

---

**OBRA: LOTEO URBANO**

**DEPARTAMENTO: SANTA MARÍA**

**LUGAR: RP C-45 - MALAGUEÑO**

***ESTUDIO DE ESCURRIMIENTOS – NO INUNDABILIDAD***  
***PARCELA NOMENCLATURA CATASTRAL 3101190103003001***

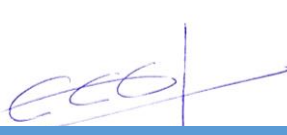
---



**MATÍAS SAUDO**  
FIDUCIARIO  
VENETO COUNTRY



**Julio Pellegrino**  
FIDUCIARIO  
VENETO COUNTRY  
Fideicomiso



**CHRISTIAN EZEQUIEL BARETTO**  
INGENIERO CIVIL  
M.P. 5507/X

---

## Índice

1	OBJETO .....	4
2	ESTUDIO HIDROLOGICO .....	4
2.1	UBICACIÓN.....	4
2.2	ESTUDIO DE IMÁGENES SATELITALES.....	5
2.3	ANÁLISIS MODELOS DIGITALES DE SUPERFICIE .....	7
2.4	PARAMETRIZACIÓN HIDROLÓGICA DE LAS CUENCAS .....	8
2.5	TORMENTA DE DISEÑO .....	9
2.5.1	PERÍODO DE RETORNO (Tr).....	9
2.5.2	DURACIÓN .....	9
2.5.3	LLUVIA DE DISEÑO.....	11
2.5.4	DISTRIBUCION TEMPORAL .....	13
2.5.5	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL.....	14
2.5.6	LLUVIA NETA O EFECTIVA-PÉRDIDAS .....	14
2.6	ESTIMACIÓN DE CAUDALES E HIDROGRAMAS .....	16
2.6.1	HIDROGRAMA UNITARIO .....	16
2.6.2	MODELO HEC-HMS .....	17
2.6.3	ESQUEMA DE MODELACIÓN .....	17
2.6.4	CAUDALES RESULTANTES .....	18
3	VERIFICACIÓN HIDRÁULICA.....	19
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	23
5	BIBLIOGRAFÍA.....	24

## Índice de Figuras

Figura Nº 1: Ubicación de la Parcela en estudio .....	4
Figura Nº 2.- Imagen 02-03-2004.....	5
Figura Nº 3.- Imagen 20-08-2009.....	5
Figura Nº 4.- Imagen 20-04-2020.....	6
Figura Nº 5: DEM IGN 5m de res., líneas de escurrimiento (azul) Ruta C-45(amarillo), Parcela (rojo).....	7
Figura Nº 6.- Cartas IGN, Parcela (rojo) .....	7
Figura Nº 7.- Delimitación cuenca de aporte alcantarilla Ruta C-45 .....	8
Figura Nº 8: Curva i-d-T para la cuenca de estudio .....	12
Figura Nº 9: Curva h-d-T para la cuenca en estudio .....	12
Figura Nº 10: Patrones temporales estación Córdoba Observatorio .....	13
Figura Nº 11.- Hietograma para 60 minutos .....	14
Figura Nº 12: Hidrogramas Unitarios Sintéticos del Soil Conservation Service a) Hidrograma Adimensional, b) Hidrograma Unitario Triangular.....	16
Figura Nº 13.- Modelación en HEC-HMS escenario macro actual .....	17
Figura Nº 14.- Hidrogramas cuenca de aporte externa.....	18
Figura Nº 15.-Perfil Hidráulico-Descarga de Diseño 4.19m <sup>3</sup> /s (Tr 100 años) .....	21
Figura Nº 16.- Perfil Hidráulico-Descarga de Diseño 3.29m <sup>3</sup> /s (Tr 50 años) .....	21
Figura Nº 17.- .Perfil Hidráulico-Descarga de Diseño 2.46m <sup>3</sup> /s (Tr 25 años) .....	22

## Índice de Tablas

Tabla Nº 1: Parámetros fisiográficos de la cuenca.....	8
Tabla Nº 4: Estudio Tiempo de Concentración Aporte Externo Alc. ....	11
Tabla Nº 7: Intensidades y láminas de diseño extraídas de las curvas. ....	13
Tabla Nº 8: CN actual ponderado .....	15
Tabla Nº 9: Números de Curva de Escorrentía (Ven Te Chow-Hidrología Aplicada) .....	15
Tabla Nº 12: Resumen de caudales y volúmenes aporte externo .....	18

# ESTUDIO DE ESCURRIMIENTOS SUPERFICIALES

## 1 OBJETO

El presente estudio tiene como objetivo determinar los escurrimientos que afectan a la Parcela designada Catastralmente como 3101190103003001, donde se pretende realizar un loteo urbano.

## 2 ESTUDIO HIDROLOGICO

### 2.1 UBICACIÓN

La Parcela designada con el número de cuenta 310128030220, se ubica en el Dpto. Santa María, sobre la Ruta C-45 (al oeste), a unos 8.7km al Este de la localidad de Malagueño y a 10km al Norte de la localidad de Falda del Carmen.

La zona en estudio se ubica entre la Ruta Nacional N°20 y la Ruta Provincial N°34 en la provincia de Córdoba, en coordenadas 31°30'20.46" Latitud Sur y 64°26'42.02" de Longitud Oeste.



Figura N° 1: Ubicación de la Parcela en estudio

La zona en estudio se ubica en una zona de escurrimientos superficiales en sentido Oeste-Este. La zona de escorrentías se desarrolla dentro de la cuenca perteneciente al Arroyo La Cañada, entre dos cuencas hidrográficas en el sector, la cuenca del Arroyo Almacuna al sur y la cuenca del Arroyo Los Morteritos al norte.

Uno de los principales aspectos que afectan al drenaje es la traza de la Ruta Provincial C-45, que actúa como una barrera al oeste de la parcela. Las obras de arte de la ruta como alcantarillas, son los condicionantes de paso del drenaje en la zona.



## 2.2 ESTUDIO DE IMÁGENES SATELITALES

De acuerdo a los antecedentes de las bases de datos de la Administración Provincial de Recursos Hídricos, se puede afirmar que la Parcela designada catastralmente 3101190103003001, no es atravesada por cursos de agua permanentes o intermitentes, ni por canales de saneamiento rural. La misma solo es afectada por los escurrimientos superficiales de la zona condicionados por las obras de arte de la ruta.

El terraplén de la Ruta C-45 actúa como barrera de drenaje solo permitiendo el paso de agua en los puntos donde se ubican las alcantarillas. Tampoco se han encontrado registros de sobrepaso de agua sobre la calzada de la misma.

Del registro de imágenes satelitales del servidor de Google Earth, se procedió al análisis de los escurrimientos de la zona que afectan a la parcela.

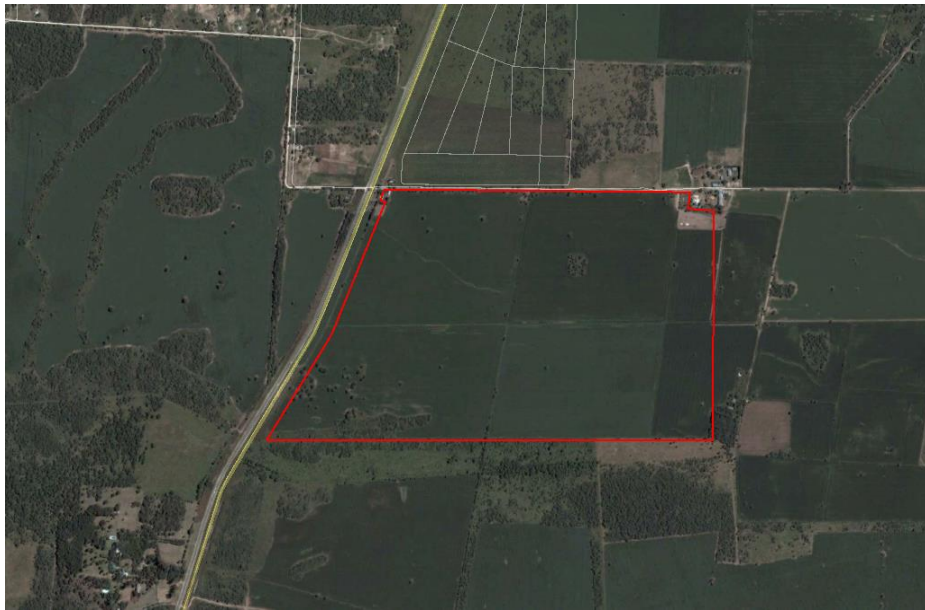


Figura N° 2.- Imagen 02-03-2004



Figura N° 3.- Imagen 20-08-2009

Del análisis de las imágenes se pueden observar las líneas de escurrimiento en la zona, tanto en el cuadrante noroeste de la Parcela, como al sur, coincidente con la salida de las alcantarillas ubicada sobre la Ruta C-45



Figura Nº 4.- Imagen 20-04-2020

Del análisis de los registros de imágenes se puede concluir que la parcela no se ve afectada por cursos de agua permanentes, solo se observan líneas de escurrimiento de tipo mantiforme producto de topografía regional y las obras de arte ubicadas en la ruta.

