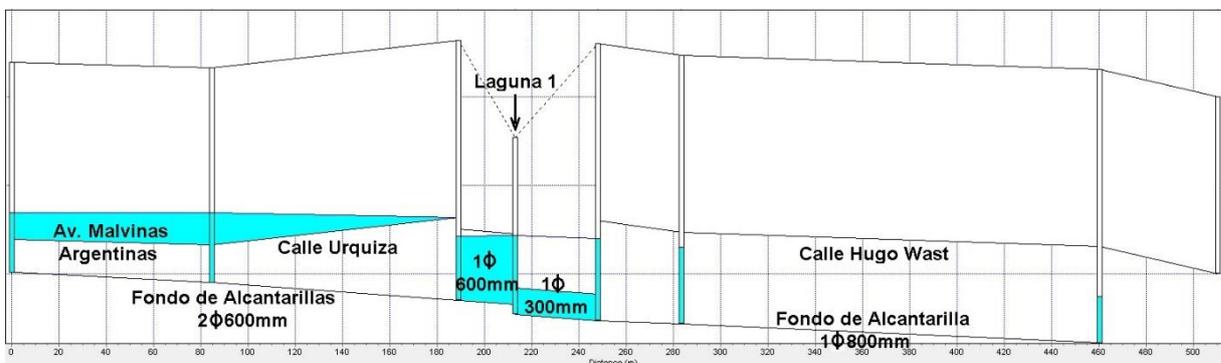


**Figura 7-5 – Esquema de modelación Situación Futura. Modelo SWMM v5.0**

A continuación se presentan los perfiles transversales de la simulación en la [Figura 7-4](#) y [Figura 7-5](#), correspondientes al momento más crítico de lluvias de 10 años de tiempo de recurrencia y 30 minutos de duración, al momento previo de la construcción de la laguna, y luego de la materialización de la misma.



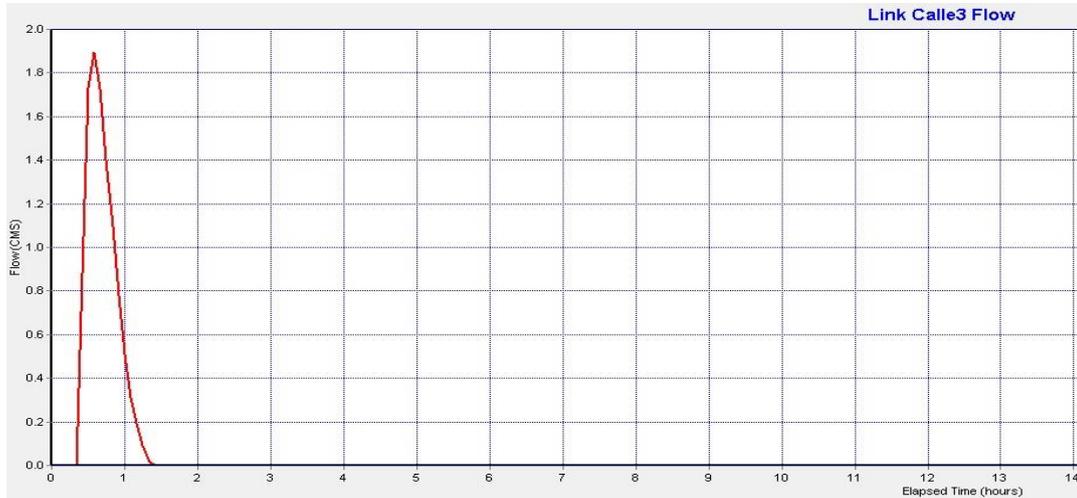
**Figura 7-6 – Perfil Longitudinal. TR10-30min. Situación Actual.**



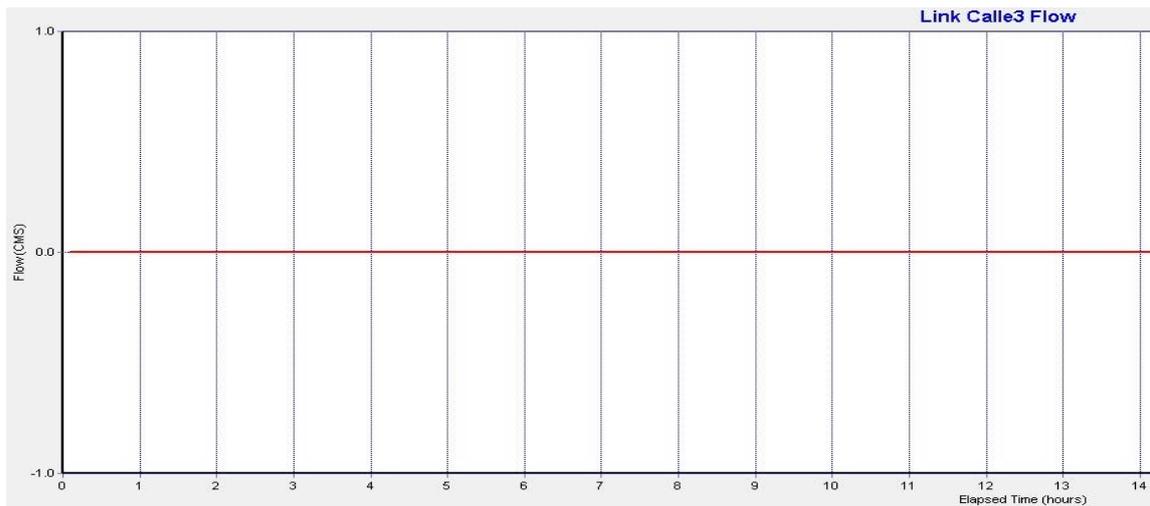
**Figura 7-7 – Perfil Longitudinal. TR10-30min. Situación Futura.**



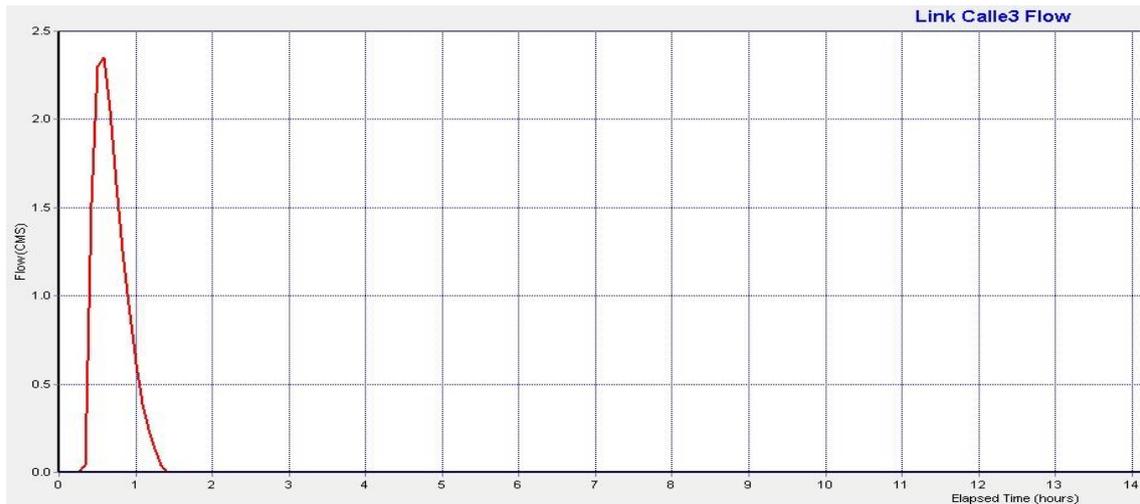
Además, en las Figuras 7-8 hasta la 7-13 se muestran los hidrogramas en la Calle Hugo Wast antes y después de las obras proyectadas para lluvias de 30 minutos de duración, que son las de mayor intensidad, para diferentes tiempos de recurrencia.



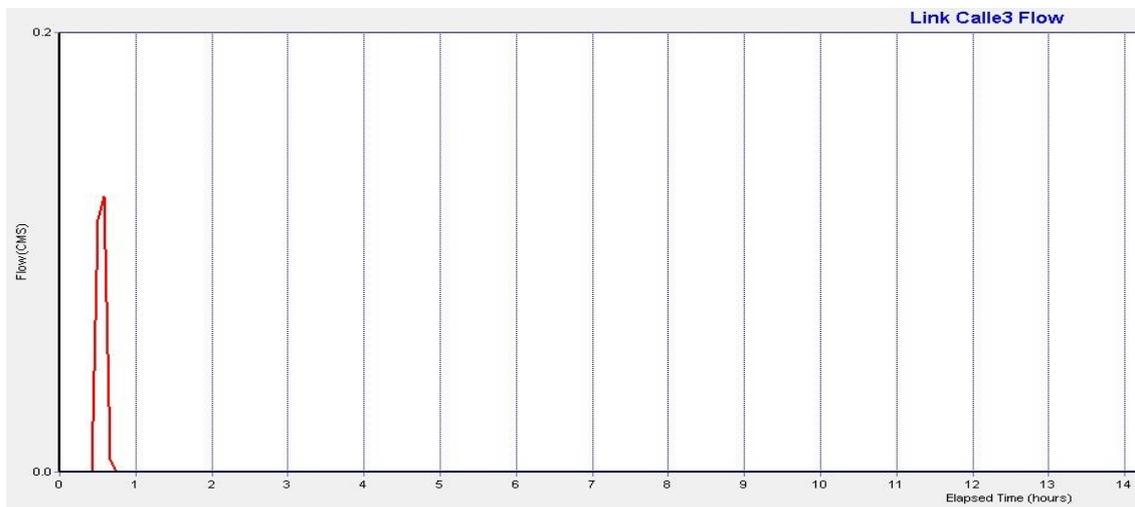
**Figura 7-8 – Hidrograma. TR10-30min. Situación Actual.**



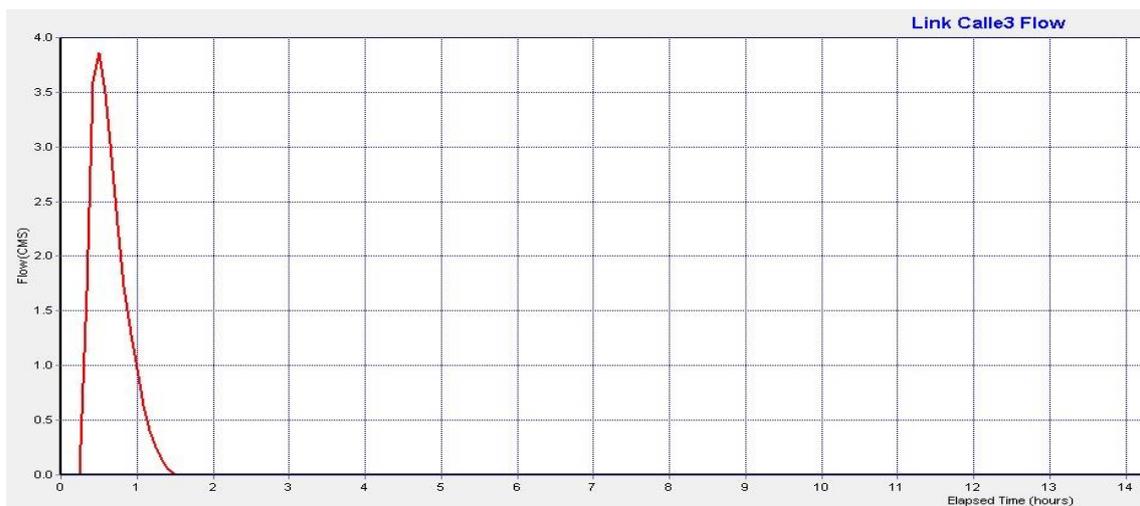
**Figura 7-9 – Hidrograma. TR10-30min. Situación Futura.**