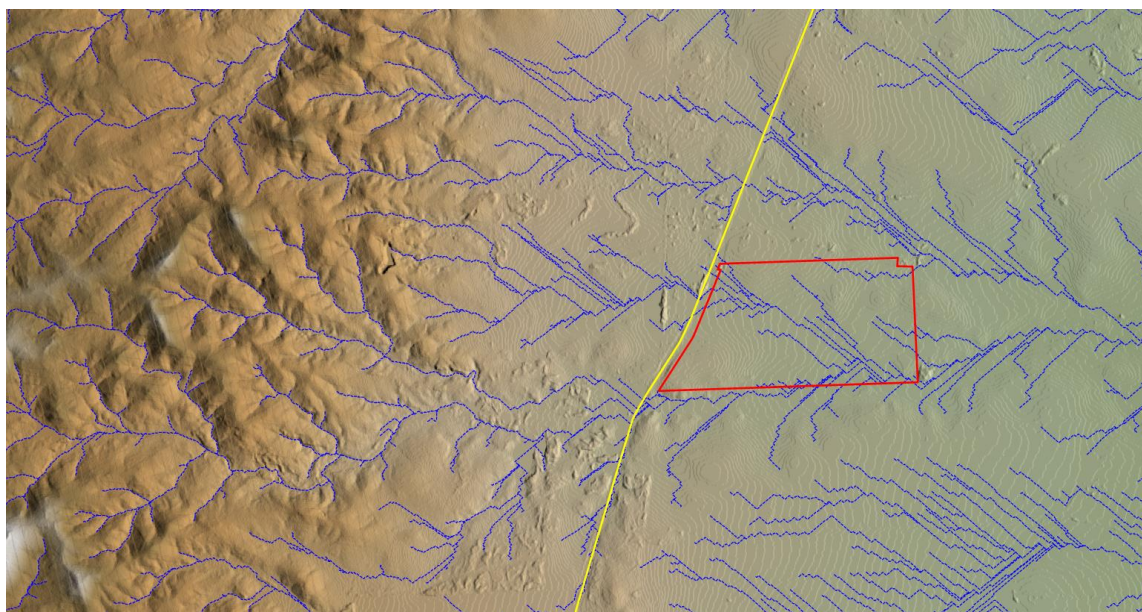


## 2.3 ANALISIS MODELOS DIGITALES DE SUPERFICIE

Se procedió a definir las líneas de escurrimiento que surgen del procesamiento de los modelos digitales de elevación, a fin de delimitar la cuenca de aporte a la alcantarilla que afecta la parcela para correr los modelos matemáticos de cálculo o modelación hidrológica.

Para la delimitación de las cuencas de aporte a la propiedad y la red de escurrimiento general de la zona se realizó un análisis en conjunto de:

- Imágenes Satelitales (servidores Google Earth, Bing Maps, etc.)
- Modelo Digital de Elevación SRTM de 30mts. de resolución
- Modelo Digital de Elevación IGN de 5mts. de resolución
- Cartas Instituto Geográfico Nacional



**Figura Nº 5: DEM IGN 5m de res., líneas de escurrimiento (azul) Ruta C-45(amarillo), Parcela (rojo).**

Del procesamiento de los distintos modelos digitales de elevación, el mejor ajuste se logró con el DEM IGN de 5m de resolución. Se puede observar la gran coincidencia de las líneas de escurrimiento con los resultados arribados del análisis de las imágenes satelitales del servidor Google Earth.



**Figura Nº 6.-Cartas IGN, Parcela (rojo)**

Del análisis de las herramientas mencionadas se puede concluir que la Parcela a desarrollar recibe una cuenca de aporte externa, de superficie aproximada de 190Ha. Se han considerado los límites más desfavorables para definir la superficie de aporte. A partir de la misma se estimarán los caudales y verificación hidráulica de la alcantarilla.

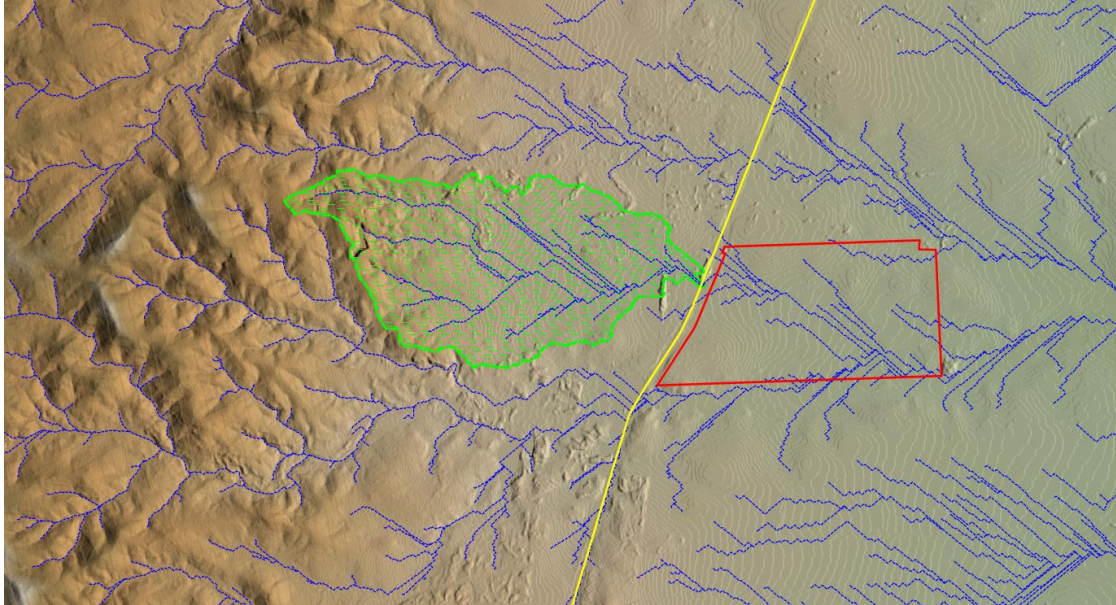


Figura N° 7.- Delimitación cuenca de aporte alcantarilla Ruta C-45

## 2.4 PARAMETRIZACIÓN HIDROLÓGICA DE LAS CUENCAS

Se analizaron los parámetros fisiográficos correspondientes a la cuenca de aporte definida en la delimitación de la alcantarilla sobre la Ruta C-45, en el cuadrante Noroeste de la Parcela.

Tabla N° 1: Parámetros fisiográficos de la cuenca

Cuenca	Hmax (msnm)	Hmin (msnm)	L (Km)	Sm (m/km)	A (Km <sup>2</sup> )
Alc1	735.00	644.00	2.60	34.96	1.91

Dónde: Hmax (Altura máxima), Hmin (Altura mínima), L (Longitud), Sm (Pendiente Media), A (Área).



---

## 2.5 TORMENTA DE DISEÑO

Para numerosos propósitos ingenieriles es necesario conocer las precipitaciones máximas para distintas duraciones asociadas a su probabilidad de ocurrencia, a fin de poder realizar estimaciones de los caudales resultantes en los escurrimientos superficiales.

Para estimar crecientes de proyecto se incluye por lo común combinaciones de intensidad y persistencia extremas de la lluvia para cada probabilidad de ocurrencia o recurrencia (Curvas Intensidad-duración-frecuencia o i-d-T), así como la estructura interna o el patrón de distribución temporal medio de la altura de agua caída en la tormenta (hietograma tipo).

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 en la actualidad con valiosos estudios sobre tormentas de diseño realizados por el Centro de Investigaciones de la Región Semiárida (CIRSA), el CETA (Centro de Estudios y Tecnologías del Agua) de la FCEFyN de la UNC, los cuales van a ser desarrollados más adelante.

### 2.5.1 PERÍODO DE RETORNO ( $T_r$ )

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

En el presente trabajo se han adoptado diferentes periodos de retorno, según los requerimientos del tipo de obra a verificar. Para el caso de alcantarillas en Rutas Provinciales se adoptan recurrencias de 25, 50 y 100 años para su verificación.

### 2.5.2 DURACIÓN

La duración de una tormenta de diseño se adopta igual o levemente superior al tiempo de concentración ( $t_c$ ) 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 poder alcanzar la sección de salida de la cuenca. Para la estimación de dicho tiempo existe un gran número de fórmulas empíricas y cuya aplicabilidad debe ser analizada para cada caso.