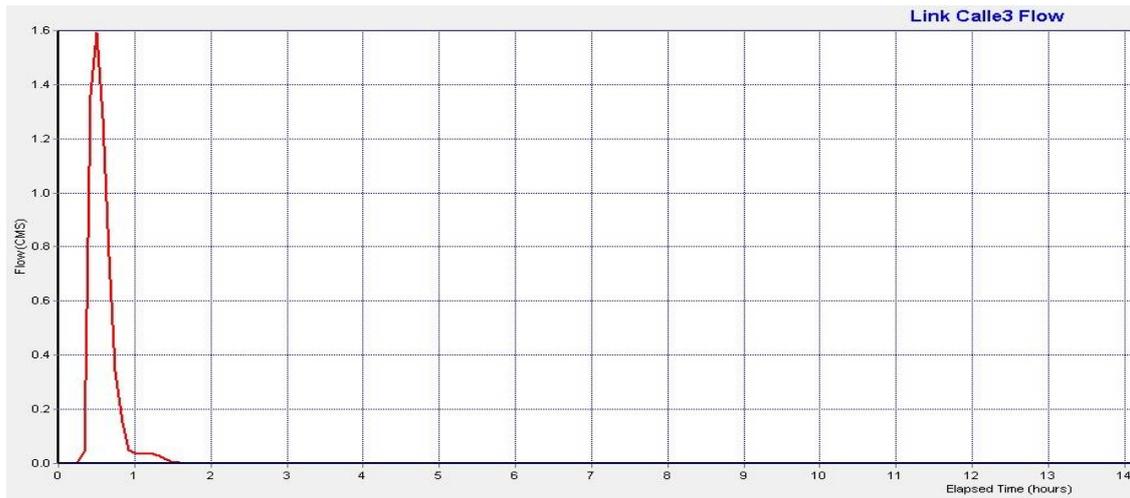
**Figura 7-10 – Hidrograma. TR25-30min. Situación Actual.**