Para la estimación del  $t_c$  de las cuencas se evaluaron varias fórmulas empíricas basadas en las características físicas de las subcuencas. La mayoría de dichas fórmulas son descriptas en algunas de las referencias bibliográficas citadas, 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): origen EEUU, adoptado ampliamente por la ingeniería vial en la Argentina. Se sugiere adoptar k próximo a la unidad (ASCE, 1992).

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

Dónde: L es la longitud del cauce principal en metros, H es la diferencia de nivel de la cuenca en metros y k es la rugosidad relativa del cauce.

- Fórmula de Témez (M.O.P.U.): es la recomendada en España, para el método racional modificado, en la Instrucción 5.2 – I.C. de Drenaje Superficial (M.O.P.U., 1990). Se utiliza en el cálculo del hidrograma triangular de J, R, Témez. Se deriva de la fórmula del U.S. Army Corps of Engineers.

$$T_c = \frac{0,30 \cdot L^{0,76}}{S_c^{0,19}}$$

Dónde: L es la longitud del cauce principal en metros y Sc es la pendiente del cauce principal en m/m.

- Kirpich (K): Desarrollada para cuencas rurales de Australia (Pilgrim & Cordery, 1993).

$$T_c = 0,0195 \cdot \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

Dónde: L es la longitud del cauce principal en metros y H es la diferencia de nivel de la cuenca en metros.

- Bransby Williams: Sugerida por The Institution Engineers, Australia en remplazo de la fórmula de Kirpich, al arrojar esta valores muy bajos (Yen, 1992).

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

Dónde: L es la longitud del cauce principal en kilómetros; A es el Área de la cuenca en km<sup>2</sup>; S es la pendiente media del canal principal en m/km.

- SCS (Soil Conservation Service): Método del SCS para el cálculo del tiempo de concentración:

$$t_{lag} = \frac{L^{0,8} \cdot (S + 25)^{0,7}}{7069 \cdot y^{0,5}}$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

$$t_c = 1,67 \cdot t_{lag}$$

Dónde: L es la longitud de la subcuenca en metros; y es la pendiente de la subcuenca en %; S es la máxima capacidad de retención de agua y CN número de curva del método del SCS.

**Tabla N° 2: Estudio Tiempo de Concentración Aporte Externo Alc.**

Cuenca	Kirpich (min)	Pezzoli (min)	B. Williams (min)	MRG (min)	SCS (min)	Dooge (min)	Prom (min)
Alc. RP C45	30.25	50.95	69.53	57.64	135.83	50.40	65.77

Para el caso de las cuencas externas se observa cierta variabilidad de resultados, obteniendo valores desde los 30min a los 135min. Por lo tanto, para la definición de la lluvia de diseño se ha adoptado un promedio del tiempo de concentración estimado con las fórmulas de 60min.

### 2.5.3 LLUVIA DE DISEÑO

La determinación de la lluvia de diseño se basó en los estudios antecedentes referidos a la determinación de la Curvas i-d-T para la ciudad de Córdoba, cuyos registros corresponden a la estación Observatorio Córdoba. Para calcular las lluvias de diseño se utilizó el Modelo DIT, el cual es un modelo cuasi conceptual de la relación i-d-T, que plantea el logaritmo de la intensidad como una función lineal del factor de frecuencia  $\Phi$  (Chow et al. 1951) y de un factor de persistencia  $\delta$  (Caamaño Nelli et al. 1998), vinculados mediante dos parámetros locales, propios de la estación de medición, A y C y uno zonal B.

$$\ln i = A\phi - B\delta + C$$

$$\phi = 2.584458 (\ln T)^{3/8} - 2.252573$$

$$\delta = (\ln d)^{5/3}$$

Mediante el empleo del modelo DIT se calcularon curvas i-d-T y h-d-T para la cuenca en estudio para las recurrencias de diseño adoptadas.



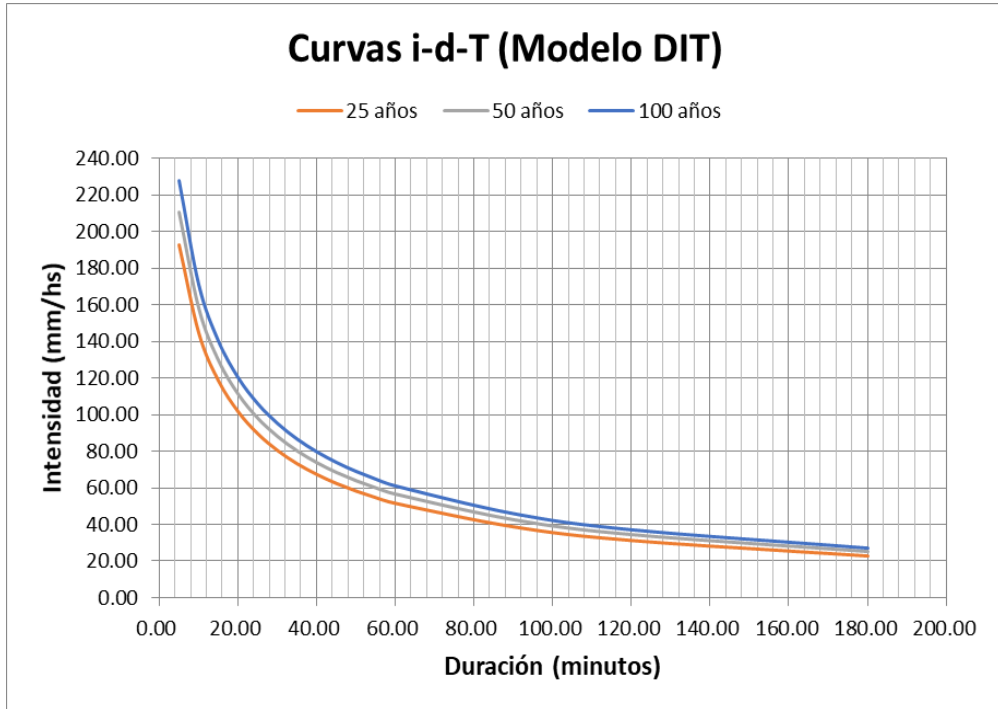


Figura N° 8: Curva i-d-T para la cuenca de estudio

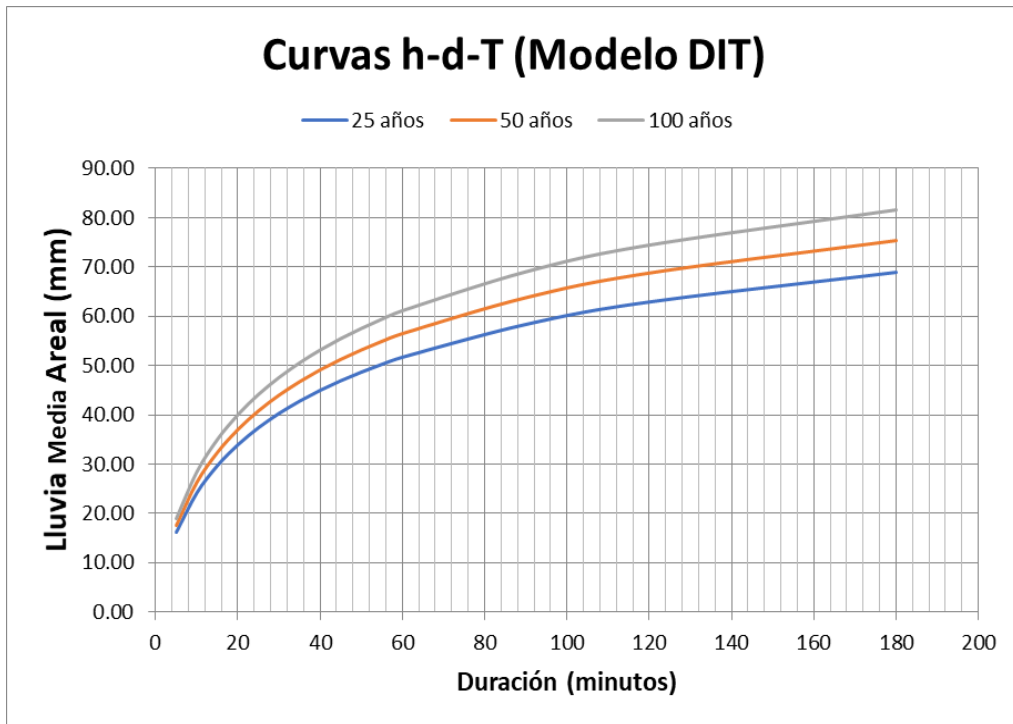


Figura N° 9: Curva h-d-T para la cuenca en estudio

De las curvas se obtienen la lámina de diseño para el modelo de transformación Lluvia-Caudal.