**Figura 7-11 – Hidrograma. TR25-30min. Situación Futura.**

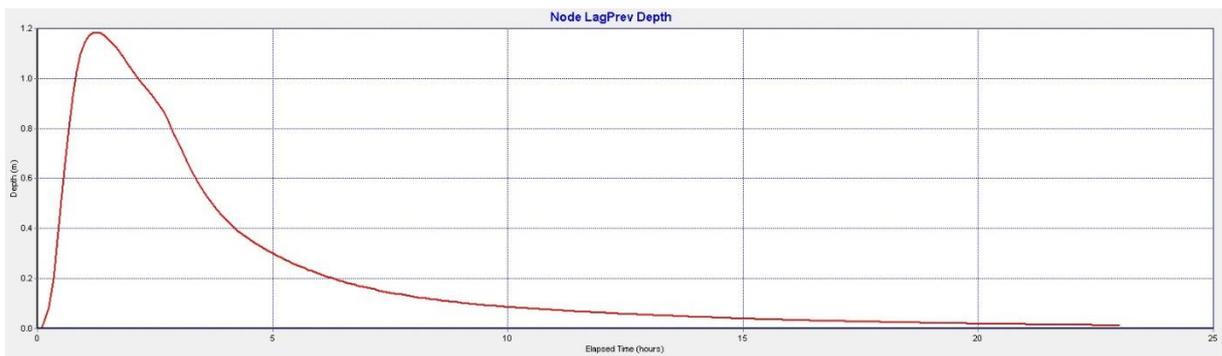


**Figura 7-12 – Hidrograma. TR100-30min. Situación Actual.**

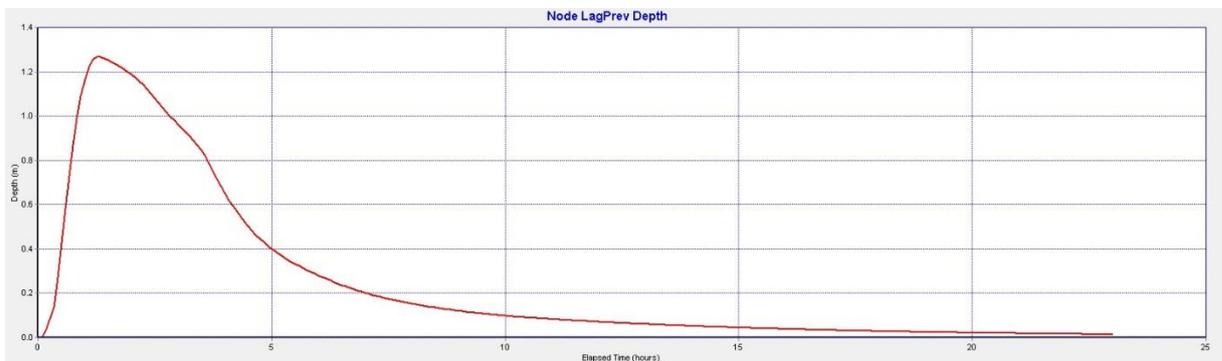


**Figura 7-13 – Hidrograma. TR100-30min. Situación Futura.**

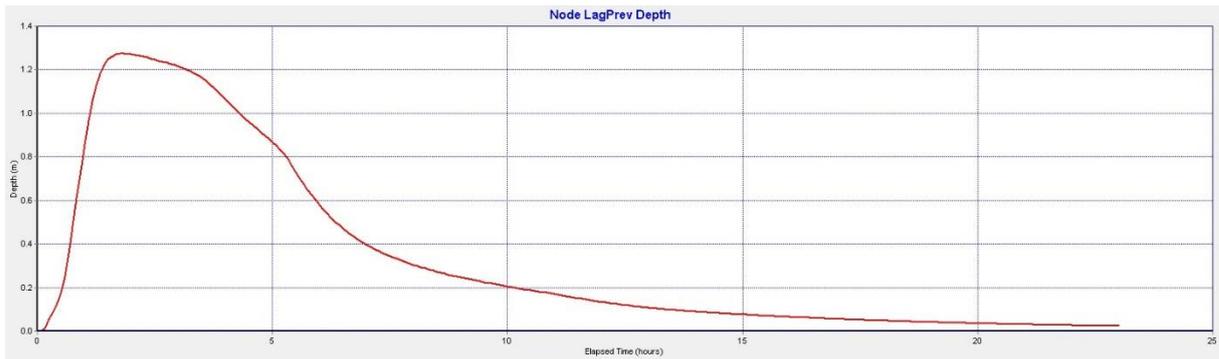
Por último, en las Figuras 7-14, 7-15 y 7-16 se pueden observar los tirantes alcanzados en la laguna para las diversas duraciones de eventos climáticos de 100 años de recurrencia, alcanzando en el peor de los casos una altura de 1,27m sobre la cota de fondo, dato útil para la determinación posterior de la cota de coronamiento.



**Figura 7-14 – Tirantes Laguna1. TR100-30min.**



**Figura 7-15 – Tirantes Laguna1. TR100-60min.**



**Figura 7-16 – Tirantes Laguna1. TR100-180min.**

## 7.5. Conclusión

Como se puede apreciar en los resultados arrojados por la modelación, la ejecución de la Laguna 1 impediría el ingreso de excedentes pluviales hacia el interior del loteo, y además generaría una disminución de los flujos sobre calzadas al momento de las lluvias, sobre todo en la calle Hugo Wast hacia el Sureste. Representando esto, una medida de gran ayuda tanto para los futuros habitantes de la urbanización en cuestión, como para los problemas pluviales ya existentes en la ciudad.



# MASTERPLAN, PROYECTO DE DRENAJE Y VIALIDAD INTERNA DEL LOTEO "CATALINA NORTE" DE RIO PRIMERO

## VIALIDAD INTERNA

## CAPÍTULO 8



## CAPÍTULO 8: VIALIDAD INTERIOR

### 8.1. Generalidades.

Todo Proyecto Vial está directamente relacionado con el Proyecto de Drenaje, puesto que resulta necesario realizar una nivelación y perfilado de las calles de modo de orientar y conducir superficialmente los excedentes pluviales generados en el loteo hacia las obras hidráulicas de regulación que componen el sistema de drenaje.

### 8.2. Vialidad Interna.

El Proyecto Vial se limitó al diseño altimétrico de las calles, diseño y elección del perfil tipo, tanto geométrico como estructural, y al diseño de las bocacalles.

Las etapas del proyecto desarrollado, se pueden dividir en tres:

- 1) Recopilación de antecedentes.
- 2) Anteproyecto.
- 3) Proyecto Ejecutivo.

La primera etapa, consistió en la recopilación de toda información ya existente que sirva de base para el posterior diseño altimétrico. Ente los antecedentes recopilados, los más importantes resultan el relevamiento topográfico realizado, el Proyecto de Drenaje previsto y el Master Plan del loteo.

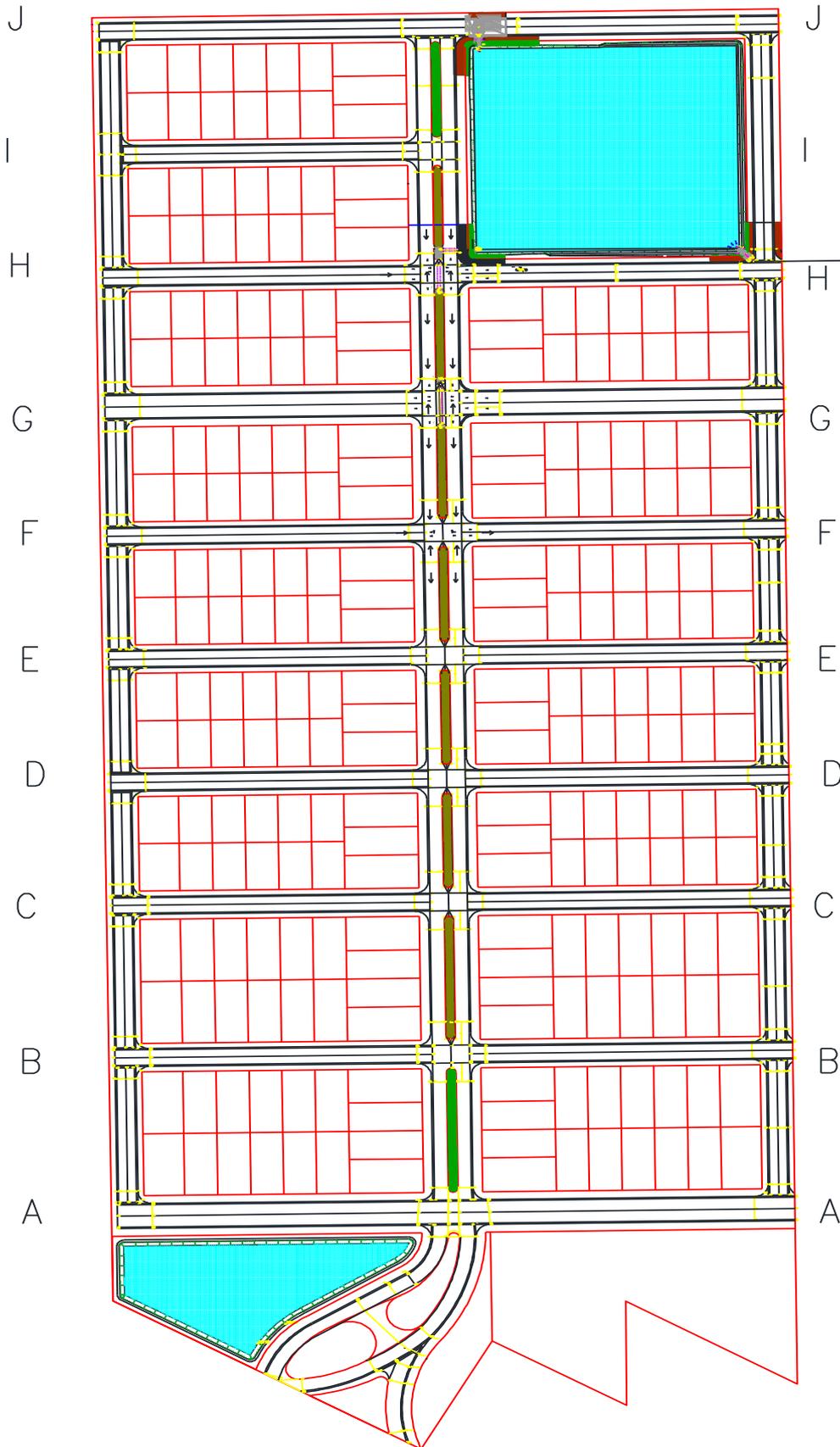
La segunda etapa, se puede entender como el estudio a escala adecuada y consiguiente evaluación de las mejores soluciones al problema planteado, de modo que pueda concretarse una solución óptima. Consistió en el desarrollo de diferentes alternativas planialtimétricas para cada una de las calles previstas. A su vez se realizaron varias propuestas de perfiles tipo geométrico para los diferentes anchos de calle.

Para concluir con el proyecto, se lleva a cabo la tercer y última etapa, en donde se realizó un estudio de alternativas que permitió seleccionar la más adecuada. Se efectuó el trazado definitivo de la planialtimetría de las calles, la elección del perfil tipo geométrico y diseño estructural del mismo, y el diseño de las intersecciones. El Proyecto Ejecutivo concluye luego con la elaboración de los planos.

En la [Figura 8.1](#) se presenta la planimetría general del loteo, donde se observa la disposición de las calles que constituyen al mismo. El emprendimiento implica la construcción de 4800 m de calle, con tipología de calle adoptada netamente urbana, de calzada de material granular, cordón cuneta de hormigón y vereda a ambos lados con anchos de 14 m, 20 m, boulevard de 25 m y calles de ingreso unidireccionales de 10,50 m.



CASTELLÓ, ROGER P.



**Figura 8-1 – Planimetría General del loteo**



### 8.2.1. Diseño Altimétrico de Calles.

El emprendimiento a desarrollar se asienta sobre una topografía sumamente plana, característica de la zona, con una escasa pendiente que ronda entre el 0,3% al 0,5% en dirección Oeste-Este

El diseño de las rasantes, consiste en la definición del perfil longitudinal del eje de las calzadas y el sentido y la forma de escurrimiento de las aguas. Se deben analizar las distintas soluciones que permitan vencer resistencias y superar los condicionantes. Estas resistencias pueden ser identificadas según su carácter en funcionales, físicas, económicas, ecológicas y tecnológicas.

El alineamiento vertical, también denominado rasante, es la configuración de un camino o coronamiento formado de tangentes y curvas parabólicas que acuerdan diferentes pendientes rectas.

El diseño altimétrico del proyecto contempla la definición de la rasante de cada una de las calles previstas para el loteo.

En la determinación de las rasantes se debieron considerar las siguientes especificaciones que se orientan exclusivamente al aspecto del drenaje.

- Pendiente longitudinal mínima: la pendiente mínima permisible para asegurar un adecuado drenaje es de 0,30%. En aquellos casos donde la topografía no permita alcanzar dicho valor, se aceptará un mínimo del 0,25%.
- Pendiente transversal mínima: se recomienda que no sea inferior a una pendiente de 2%.

Además, entre otros aspectos que se tuvieron que considerar, fue los correctos desagües hacia las calzadas de las futuras viviendas, y la compatibilidad de altura entre las calles que confluían en las diferentes intersecciones que se presentaban. Para la verificación de los umbrales de las viviendas, se hizo necesario el trazado de dos rasantes, la del eje proyectado y una auxiliar correspondiente al borde de calzada externo, la cual se encuentra más bajo debido al bombeo del perfil transversal de la calzada.