**Tabla Nº 3: Intensidades y láminas de diseño extraídas de las curvas.**

<b>Duración 60 minutos</b>			
<b>Tr (años)</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>100</b>
<b>P (mm)</b>	<b>51.71</b>	<b>56.48</b>	<b>61.12</b>
<b>i (mm/h)</b>	<b>51.71</b>	<b>56.48</b>	<b>61.12</b>

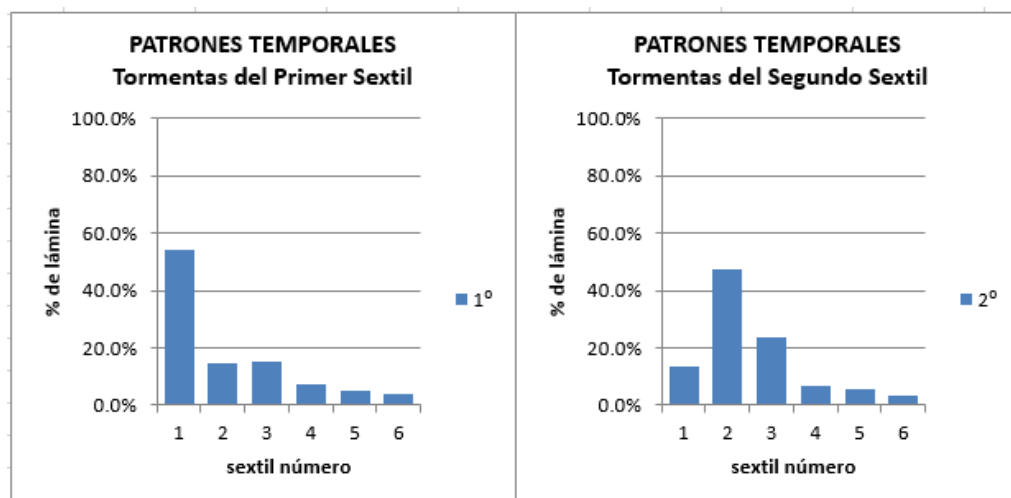
## 2.5.4 DISTRIBUCION TEMPORAL

El conocimiento de la distribución temporal de tormentas intensas reviste gran importancia para la resolución de ciertos problemas hidrológicos, como el estudio de la escorrentía potencial de varios tipos de tormenta. La distribución temporal de las tormentas intensas es requerida como dato de entrada en los modelos de simulación lluvia-caudal, constituyendo un elemento determinante en la estimación del hidrograma de crecidas.

Para obtener los patrones de distribución temporal se tienen en cuenta, tres tipos de variables intervinientes en el problema: criterio de separación de tormentas, duración de la tormenta y ubicación del pico (intervalo de mayor intensidad de la precipitación). El patrón temporal típico depende conjuntamente de la posición del pico y de la duración de la tormenta.

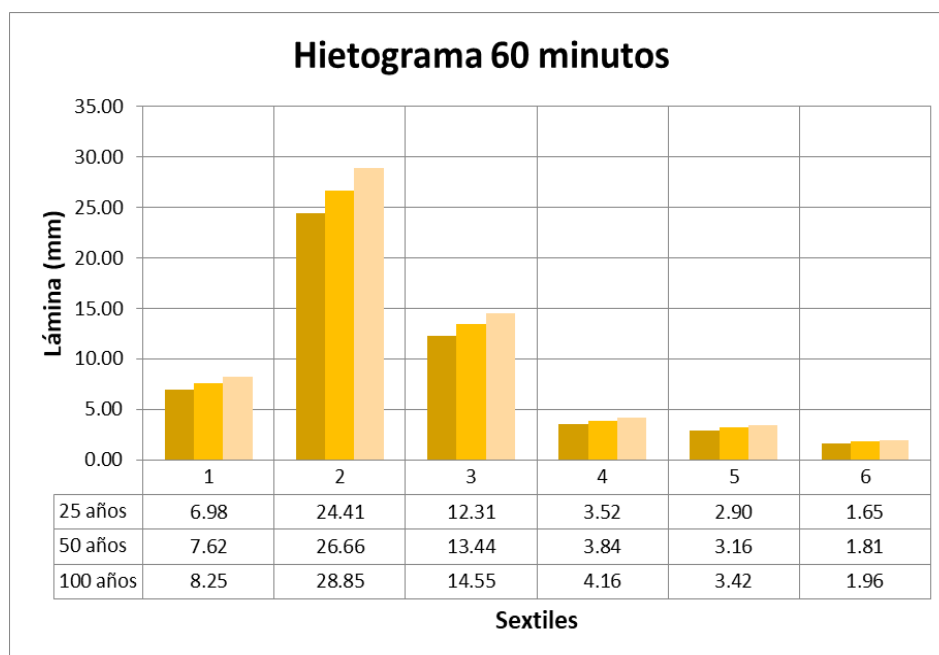
Se establecen los porcentajes de lámina precipitada dividiendo la duración de la tormenta en 6 intervalos (sextils), de los cuales uno contiene el pico (de mayor intensidad) y los restantes decrecen en forma progresiva. La frecuencia de aparición de la posición del pico disminuye a medida que el patrón de tormenta se retrasa, es decir, que el patrón de lluvia con pico ubicado en el primer intervalo posee la mayor probabilidad de ocurrencia. Esta probabilidad decrece cuando el pico se ubica hacia los últimos sextils o intervalos.

Para el caso en estudio se toma el Hietograma tipo del pluviógrafo correspondiente a estación Córdoba Observatorio, la figura muestra a continuación los Hietogramas con el pico el 1ºSextil y 2ºSextil ya que son los que tienen las mayores probabilidades de ocurrencia. Para nuestro caso se considera la ubicación del pico en el segundo sextil como criterio conservador y más desfavorable ya que aporta mayor lamina precipitada como escurrimiento directo a la cuenca.



**Figura Nº 10: Patrones temporales estación Córdoba Observatorio**

A continuación, se presentan los hietogramas de proyecto para la recurrencia de de 25 años, 50 años y 100 años para verificación de las obras de arte existentes.



**Figura Nº 11.- Hietograma para 60 minutos**

## 2.5.5 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL

Uno de los aspectos más importantes y a la vez más dificultosos de contemplar cuando se estiman los caudales generados por cuencas de dimensiones intermedias a grandes, es la variación espacial de las tormentas. Dicho de otro modo, en cuencas de gran extensión o de gran desarrollo longitudinal, es necesario considerar la baja probabilidad de que un evento de alta intensidad se produzca simultáneamente en toda el área de la cuenca.

Generalmente, son consideradas como cuencas intermedias y grandes cuando el área de la misma supera los 20 o 25 km<sup>2</sup>, en estos casos es posible reducir los valores puntuales en función del área considerada. Teniendo en cuenta que la cuenca en estudio posee un área considerablemente inferior, se desestima reducción de la lámina puntual.

## 2.5.6 LLUVIA NETA O EFECTIVA-PÉRDIDAS

Para la estimación del caudal pico o 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 determinada por la acción de 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 basados en índices simplificados, relaciones funcionales (Método de la Curva Número – CN del SCS) y ecuaciones de infiltración (Horton, Philip, etc.) En el presente trabajo fue adoptado para la estimación de pérdidas, el método de la Curva Número – CN del US Soil Conservation Service.

La valoración del parámetro CN para las cuencas analizadas fue realizada bajo las hipótesis de “situación actual” (estado con superficie existente).



- Para la situación actual se ha considerado que la cuenca externa de aporte a la alcantarilla a la altura de la parcela a urbanizar posee los siguientes tipos de usos y cubiertas de suelo.

**Tabla Nº 4: CN actual ponderado**

Cuenca	Uso de Suelo y Cubierta	CN	Area (km²)	CN pond
Alc. RP C-45	Bosque	60	0.922	<b>67.22</b>
	Cultivo CyT	74	0.983	
		TOTAL	1.905	

**Tabla Nº 5: Números de Curva de Escorrentía (Ven Te Chow-Hidrología Aplicada)**

Uso del Suelo y Cubierta	Tratamiento ó Método	Condición para la Infiltración	Grupo Hidrológico del Suelo			
			A	B	C	D
Barbecho	SR		77	86	91	94
Cultivos en hileras	SR	Mala	72	81	88	91
	SR	Buena	67	78	85	89
	C	Mala	70	79	84	88
	C	Buena	65	75	82	86
	CyT	Mala	66	74	80	88
	CyT	Buena	62	71	78	88
Granos pequeños	SR	Mala	65	76	84	88
	SR	Buena	63	75	83	87
	C	Mala	63	74	82	85
	C	Buena	61	73	81	84
	CyT	Mala	61	72	79	82
	CyT	Buena	59	70	78	81
Legumbres tupidas o rotación de pradera	SR	Mala	66	77	85	89
	SR	Buena	58	72	81	85
	C	Mala	64	75	83	85
	C	Buena	55	69	78	83
	CyT	Mala	63	73	80	83
	CyT	Buena	51	67	76	80
Pradera o pastizal		Mala	68	79	86	89
		Regular	49	69	79	84
	C	Mala	47	67	81	88
	C	Buena	10	35	70	79
	C	Regular	25	59	75	83
Pradera (permanente)			30	58	71	70
Bosques (lotes de bosques)		Mala	45	66	77	83
		Regular	36	60	73	79
		Buena	25	55	70	77
Cascos de estancias			59	74	82	86
Caminos (revestidos)			72	82	87	89
(Con pavimentos duros)			74	84	90	92

SR son hileras rectas.  
C son líneas de nivel.