### 8.2.2. Diseño del Perfil Tipo.

Definido el perfil longitudinal y propuesta la solución al drenaje, corresponde ahora complementarlos mediante la elección de los perfiles transversales que tendrán las distintas calles, de acuerdo a sus características funcionales.

Las secciones transversales tipo del proyecto, no se mantuvieron constantes para todas las calles del loteo, sino se han modificado y dimensionado según requerimientos de drenaje y según continuación de calles existentes.

Se proyectaron cuatro perfiles tipo, correspondientes a los diferentes anchos de calle

- Diseño Geométrico.

A continuación se analizan los elementos constitutivos de los perfiles tipo.



#### a) Calzada.

Es la zona asignada al desplazamiento de vehículos, y transitoriamente a peatones en el cruce entre veredas. El ancho asignado a la misma, está relacionado directamente con la jerarquía de la vía, velocidad y vehículo de diseño.

Se adoptó un perfil diferente para cada ancho de calle:

- **Perfil Tipo Calle 20 metros:** Las Calles A y G presentan un perfil que se compone de una calzada bidireccional de 12,30m de ancho, con cordón cuneta de 0,60m de desarrollo y veredas de 3,85m de ancho a ambos lados.
- **Perfil Tipo Boulevard 25 metros:** El Boulevard central, presenta una sección transversal tipo boulevard de dos calzadas unidireccionales de 6,50m de ancho separadas por un cantero central de 4,00m, con cordones cuneta tanto del lado exterior de las calles como de la parte interna, ya que el escurrimiento superficial se conducirá por ambos lados. Finalmente, veredas de 4,00m de ancho.
- **Perfil Tipo Calle 14 metros:** La sección tipo general de las calles internas se compone de una calzada bidireccional de 8,80m de ancho con cordón cuneta de 0,60m y veredas de 2,60m de ancho a ambos lados. Todas las calles adoptan el descrito perfil, a excepción del Boulevard central, las calles A, G y las de ingreso.
- **Perfil Tipo Calle de Ingreso y Egreso:** Tanto la calle de Ingreso como de Egreso presenta un perfil compuesto por una calzada unidireccional de 6,50m de ancho, con un cordón cuneta de 0,60m del lado derecho en función de la dirección de avance, y una vereda de 4,00m también a la margen derecha de la dirección de avance de la misma.
- **Perfil Tipo Tramo de Ingreso:** El Ingreso por Calle Urquiza consiste en un tramo de unos 60,00m aproximadamente, el mismo presenta un perfil compuesto por una calzada de 6,50m con cordón cuneta de 0,60m del lado derecho y una vereda de 2,60m

En todos los casos se adoptó un gradiente transversal de la calzada de 2,0% para garantizar el escurrimiento del agua de origen pluvial.

#### b) Cordones.

Las funciones previstas para los mismos, son definir y delimitar los planos destinados a la circulación vehicular, brindando seguridad a los peatones que circulan por las veredas laterales, además, formar una cuneta que permita canalizar el escurrimiento superficial de los excedentes pluviales.

Se adoptó para todos los perfiles, un cordón cuneta de hormigón de 0,60 m de ancho y 0,15 m de alto.

#### c) Vereda.

Esta debe cumplir las funciones de desplazamiento peatonal exclusivo, acceso vehicular a las propiedades, lugar de espera en las esquinas, entre otras.

En el diseño de las mismas deben considerarse su ancho, pendiente longitudinal y transversal.



**CASTELLÓ, ROGER P.**

En lo que respecta al ancho, se adoptó según la jerarquía de la vía veredas de 2,60 m para calles de 14 m de ancho, 3,85 m para calles de 20 m de ancho y 4,00 m para el Boulevard central de 25 m y calles de ingreso de 10,50 m. La pendiente longitudinal acompaña a la rasante o eje longitudinal de la calzada y al fondo de cuneta. En cuanto a la pendiente transversal se adoptó un gradiente de 3,5% para todos los anchos de calle de manera tal de garantizar la rápida evacuación del agua de lluvia caída sobre la vereda hacia la calzada.

También se llevó a cabo el diseño y elección del perfil tipo estructural para cada una de las calles previstas.

- Diseño Estructural.

Se adoptó para todos los anchos de calle el mismo paquete estructural, el cual se compone de una base granular de 15 cm de espesor, asentada sobre una sub-base granular de 20 cm de espesor, asentada sobre una sub-rasante compactada.

Los cordones proyectados se construirán en hormigón y de acuerdo a las dimensiones dispuestas anteriormente.

### **8.2.3. Diseño de Bocacalles.**

Se conoce como bocacalle, denominada también intersección, al lugar donde confluyen dos o más vías para posibilitar el cambio de trayectoria en el plano, que asegure poder ir al destino deseado.

Además, incluye todos los elementos que facilitan los diversos movimientos vehiculares y peatonales en la misma. Cada vía que nace de una intersección es una rama de la misma.

En el presente proyecto, existe un gran número de intersecciones entre las diferentes calles del loteo, que se analizan a continuación.

Las diferentes intersecciones se proyectaron considerando como vehículo tipo al vehículo liviano puesto que la frecuencia de circulación del mismo será elevada, siendo mínima la circulación de vehículos pesados.