T son terrazas.  
CyT son terrazas a nivel.

## 2.6 ESTIMACIÓN DE CAUDALES E HIDROGRAMAS

Ante la falta de registros históricos de caudales para cuencas de características similares a la analizada, resulta habitual relacionar las escorrentías con registros de precipitación mediante la transformación lluvia – caudal, asumiendo que las tormentas de proyecto y los picos de caudales que éstas generan, poseen la misma recurrencia.

La determinación de la tormenta de diseño tiene como finalidad el cálculo de los hidrogramas de proyecto que permiten obtener los picos de caudal y establecer la forma del mismo. En ese orden, los valores máximos permiten el cálculo o verificación de las obras de captación y conducción, mientras que los hidrogramas sirven al dimensionado de los almacenamientos (embalses o lagunas) y sus obras de descarga.

Estos análisis tienden a definir La Descarga Máxima (caudal asociado a un cierto riesgo de ser igualado o superado, utilizado para el cálculo de canales, alcantarillas, etc.) y el Hidrograma de Proyecto (secuencia de caudales caracterizada por su volumen, distribución temporal y caudal pico, requerido para definir tiempos de inundación, alturas de reservorios y diseño de obras hidráulicas)

El análisis de las cuencas desarrollará mediante la aplicación del Modelo Matemático HEC-HMS.

### 2.6.1 HIDROGRAMA UNITARIO

El Hidrograma Unitario de una cuenca es el hidrograma observable a la salida de la misma cuando sobre ella actúa una tormenta de lámina neta o efectiva unitaria, que se distribuye uniformemente sobre toda el área de aporte y de intensidad constante. Es necesario para recordar que el HU supone que la cuenca tiene un comportamiento lineal, es decir, se dan los fenómenos de proporcionalidad y superposición de efectos.

Para el presente trabajo fue utilizado el Hidrograma Unitario de US Soil Conservation Service.

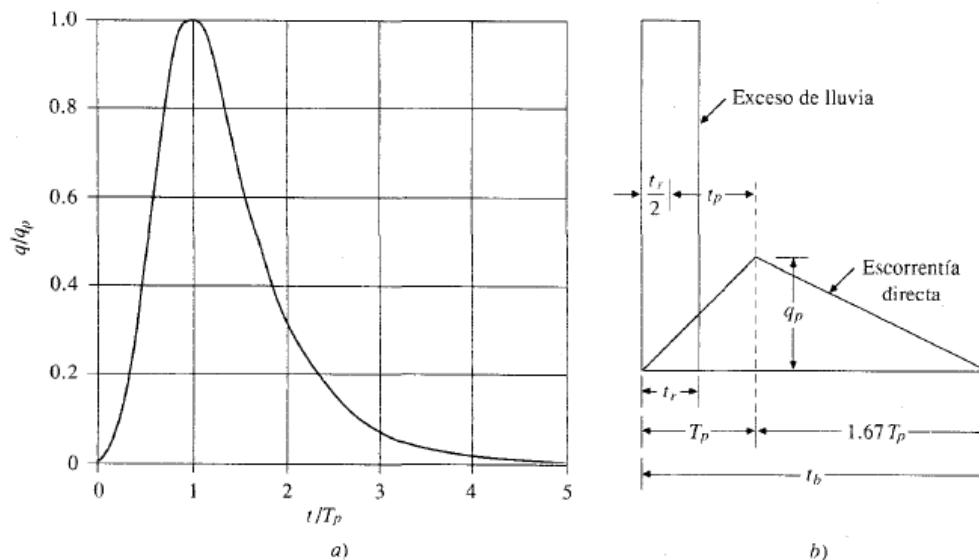


Figura Nº 12: Hidrogramas Unitarios Sintéticos del Soil Conservation Service a) Hidrograma Adimensional, b) Hidrograma Unitario Triangular

## 2.6.2 MODELO HEC-HMS

La obtención de los hidrogramas de escorrentía para lluvias de distintas recurrencias se obtuvo a través del Modelo HEC-HMS. Este modelo permite simular la transformación de lluvias históricas o hipotéticas en escurrimiento, a través de un sistema que integra diferentes métodos hidrológicos para encontrar la lluvia en exceso, transformarla en caudal y transitarla por los cauces. Las siglas HEC significan Hidrologic Engineering Center (Centro de Ingeniería Hidrológica), del Centro de Investigación del U. S. Army Corps of Engineers en Davis, California, donde fue desarrollado.

El planteamiento del modelo consiste en esquematizar conceptualmente el sistema hidrológico en estudio, poniendo de manifiesto los procesos involucrados en el fenómeno de transformación lluvia-caudal mediante la simplificación de la realidad.

La ejecución de una simulación con el programa operativo HEC-HMS (Versión 4.2.1) requiere de las siguientes especificaciones:

- El primer conjunto, llamado Modelo de Cuenca (Basin Model), contiene parámetros y datos conectados para elementos hidrológicos.
- El segundo conjunto, llamado Modelo Meteorológico, consiste en datos meteorológicos, en especial precipitación y de la información requerida para procesarlos.
- El tercer conjunto, llamado Especificaciones de Control, con el cual se especifica información para efectuar la simulación

## 2.6.3 ESQUEMA DE MODELACIÓN

Para cuantificar los caudales de las cuencas de aporte a la alcantarilla que descarga al futuro loteo se realizó la modelación matemática del sistema hidrológico mediante el programa HEC-HMS, para 25, 50 y 100 años de recurrencia. Se adoptaron las duraciones de lluvia de los apartados anteriores. A continuación, se presentan los esquemas de modelación adoptados.

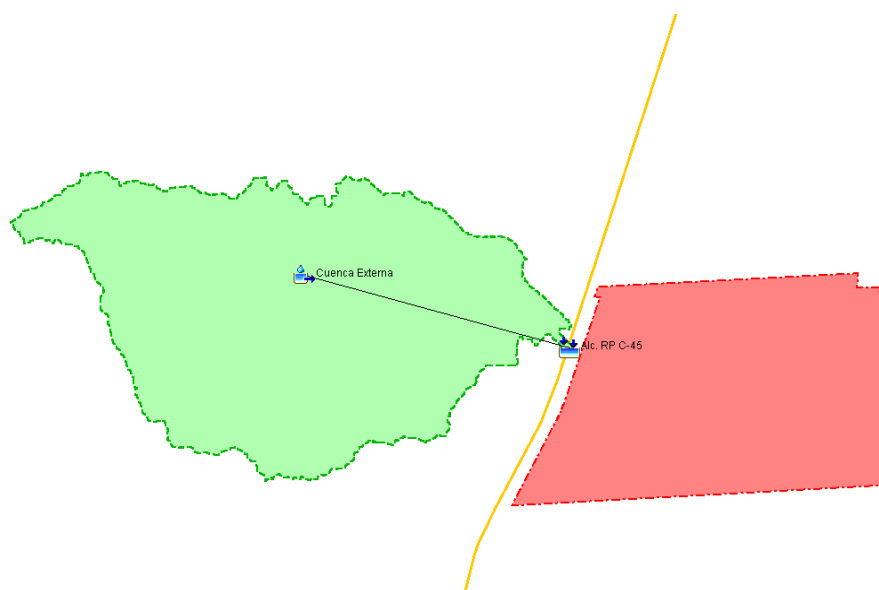


Figura N° 13.- Modelación en HEC-HMS escenario macro actual



## 2.6.4 CAUDALES RESULTANTES

A continuación, se presentan los resultados de la modelación para el estado actual de la cuenca de aporte externo a la alcantarilla que descarga en el extremo noroeste de la parcela a desarrollar.

Tabla Nº 6: Resumen de caudales y volúmenes aporte externo

P-60 minutos		Tr 25 años		Tr 50 años		Tr 100 años	
Elemento Hidrológico	Área (km <sup>2</sup> )	Caudal Pico (m <sup>3</sup> /s)	Volumen (1000m <sup>3</sup> )	Caudal Pico (m <sup>3</sup> /s)	Volumen (1000m <sup>3</sup> )	Caudal Pico (m <sup>3</sup> /s)	Volumen (1000m <sup>3</sup> )
Cuenca Externa	1.91	2.458	9.146	3.289	12.273	4.193	15.674
<b>Alc. RP C-45</b>	<b>1.91</b>	<b>2.458</b>	<b>9.146</b>	<b>3.289</b>	<b>12.273</b>	<b>4.193</b>	<b>15.674</b>

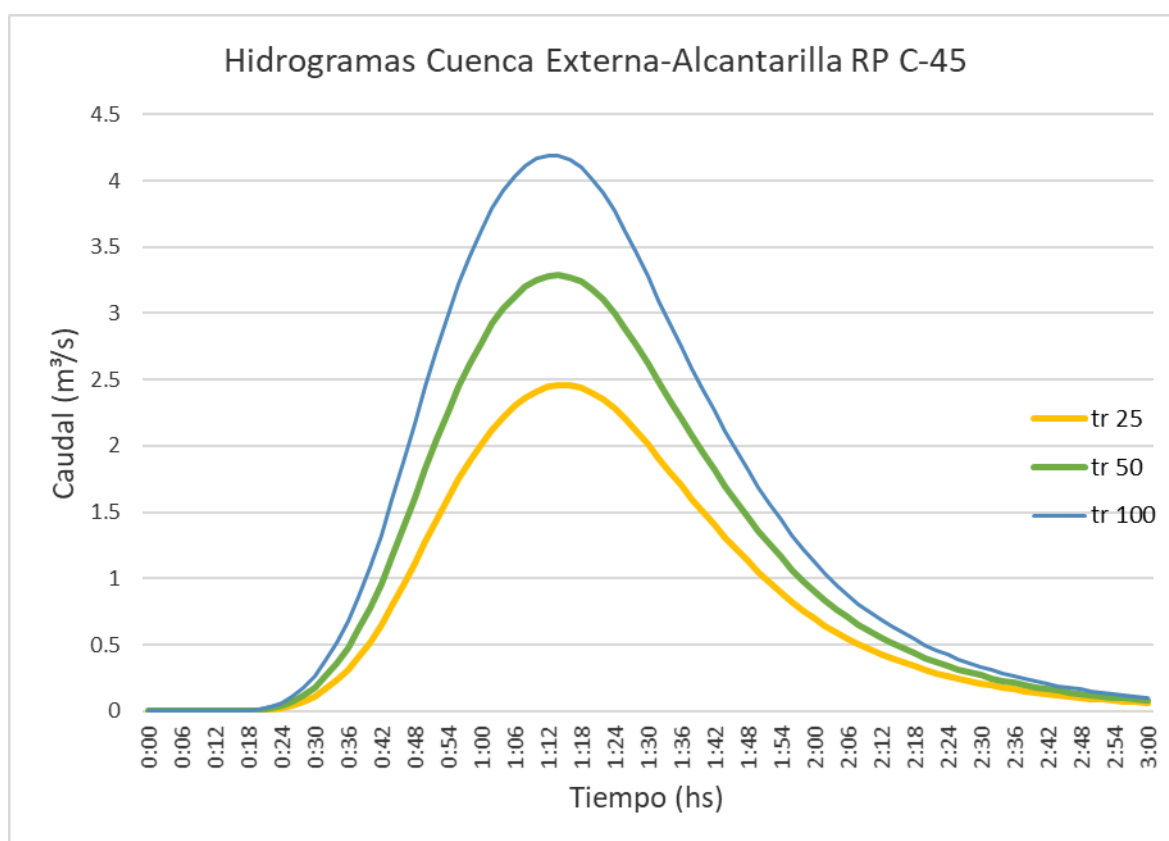
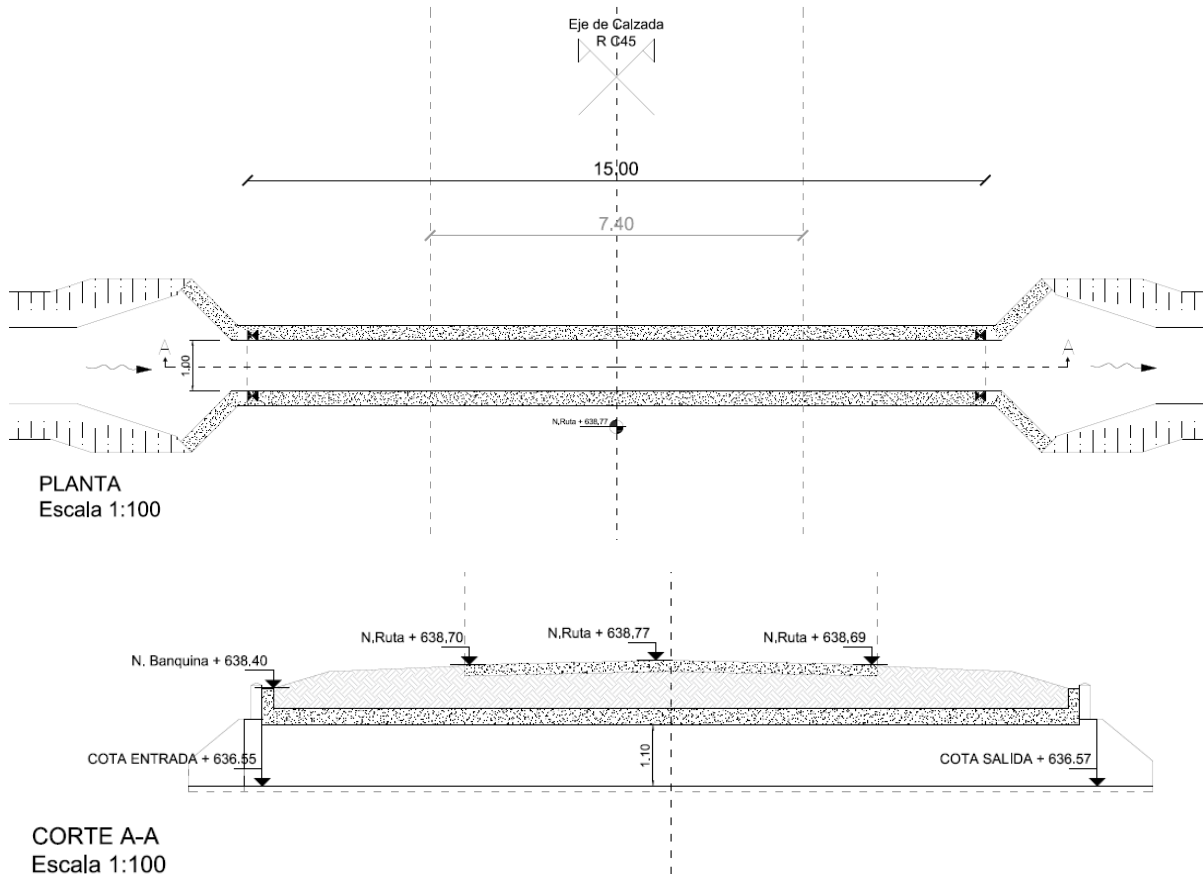


Figura Nº 14.- Hidrogramas cuenca de aporte externa

Como se observa para las recurrencias de 25, 50 y 100 años se producen caudales picos de 2.46, 3.29 y 4.19 m<sup>3</sup>/s, respectivamente. Estos valores se utilizarán para la verificación hidráulica de la sección existente de la alcantarilla ubicada sobre la RP C-45 frente a la parcela a desarrollar.

### 3 VERIFICACIÓN HIDRÁULICA

A continuación, se presenta la geometría de la alcantarilla ubicada sobre la ruta y la verificación hidráulica de la misma en función de los caudales obtenidos en la modelación hidrológica.



El Programa HY-8 es un software elaborado por la Federal Highway Administration para el análisis de Alcantarillas en Carreteras, actualmente cuenta con las siguientes aplicaciones:

- Realizar cálculos para el análisis de alcantarillas
- Generación y enrutamiento de hidrogramas
- Desbordamiento de carreteras
- Estimaciones de drenaje de salida.
- Perfiles de Flujo

El programa HY8 se compone actualmente de cuatro módulos, necesarios para el análisis y diseño de alcantarillas relacionados así: análisis de alcantarillas, diseño de estructuras de disipación de energía y por ultimo módulos de generación y tránsito de hidrogramas.

El análisis de alcantarillas es el más importante para la aplicación de drenaje en carreteras, a razón que se compone de un control de entrada y salida del flujo, adicionalmente el programa modela el desbordamiento y el flujo sobre la vía, lo que permite verificar la funcionalidad del alcantarillado con respecto a un determinado periodo de retorno.

Este programa permite revisar el funcionamiento hidráulico de alcantarillas con secciones circulares o de cualquier otro tipo.

Por último, el programa tiene la capacidad de generar informes de los análisis hidráulicos realizados, dentro de cuales se pueden resaltar, los perfiles de flujo, en donde caracteriza las líneas de energía, curvas de remanso y tipos de flujo de una alcantarilla.

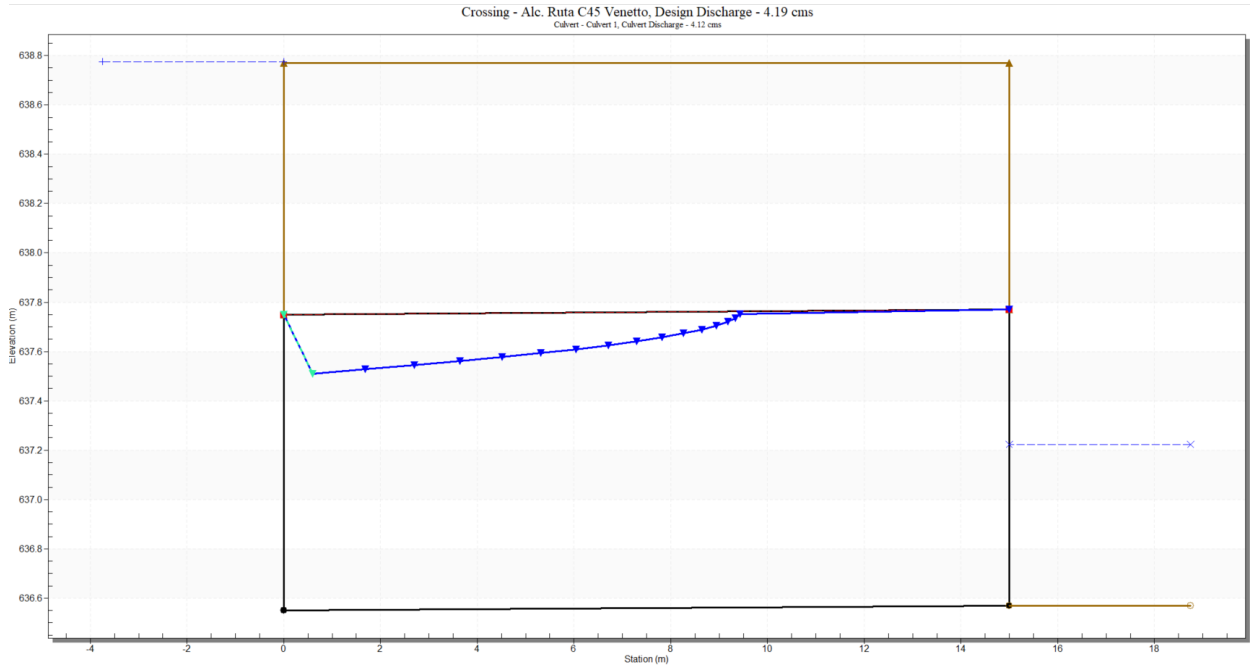
**Tabla N° 7.- Tablas resumen de resultados HY-8**

Headwater Elevation (m)	Discharge Names	Total Discharge (cms)	Culvert 1 Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
637.95	TR 25 años	2.46	2.46	0.00	1
638.32	TR 50 años	3.29	3.29	0.00	1
638.78	TR 100 años	4.19	4.12	0.06	34
638.77	Overtopping	4.11	4.11	0.00	Overtopping

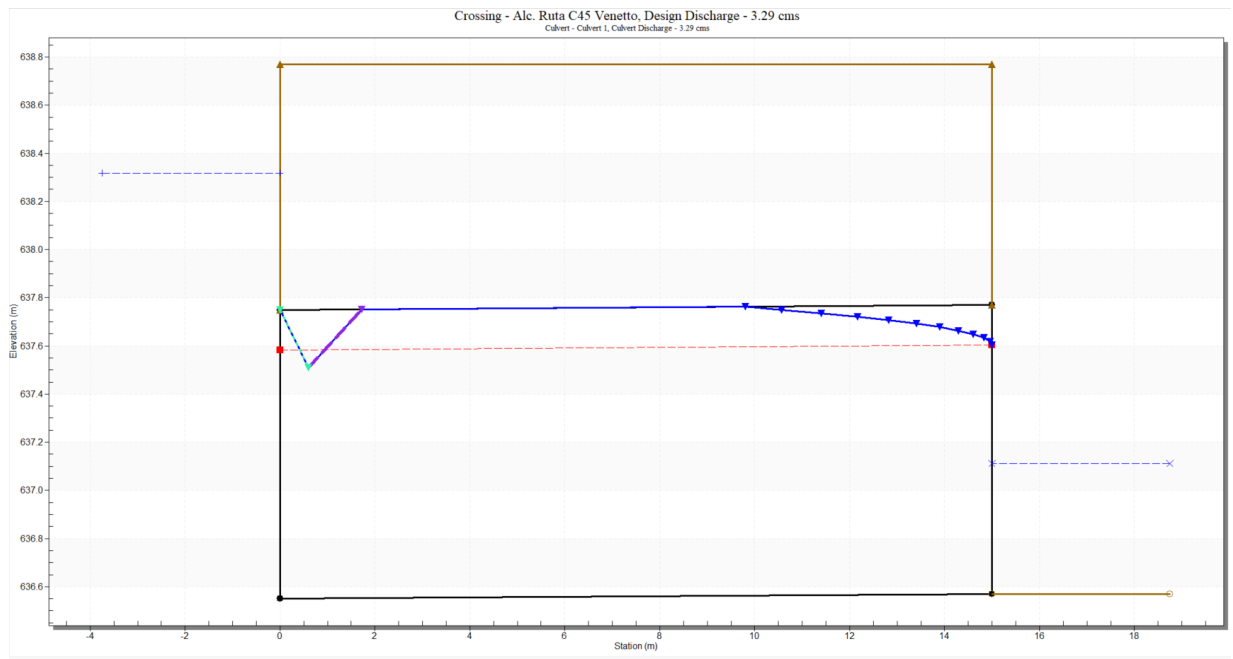
Headwater Elevation (m)	Total Discharge (cms)	Culvert 1 Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
636.57	0.00	0.00	0.00	1
637.00	0.42	0.42	0.00	1
637.25	0.84	0.84	0.00	1
637.46	1.26	1.26	0.00	1
637.64	1.68	1.68	0.00	1
637.81	2.10	2.10	0.00	1
637.95	2.46	2.46	0.00	1
638.14	2.93	2.93	0.00	1
638.35	3.35	3.35	0.00	1
638.57	3.77	3.77	0.00	1
638.78	4.19	4.12	0.06	35
638.77	4.11	4.11	0.00	Overtopping

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	636.57	0.00	<b>0.02</b>	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.42	0.42	637.00	0.40	<b>0.45</b>	7-A2c	NA	0.26	0.26	0.13	1.60	3.26
0.84	0.84	637.25	0.63	<b>0.70</b>	7-A2c	NA	0.42	0.42	0.20	2.02	4.11
1.26	1.26	637.46	0.84	<b>0.91</b>	7-A2c	NA	0.54	0.54	0.27	2.31	4.67
1.68	1.68	637.64	1.03	<b>1.09</b>	7-A2c	NA	0.66	0.66	0.33	2.54	5.08
2.10	2.10	637.81	1.21	<b>1.26</b>	7-A2c	NA	0.76	0.76	0.39	2.74	5.41
2.46	2.46	637.95	1.37	<b>1.40</b>	7-A2c	NA	0.85	0.85	0.44	2.89	5.64
2.93	2.93	638.14	<b>1.59</b>	1.57	7-A2t	NA	0.96	0.96	0.50	3.06	5.90
3.35	3.35	638.35	<b>1.80</b>	1.68	7-JA2c	NA	1.05	1.05	0.55	3.20	6.10
3.77	3.77	638.57	<b>2.02</b>	1.80	7-JA2c	NA	1.13	1.13	0.60	3.33	6.27
4.19	4.12	638.78	<b>2.22</b>	1.92	7-A2c	NA	1.20	1.20	0.65	3.43	6.43