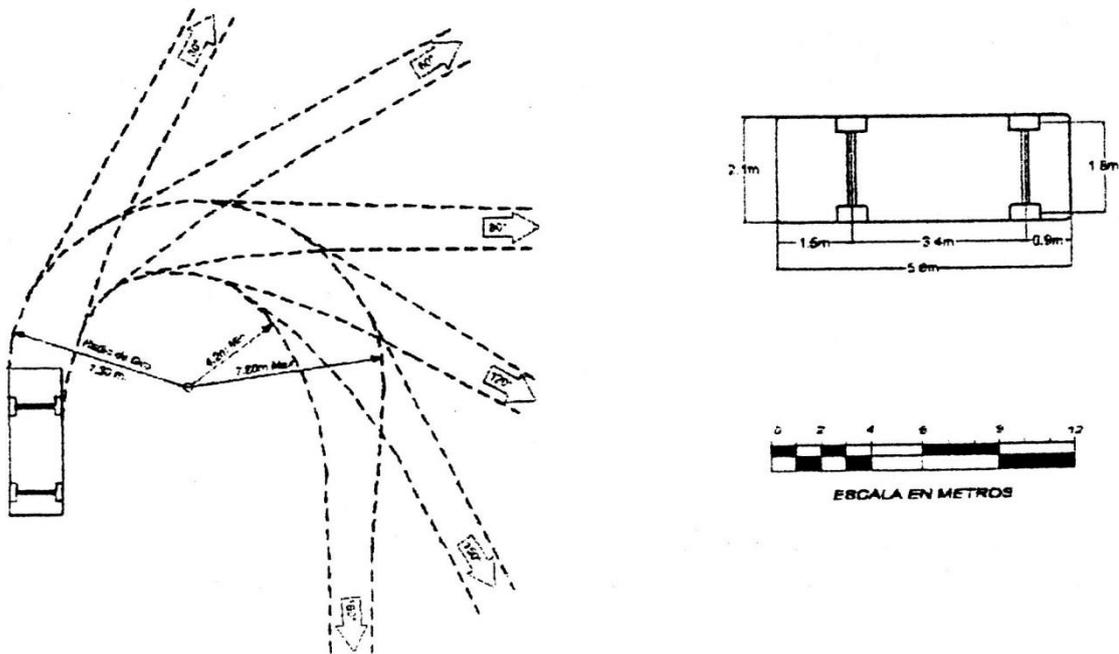
En la [Figura 8.2](#) se presentan los diferentes radios de giro para vehículos livianos según la normativa ASSHTO. Según ésta, para giros a 90°, que son los que tendrán lugar en el loteo, el radio interno es 4,20 m y el radio mínimo de diseño 7,30 m.

El radio de giro empleado para el diseño de las mismas es de 9,00 m, mayor al radio de giro mínimo propuesto para vehículos livianos.

Además se llevó a cabo el diseño de los badenes de hormigón previstos en cada una de las bocacalles, teniendo en cuenta el sentido de escurrimiento de los excedentes pluviales, definido previamente en el diseño planialtimétrico de las calles. Esto consistió en acotar a una serie de puntos de manera tal de lograr una pendiente adecuada, que permita el correcto escurrimiento de los excedentes pluviales, verificando que siempre sea mayor a la pendiente mínima exigida.

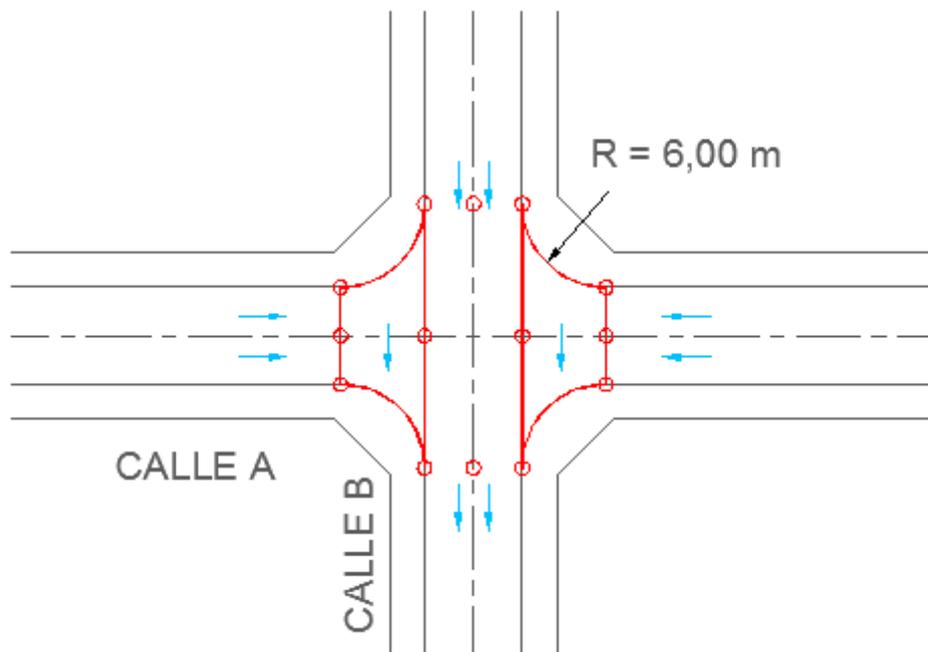


CASTELLÓ, ROGER P.



**Figura 8.2 – Radio de Giro para Vehículos Livianos. Normativa ASSHTO.**

En la [Figura 8.3](#) se puede observar un esquema de una intersección donde se indican con flechas celestes el sentido de escurrimiento de los excedentes pluviales. A su vez, se indican en rojo los puntos que resulta necesario acotar, para la correcta ejecución de los badenes, delineados en color rojo.



**Figura 8.3 – Esquema de Bocacalle.**



Se adjunta en el ANEXO B del presente trabajo:

- Planimetría general del mismo.
- Planialtimetrías de las calles.
- Perfiles tipo.