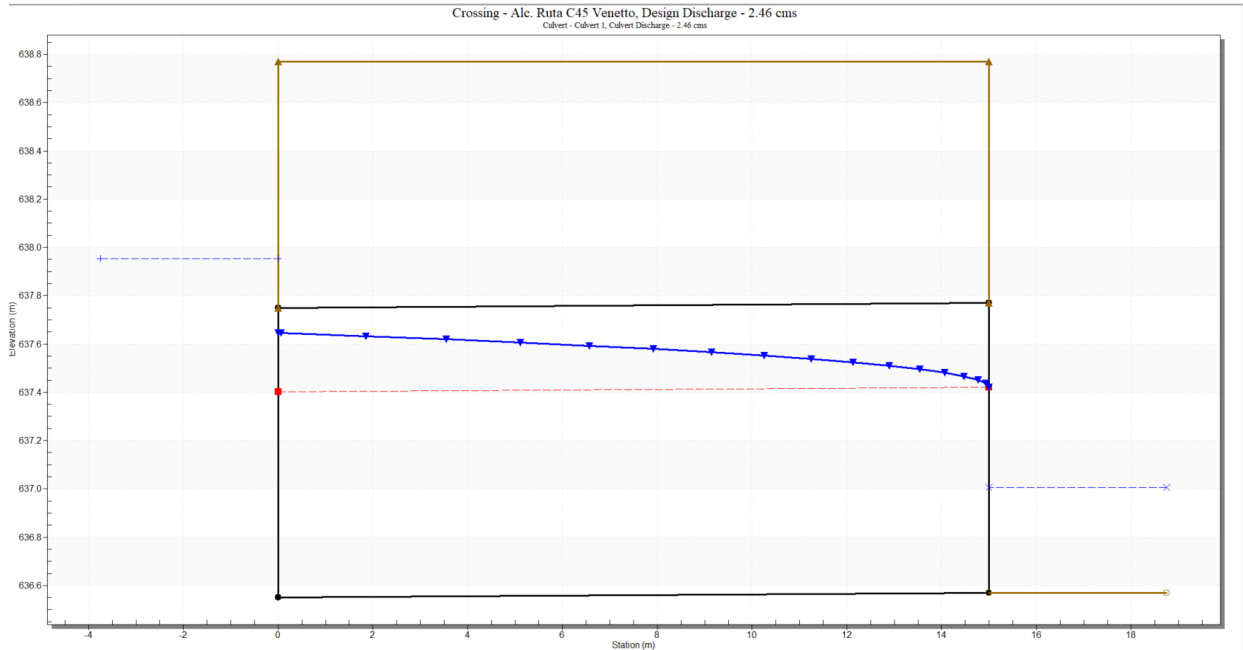
**Figura N° 15.-Perfil Hidráulico-Descarga de Diseño 4.19m³/s (Tr 100 años)**



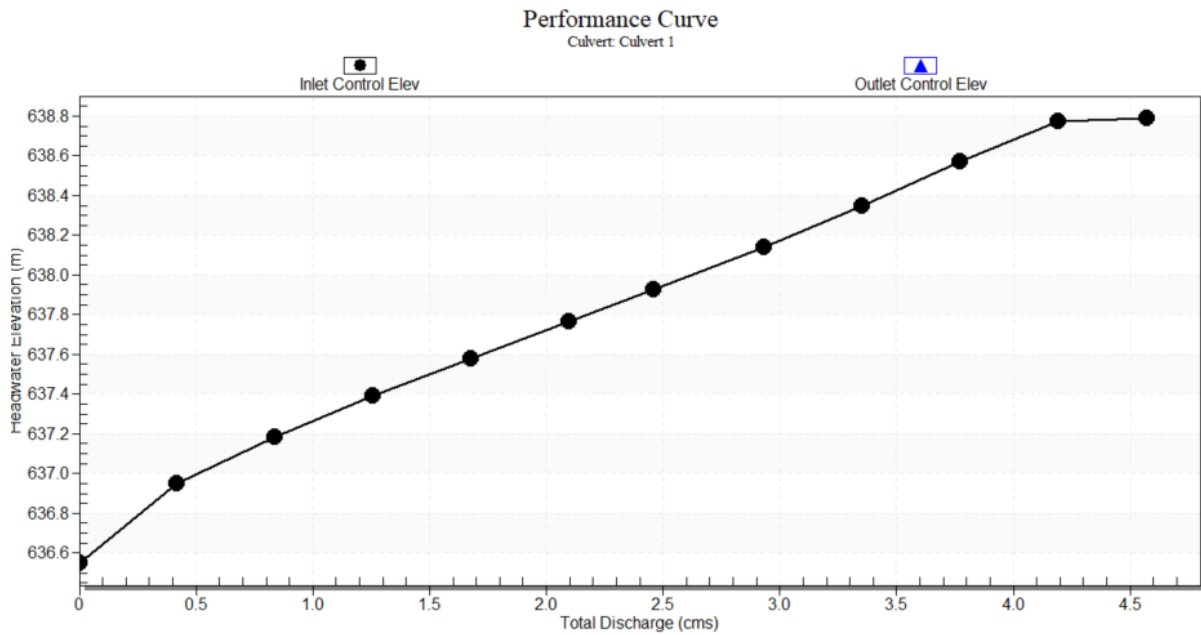
**Figura N° 16.- Perfil Hidráulico-Descarga de Diseño 3.29m³/s (Tr 50 años)**

*Handwritten signature*

CHRISTIAN EZEQUIEL BARETTO  
 INGENIERO CIVIL  
 M.P. 5507/X



**Figura N° 17.- .Perfil Hidráulico-Descarga de Diseño 2.46m³/s (Tr 25 años)**



La alcantarilla, funciona con control de entrada, puede evacuar adecuadamente los caudales para las recurrencias de 25 y 50 años sin sobre paso sobre calzada de ruta. Para el caudal de 4.19m³/s, se produce el sobrepaso sobre calzada, observandose que el flujo erogado por la alcantarilla es 4.12m³/s y el flujo sobre calzada es 0.06m³/s. Se puede concluir que la parcela no es inundable, y que el diseño de la urbanización debera prever un manejo de los caudales que ingresan a la misma desde la salida de la alcantarilla ubicada en la Ruta Provincial C-45.

---

## 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El estudio de escurrimientos superficiales demuestra que la parcela designada Catastralmente como 3101190103003001 **no es inundable**. No se observan ni canales ni cursos de agua permanentes.
- El drenaje de zona está condicionado por la infraestructura vial, particularmente la traza de la Ruta Provincial C-45 y las obras de arte sobre la misma.
- La parcela recibe, en el cuadrante Noroeste los aportes de una alcantarilla de sección rectangular de 1.00x1.10m ubicada sobre la ruta.
- Se delimito la cuenca de aporte a la alcantarilla, que se corresponde con la cuenca de aporte externa a la parcela. Se estimaron los caudales para 25, 50 y 100 años de recurrencia con el objeto de verificar hidráulicamente la alcantarilla.
- Se relevó la geometría de la alcantarilla y se realizó la verificación hidráulica de la misma con el programa HY-8. Se concluye que el funcionamiento de la alcantarilla es con control de entrada, y la misma verifica para los caudales de 2.46 y 3.29 m<sup>3</sup>/s, de recurrencia 25 y 50 años, respectivamente.
- Para el caudal de 4.19m<sup>3</sup>/s (Tr 100 años), se produce el sobrepaso sobre calzada, observandose que el flujo erogado por la alcantarilla es 4.12m<sup>3</sup>/s y el flujo sobre calzada es 0.06m<sup>3</sup>/s.
- El diseño urbanístico del emprendimiento debera contemplar las obras de manejo y conducción de los caudales externos de acuerdo a la normativa vigente de la Administración Provincial de Recursos Hídricos.

---

## 5 BIBLIOGRAFÍA

- [1] ACASE – INTA (2003): Los Suelos. Nivel de Reconocimiento 1:500.000. Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba. ACASE - Dirección de Ambiente. INTA – EEA Manfredi.
- [2] Bolinaga I. J.J. (1979): Drenaje Urbano. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, Instituto Nacional de Obras Sanitarias, Caracas, Venezuela.
- [3] Caamaño Nelli G, et. Al. (1993): Regionalización de Precipitaciones Máximas para la Provincia de Córdoba. INCYTH, CIHRSA, CONICET, SMN, DPH, CONICOR.
- [4] Caamaño Nelli G. y Dasso C. M. (2003): Lluvias de diseño; Conceptos, técnicas y experiencias. Ed. Científica Universitaria, Córdoba.
- [5] Capitanelli, R (1979): Geomorfología. Capítulo V en Geografía Física de la Provincia de Córdoba. Cap. V pp. 263-279. Editorial Boldt. Córdoba.
- [6] Chow V., T. (1994): Hidráulica de Canales Abiertos. Ed, McGraw-Hill Interamericana S.A. Santafe de Bogotá, Colombia.
- [7] Chow V., T., Maidment D, R. y Mays L. W. (1994): Hidrología Aplicada. Ed. McGraw-Hill Interamericana S.A. Santafe de Bogotá, Colombia.
- [8] 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, U.S.
- [9] U.S. Army Corps of Engineers R&D Work Unit #32444. (2000): Hydrologic Modeling Systems HEC-HMS. Technical Reference Manual. Author Arlen D. Feldman, Editor, Washington, DC.
- [10] U.S. Army Corps of Engineers (2016): Hydrologic Modeling Systems HEC-HMS. Quick Start Guide. Author M. Fleming and T. Brauer. Davis, California
- [11] U.S. Army Corps of Engineers (2016): Hydrologic Modeling Systems HEC-HMS. User´s Manual. Author W. Scharffenberg. Davis, California
- [12] Tucci C.E.M. (ed.) (1993): Hidrologia: Ciência e Aplicação. Coleção ABRH, Brasil, Vol. 4, 943 p.