# MASTERPLAN, PROYECTO DE DRENAJE Y VIALIDAD INTERNA DEL LOTEO "CATALINA NORTE" DE RIO PRIMERO

## CONCLUSIONES

## CAPÍTULO 9



## **CAPÍTULO 9: CONCLUSIONES**

En función de la problemática planteada y de los objetivos propuestos para la presente Practica Supervisada, se llega a las siguientes conclusiones:

Por un lado los Proyectos desarrollados, permitirán un eficiente manejo de los excedentes pluviales generados en las áreas de aporte estudiadas.

Mediante el Microembalse del ingreso al loteo propuesto en el Proyecto de Drenaje, se logra regular los excedentes externos al loteo, que de otra manera ocasionarían inconvenientes en el mismo, además es una obra que beneficiaría también a la Localidad.

Del mismo modo, mediante el canal central propuesto, se logra conducir los excedentes que llegan al mismo y de esta manera evitar que se acumule agua en las calles, lo cual significaría un problema para los vecinos del sector.

El diseño planialtimétrico de las calles desarrollado en el Proyecto Vial, como así también la elección del perfil tipo, y el diseño de las bocacalles, permitirá conducir superficialmente los excedentes pluviales hacia las obras de arte hidráulicas propuestas.

Por otro lado con el microembalse de regulación proyectado al final del loteo se logra regular los volúmenes en exceso que se generarán producto de la urbanización del loteo, de manera tal que los caudales de escurrimientos esperados para el escenario futuro, se aproximen a los caudales que escurrirían si se mantuviese la situación actual.

Finalmente, desde el punto de vista personal, se han cumplido todos los objetivos propuestos, integrando, incrementando y adquiriendo nuevos conocimientos.



# **MASTERPLAN, PROYECTO DE DRENAJE Y VIALIDAD INTERNA DEL LOTEO "CATALINA NORTE" DE RIO PRIMERO**

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia Córdoba D.A.C.yT. S.E.M. (Dirección de Ambiente) – INTA, 2003. Los Suelos, Nivel de Reconocimiento 1: 500.000.

Berardo M. G., Baruzzi A., Vanoli G., Freire R., Tartabini M., Dapás O. (2009): *Principios de Diseño Geométrico Vial*. Tomo I.

Berardo M. G., Baruzzi A., Vanoli G., Freire R., Tartabini M., Dapás O. (2009): *Principios de Diseño Geométrico Vial*. Tomo II.

Bertoni J. C. (2004): Material de capacitación del Curso sobre Gestión de Inundaciones en Áreas Urbanas. GWP-SAMTAC.

Caamaño Nelli G. et. al. (1993): *Regionalización de Precipitaciones Máximas para la Provincia de Córdoba*. INCYTH. CIHRSA. CONICET. SMN. DPH. CONICOR.

Caamaño Nelli G. y Dasso C. M. (2003): *Lluvias de diseño; Conceptos, técnicas y experiencias*. Ed. Científica Universitaria, Córdoba.

Catalini C. G. y Caamaño Nelli G. (2001): *Estructura Espacial a Escala de Cuenca*. Apuntes de Clases de la materia Síntesis de Lluvia para Diseño Hidrológico. Maestría en Ciencias de la Ingeniería Civil – Mención en Recursos Hídricos. FCEFyN. UN de Córdoba.

Catalini C. G., Caamaño Nelli G., García C. M. (2002): *Efectos Fisiográficos y Climáticos sobre las Curvas de Reducción Areal de Lluvias de Diseño*. XIX Congreso Nacional del Agua, Villa Carlos Paz, Córdoba.

Chow V. T. (1994): *Hidráulica de Canales Abiertos*. Ed. McGraw-Hill Interamericana S.A. Santafe de Bogotá. Colombia.

Chow V. T., Maidment D. R. y Mays L. W. (1994): *Hidrología Aplicada*. Ed. McGraw-Hill Interamericana S.A. Santafe de Bogotá. Colombia.

Colombano F. (2011): *Análisis y Propuesta de Solución al Sistema de Drenaje del Sector Norte de la Ciudad de Córdoba*.

Dirección Nacional de Vialidad (1966): *Gráficos Hidráulicos para el Diseño de Alcantarillas*. Preparados por la sección hidráulica, división puentes, oficina de ingeniería y operaciones del Bureau of Public Roads, US.

García C. M. (2000): *Lámina de lluvia puntual para diseño hidrológico*. Tesis Maestría en Ciencias de la Ingeniería Civil – Mención en Recursos Hídricos. FCEFyN. UN de Córdoba.

Hydrologic Engineering Center (2009): HEC-HMS (versión 3.4). *Flood Hydrograph Package*. User Manual. US Army Corps of Engineers.



Rühle F. (1966): Gráficos Hidráulicos para el Diseño de Alcantarillas. Dirección Nacional de Vialidad. Traducción y adaptación de los gráficos preparados por la Sección Hidráulica, División Puentes - Oficina de Ingeniería y Operaciones -Bureau of Public Roads (1964), US.

Tucci C.E.M. (1994): *Enchentes Urbanas no Brasil*. Revista da Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Vol. 12/Nº 1, 117-136.

Tucci C.E.M. (2006): *Gestión de Inundaciones Urbanas*.

Tucci C.E.M. (ed.) (1993): *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. Coleção ABRH, Brasil, Vol. 4, 943 p.

UNESCO (1987): *Manual on drainage in urbanizing areas*. Vol. I. Planning and design of drainage systems. Studies and reports in hydrology. Nº 43.

Vanoli G. (2007): Vialidad Urbana - Drenaje Urbano. Apuntes de Clase. Maestría en Transporte. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba.