

Estudio de Drenajes Urbanos

Municipalidad de Guaymallén – Etapa 3

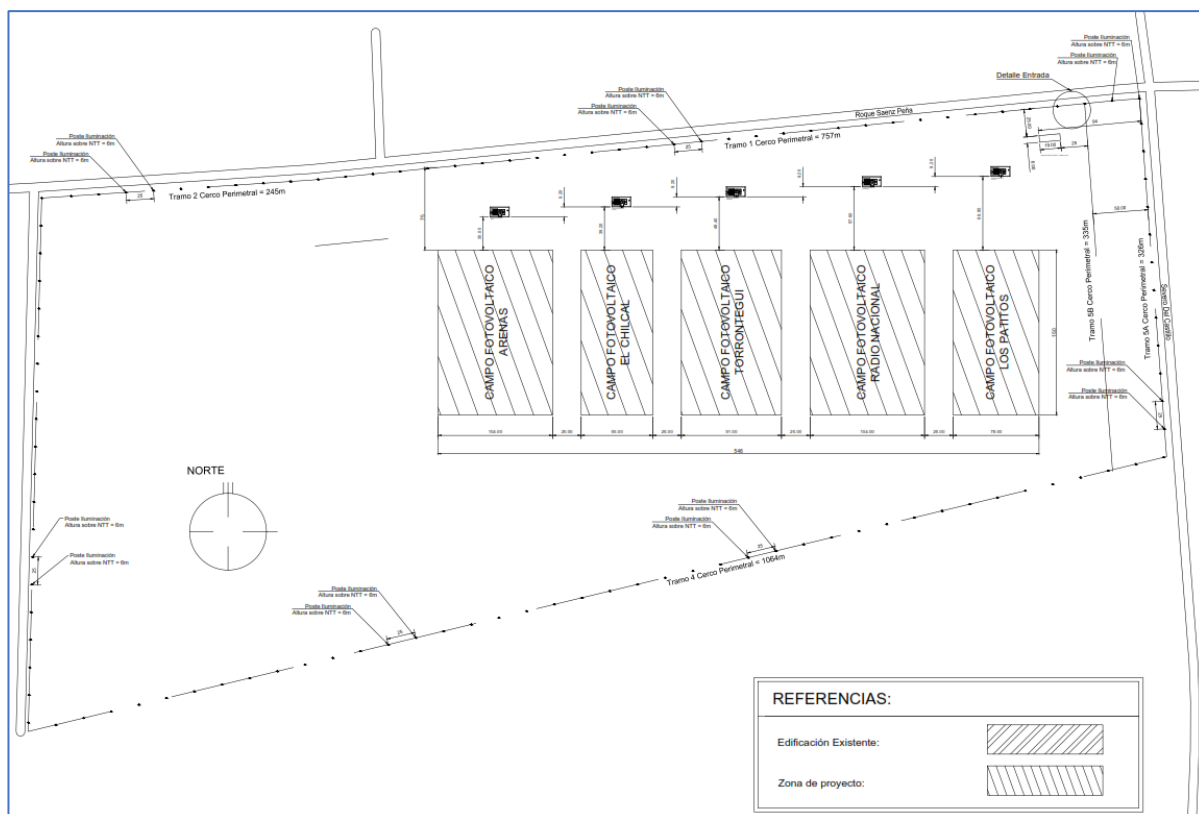
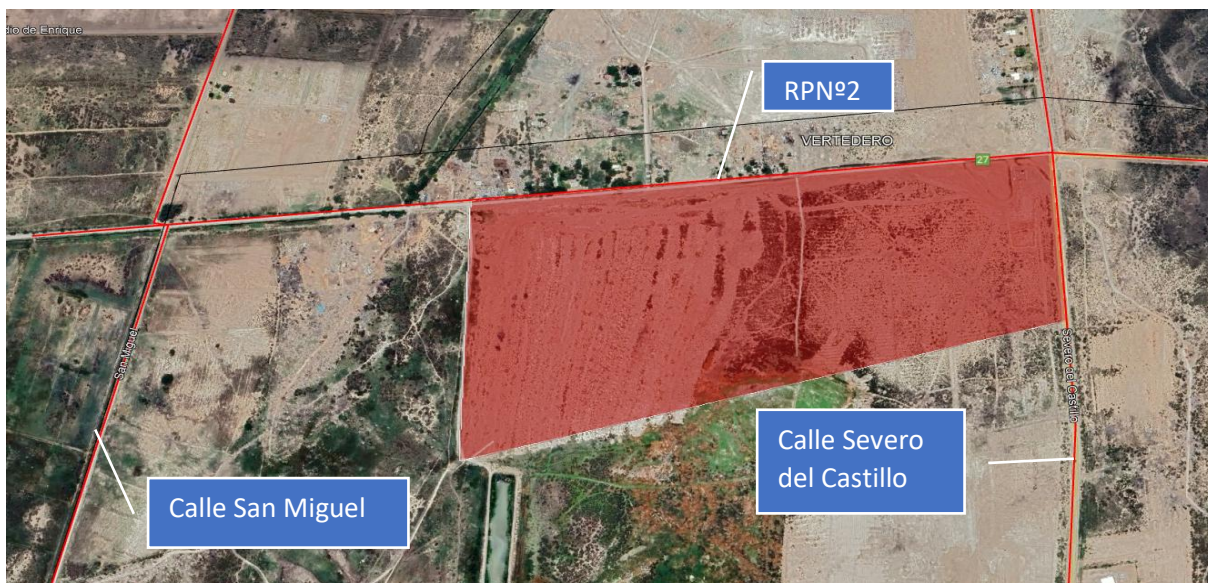


**Sistema de drenaje, del Proyecto del Parque Solar, del
Municipio de Guaymallén**

A- INTRODUCCIÓN

OBJETIVO

El objetivo del presente estudio, *que se halla a nivel de anteproyecto*, es la realización del diseño del sistema de drenaje de escurrimientos superficiales del futuro Parque Solar del Departamento de Guaymallén, conduciéndolos hasta el punto de vuelco en el Arroyo Tulumaya, ubicado al noreste, por un canal a construir en la Calle Severo del Castillo.



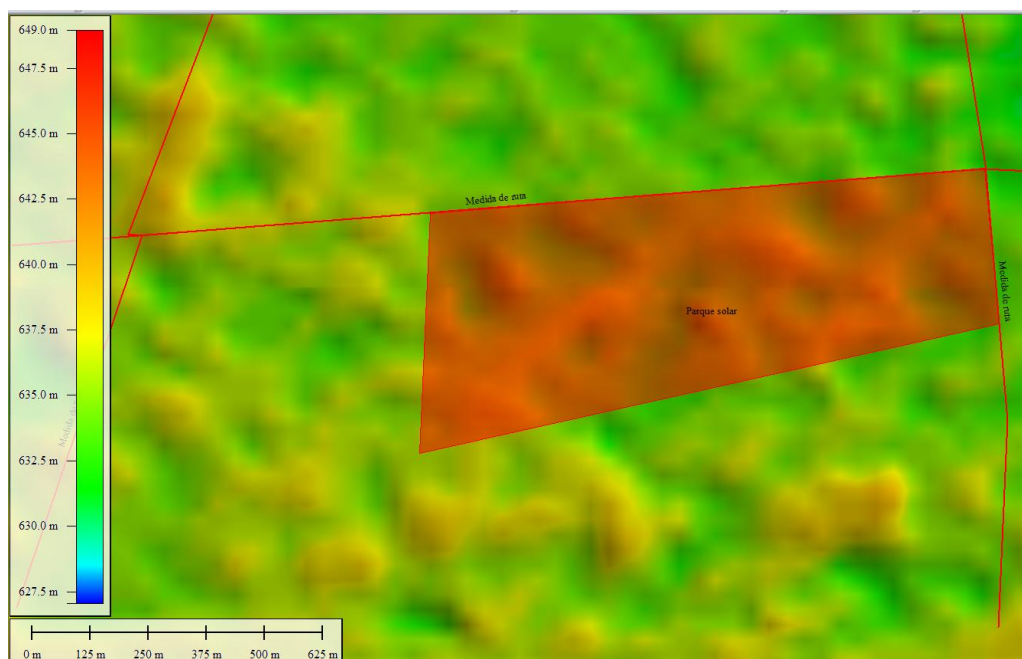
CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA

El terreno se ubica al este de la Calle San Miguel, al norte de la Pública y al oeste de Calle Severo del Castillo en el Departamento de Guaymallén, en zona urbano-rural, que es calificada como No Aluvional, por la Dirección de Hidráulica.

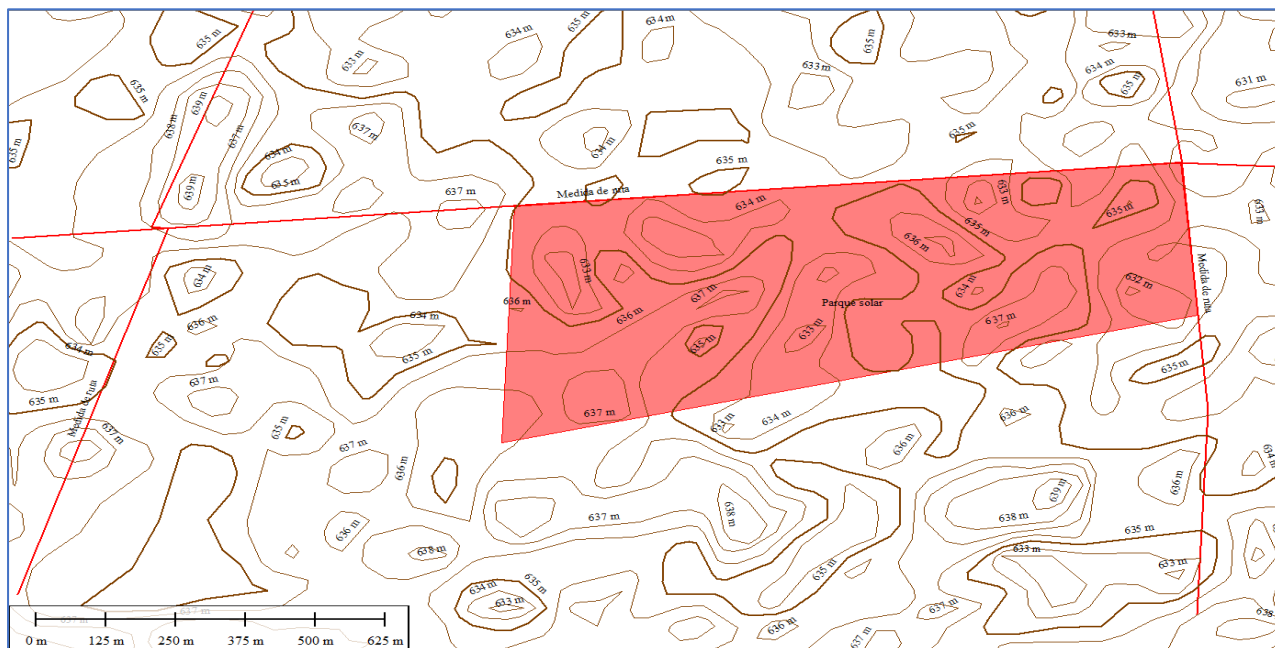
Como condición de borde, posee al sur las lagunas de oxidación de la zona de Puente de Hierro, que funcionan como laguna de retención por lo que no es de esperar escurrimientos provenientes de esa zona que influyan directamente en el terreno del parque solar, ya que, además, posee un borde en forma de terraplén que retienen dichos escurrimientos. Aun así, se indica que se tomará toda el área como cuenca de aporte para tomar una posición de seguridad.

TOPOGRAFÍA

Para el análisis topográfico y definir las áreas de influencia, se indica que *no se contó con topografía de detalle*, por ello se utilizó los datos topográficos según procesamiento del Modelo Digital de Elevación (MDE) de SRTM Worldwide Elevation Data (1-arc-second Resolution, SRTM Plus V3), y según modelación de Global Mapper®, que se observa a continuación:



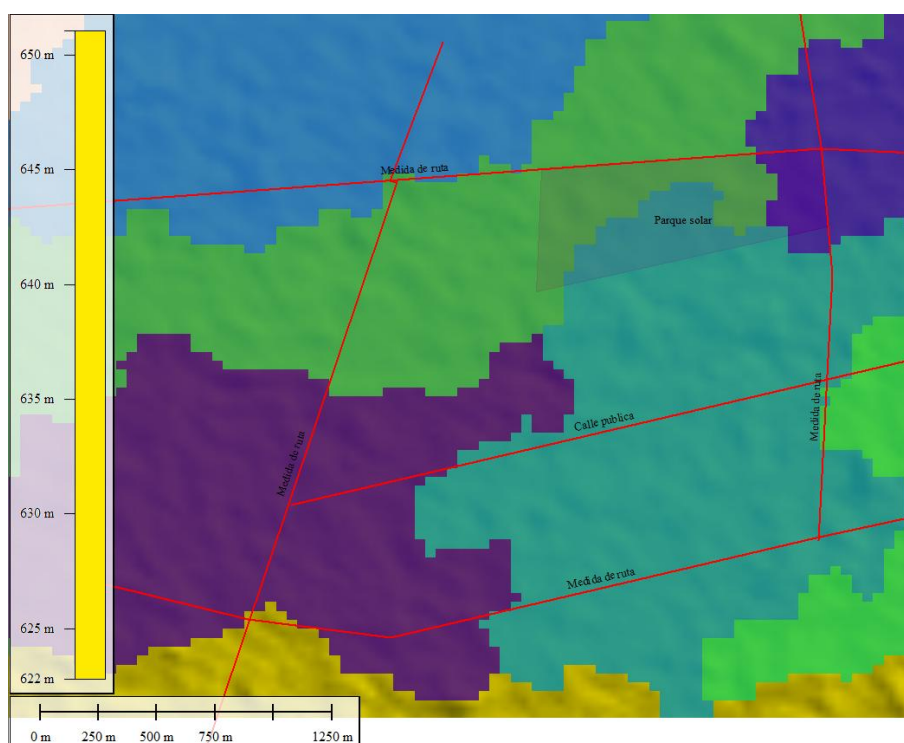
Con el MED anterior, se obtuvieron las primeras curvas de nivel, que luego serían mejoradas con campañas en el terreno. Dichas curvas se muestran a continuación:



CUENCAS

Si bien la pendiente general de toda la zona es suroeste -noreste, existen condiciones de borde que limitan los escurrimientos externos al futuro proyecto. El terreno donde se ubicará el proyecto está rodeado por calles, cuyo gálibo se toma como límite de cuencas, donde, además, se realizarán en las distintas calles, cunetas o canales según el caso, que vuelquen sus escurrimientos sobre el Canal de Calle Severo del Castillo.

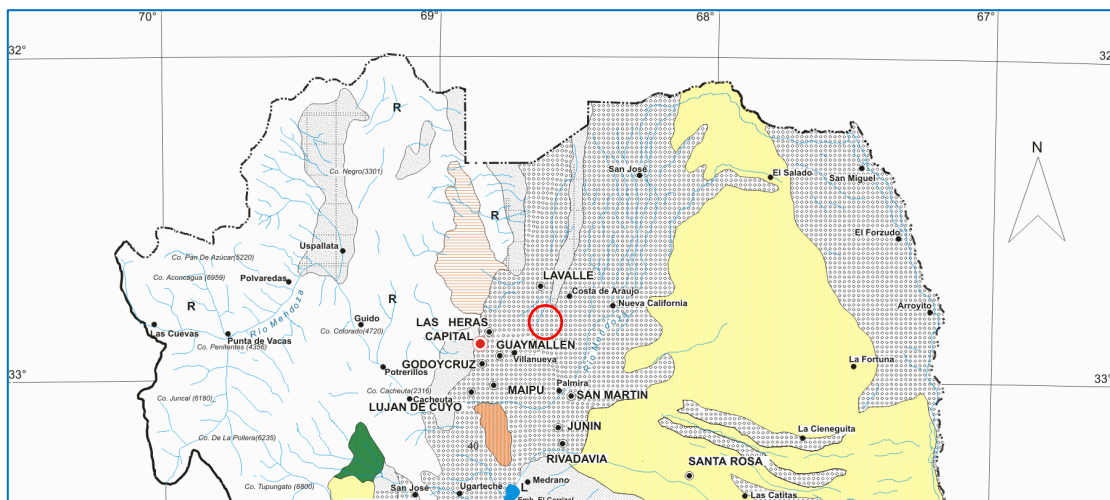
Finalmente se indica, que todo el perímetro del Parque Solar, tendrá un muro ciego, evitando ingreso de escurrimientos.



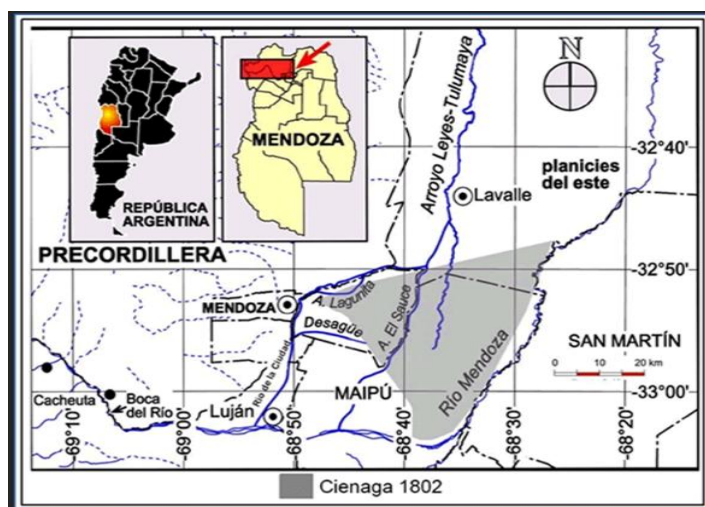
TIPO DE SUELO

Los suelos presentes en el lugar son clasificados como ENTISOL o suelos de escaso desarrollo: Están representados por **Torripsamentos** y **Ustipsamentos** (suelos predominantemente arenosos con gran cantidad de arcillas), esto debido a que la zona era parte de la "Ciénaga del Bermejo", o sea por un humedal. Los que tienen el prefijo torri" son de climas áridos-semiáridos y los de prefijo "usti" de climas semiáridos - subhúmedos

ORDEN	Características
ENTISOL	Casi nula diferenciación de horizontes; distinciones no climáticas: aluviones, suelos helados, desierto de arena...
VERTISOL	Suelos ricos en arcilla; generalmente en zonas subhúmedas a áridas, con hidratación y expansión en húmedo y agrietados cuando secos.
<u>INCEPTISOL</u>	Suelos con débil desarrollo de horizontes; suelos de tundra, suelos volcánicos recientes, zonas recientemente deglaciadas...
ARIDISOL	Suelos secos (climas áridos); sales, yeso o acumulaciones de carbonatos frecuentes.
MOLLISOL	Suelos de zonas de pradera en climas templados; horizonte superficial blando; rico en materia orgánica, espeso y oscuro.
ALFISOL	Suelos con horizonte B arcilloso enriquecido por iluviación; suelos jóvenes, comúnmente bajo bosques de hoja caediza.
SPODOSOL	Suelos forestales húmedos; frecuentemente bajo coníferas. con un horizonte B enriquecido en hierro y/o en materia orgánica y comúnmente un horizonte A gris-ceniza, lixiviado.
ULTISOL	Suelos de zonas húmedas templadas a tropicales sobre antiguas superficies intensamente meteorizadas; suelos enriquecidos en arcilla.
OXISOL	Suelos tropicales y subtropicales, intensamente meteorizados formándose recientemente horizontes lateríticos y suelos bauxíticos.
HISTOSOL	Suelos orgánicos. depósitos orgánicos: turba, lignito.... sin distinciones climáticas.



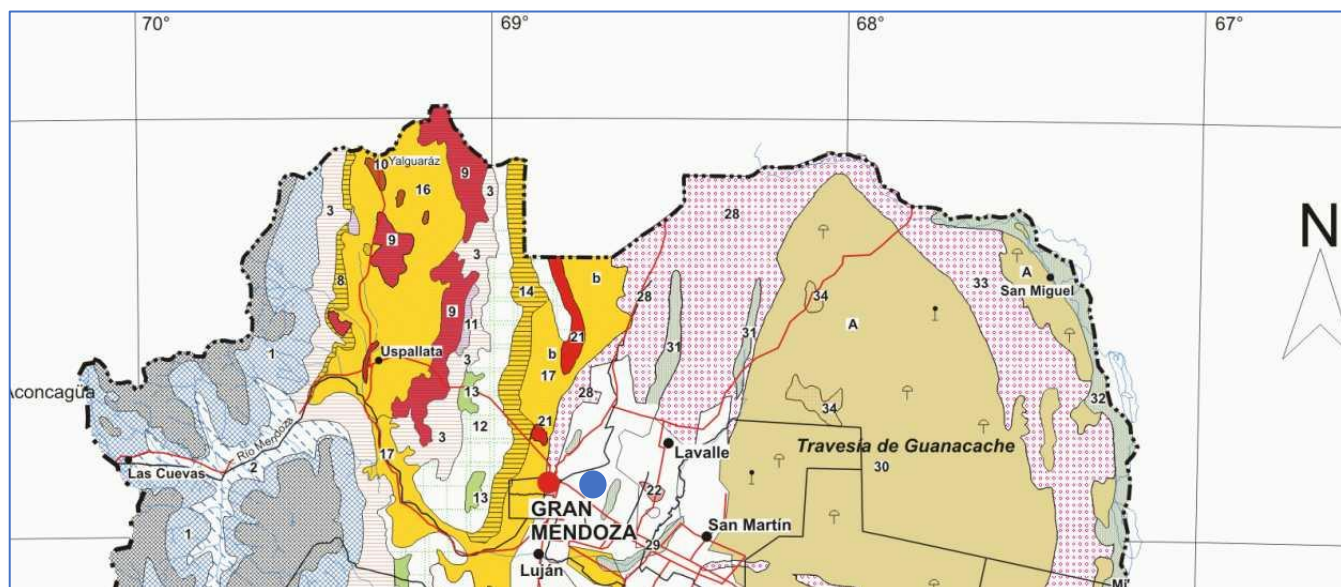
Es útil destacar, como se muestra en la infografía inferior, gran parte de la superficie del Municipio de Guaymallén, se halla en la superficie que formaba la Ciénaga del Bermejo, por lo que los suelos poseen arcilla en su composición.



VEGETACIÓN

La vegetación de la zona mendocina respecto a las distintas zonas es en las estepas arbustivas están representadas fundamentalmente por dos especies de *Larrea*: *L. divaricata* y *L. cuneifolia*, siendo la zona en cuestión cubierta por matorrales de baja altura.

Definiéndose matorral como comunidades vegetales dominadas por arbustos de altura inferior a 4 m. Son propias de climas secos con lluvias escasas y zonas frágiles que favorecen la desertificación. En realidad, son el grupo más diverso de comunidades vegetales.

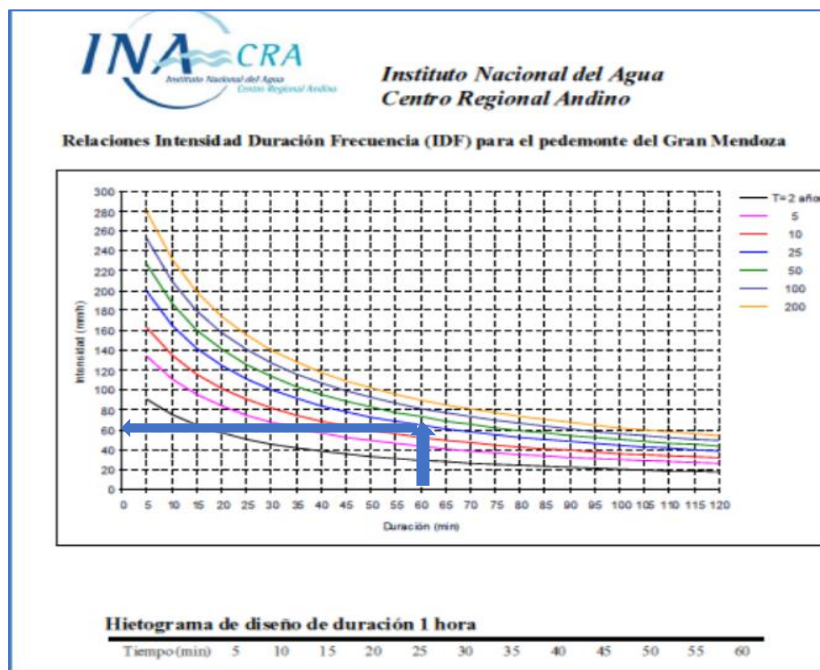


TORMENTA DE PROYECTO

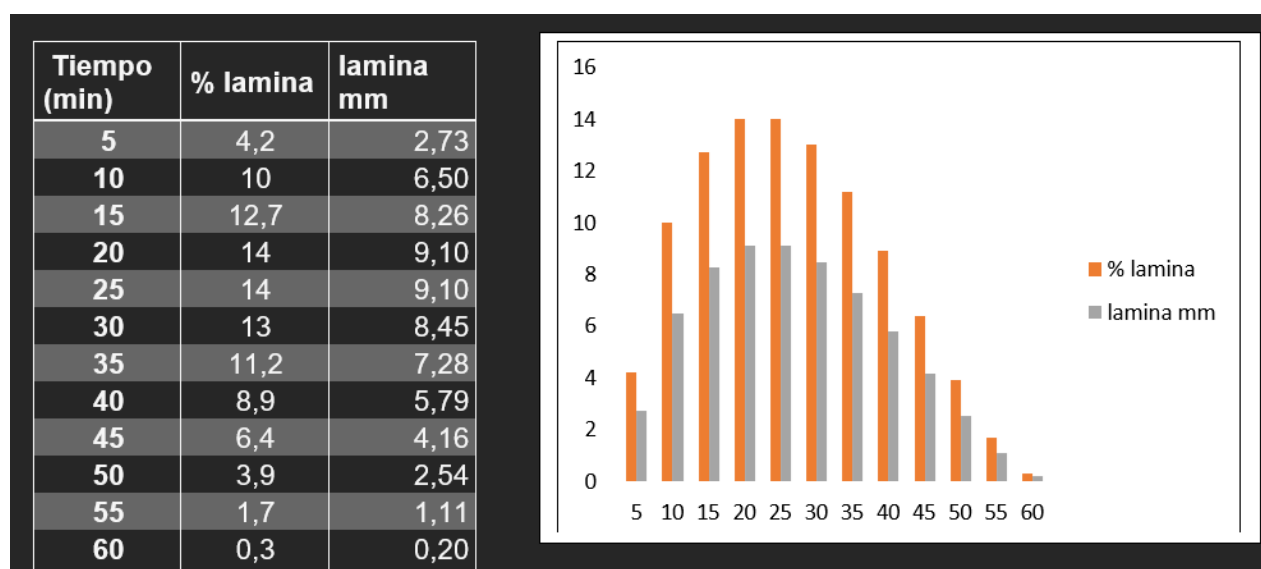
Para el cálculo de caudales, se ha considerado los registros publicados por el Instituto Nacional del Agua. Centro Regional Andino en las Curvas IDF (marzo 2008) realizadas específicamente para la Ciudad de Mendoza, que se detallan a continuación para una duración de la lluvia de 60 minutos y distintos periodos de recurrencia.

Intensidad de precipitación:

En el caso bajo estudio, se adoptó un TR de 10 años y para una duración de 60 min de la lluvia.



Siendo el hietograma el siguiente:



Riesgo Asociado a la Tormenta de Proyecto

En un diseño hidrológico el principal objetivo del análisis de frecuencia es determinar el intervalo de tiempo que se puede esperar para que se produzca un valor de la variable de por lo menos igual magnitud al considerado. Cualquiera que sea; un diseño sobredimensionado o un diseño subdimensionado envuelve excesivos costos a largo plazo. Así, por ejemplo, el costo inicial de un puente diseñado para un tiempo de retorno de 5 años, puede ser bajo pero el costo de tener que ser frecuentemente reconstruido es finalmente alto, además de los costos marginales asociados al corte frecuente de la ruta. (Fernández, P., 2000)

El periodo de retorno, entonces, indica solo el intervalo promedio entre eventos iguales o mayores de una magnitud dada, o la probabilidad que tal evento pueda suceder en un año. En realidad en un diseño hidrológico interesa saber el riesgo de falla en el periodo de vida útil de la estructura, aclarando que el concepto riesgo de falla resulta ser el riesgo de que la capacidad de la estructura o sistema de desagües sea superado por determinado evento.

Si la probabilidad de ocurrencia anual de un evento es $P = 1/TR$ y la probabilidad de no ocurrencia es: $P' = 1 - P$, entonces la probabilidad de que un evento igual o mayor a uno dado, para determinado TR, ocurra en n años es: $j = 1 - (1-P)^n$

En nuestro caso en estudio, el sistema de drenaje pluvial fue calculado con una recurrencia de 10 años, por lo tanto el riesgo de falla, considerando una vida útil de 30 años sería:

$$j = 1 - (1 - 1/30)^{10} = 0.29$$

Significa que existe una probabilidad en su vida útil del 29% que exista un evento que supere el caudal de proyecto, lo que se considera muy aceptable para el desarrollo bajo estudio.

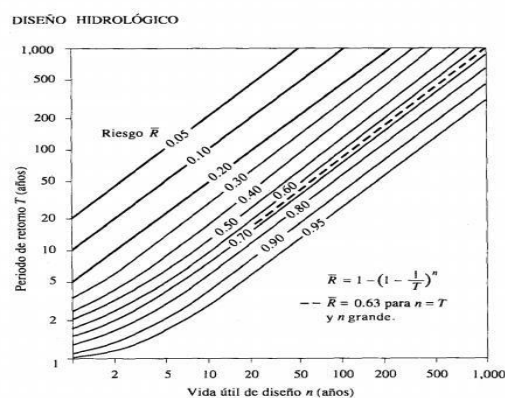


FIGURA 13.2.1
Riesgo de por lo menos una excedencia del evento de diseño durante la vida útil.

Tiempo de Concentración

En la aplicación del modelo matemático de transformación lluvia-escorrentía, se necesita la determinación de la tormenta de proyecto, para lo cual se necesita determinar el Tiempo de concentración.

Ahora bien, tomando las longitudes del “cauce principal” en km, se utiliza la ecuación de Kirpich:

$$T = 0,02L^{0,77}S^{-0,385}$$

Tiempo de concentración 75 min

Dónde:

Lag time 45 min

T= tiempo de concentración (minutos)

L= longitud máxima a la salida (m)

S= pendiente media del lecho (m/m)

Para una comparación más completa se usan otras fórmulas que se presentan en la tabla siguiente:

Nombre cuenca	Area (km ²)	Cota sup (msnm)	Cota inf (msnm)	Δ Cotas (m)	Long. (km)	i (m/m)	i (%)	Tiempo de concentracion							
								Kirpich		Temez		Pasini		Pizarro	
								(Hr)	(min)	(Hr)	(min)	(Hr)	(min)	(Hr)	(min)
C Int	0.43300	636.5	635.0	2	1.044	0.00	0.14	0.85	51.1	0.44	26.6	0.41	24.5	10.59	635.7
C Lag Ox	0.65000	636.0	635.0	1	1.070	0.00	0.09	1.02	61.4	0.49	29.4	0.63	37.6	15.04	902.1
C. Ext	0.89000	639.0	637.0	2	1.835	0.00	0.11	1.46	87.7	0.71	42.8	0.89	53.4	20.23	1214.0

Modelo Matemático para obtener la escorrentía

El **modelo HEC-HMS** (Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System) es un software ampliamente utilizado para la simulación de procesos hidrológicos en cuencas dendríticas. Fue desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos. A continuación, se describe su estructura y funcionalidad:

Componentes del Modelo

1. **Modelo de la Cuenca:** Este componente incluye todos los parámetros físicos de la cuenca, como las conexiones y parámetros de escorrentía. Se divide en subcuencas para calcular el hidrograma de escorrentía directa en cada una y su propagación a través de la red de cauces.
2. **Modelo Meteorológico:** Incluye la precipitación (lluvia o nieve) y la evapotranspiración. Permite varios métodos para representar la precipitación, como el uso de datos de radar o satélite.
3. **Especificaciones de Control:** Estas definen cuándo comienzan y terminan las simulaciones, así como el intervalo de tiempo utilizado.
4. **Datos de Entrada:** Incluyen información sobre la topografía, uso del suelo, y datos climáticos.

Procesos Hidrológicos Simulados

- **Intercepción de la vegetación (Canopy Interception):** Simula el agua interceptada por la vegetación.
- **Depresiones superficiales (Surface Depression):** Describe el agua retenida en depresiones del terreno.
- **Escorrentía superficial y subterránea:** Calcula el flujo de agua sobre y bajo la superficie del terreno.

Aplicaciones del Modelo

El HEC-HMS se utiliza en estudios de disponibilidad de agua, drenaje urbano, pronósticos de flujo, futuras urbanizaciones, y reducción del daño por inundaciones. Es especialmente útil para la simulación de avenidas y crecidas, siendo ampliamente aceptado por consultorías y administraciones para la elaboración de estudios hidrológicos y de inundabilidad.

Respecto al número de Curva, visto el tipo de vegetación existente en el lugar y el tipo de suelos, se toma la tabla siguiente, que da un número correspondiente a “matorral” que se considera descriptiva del tipo de cubierta vegetal, donde se toma como CN igual a 70, para suelo tipo C, condición hidrológica regular.

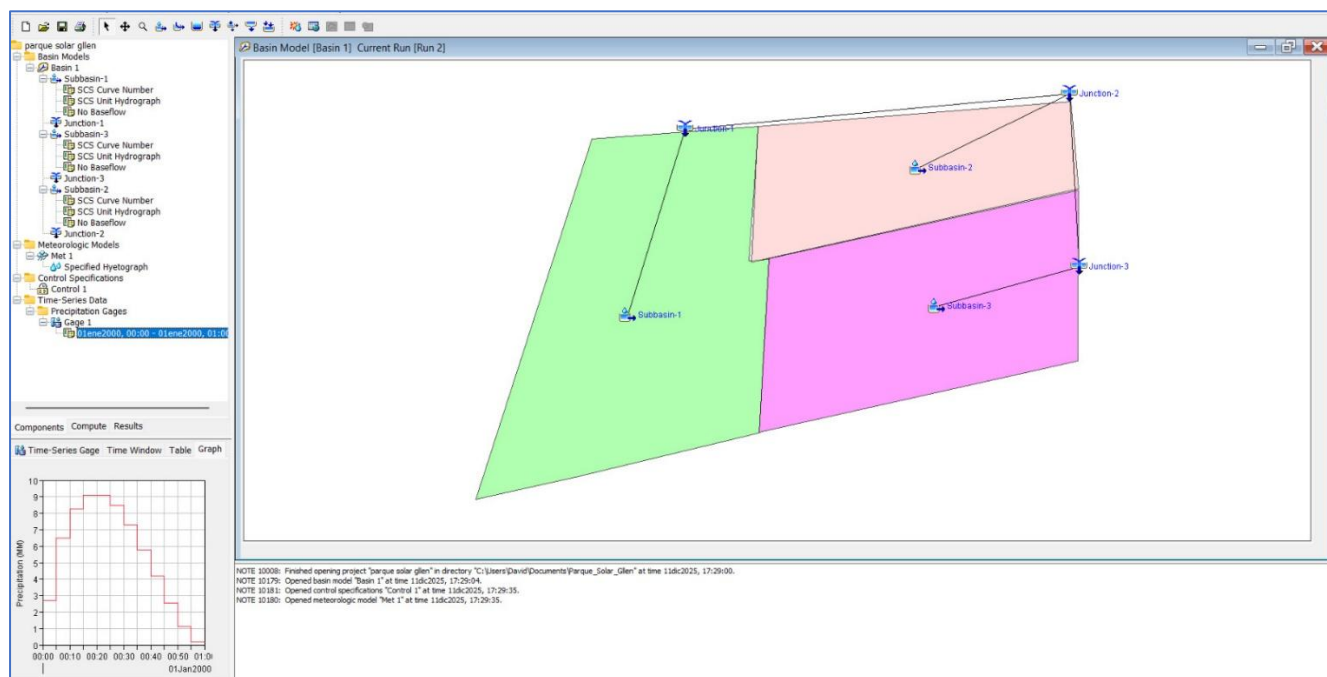
TABLAS PARA LA DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE CURVA

TABLA GENERAL PARA LA DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE CURVA
(Condición II de humedad y $P_0 = 0,2 * S$) (1/2)

TIPO DE VEGETACIÓN	LABOREO	CONDICIÓN HIDROLÓGICA	TIPO DE SUELO			
			A	B	C	D
Barbecho	desnudo		77	86	91	94
	CR	pobre	76	85	90	93
	CR	buena	74	83	88	90
Cultivos alineados	R	pobre	72	81	88	91
	R	buena	67	78	85	89
	R + CR	pobre	71	80	87	90
	R + CR	buena	64	75	82	85
	C	pobre	70	79	84	88
	C	buena	65	75	82	86
	C + CR	pobre	69	78	83	87
	C + CR	buena	64	74	81	85
	C + T	pobre	66	74	80	82
	C + T	buena	62	71	78	81
	C + T + CR	pobre	65	73	79	81
	C + T + CR	buena	61	70	77	80
Prados permanentes			30	58	71	78
Matorral-herbazal, siendo el matorral preponderante		pobres	48	67	77	83
		regulares	35	56	70	77
		buenas	30	48	65	73

Esquema de cuencas utilizado en el modelo

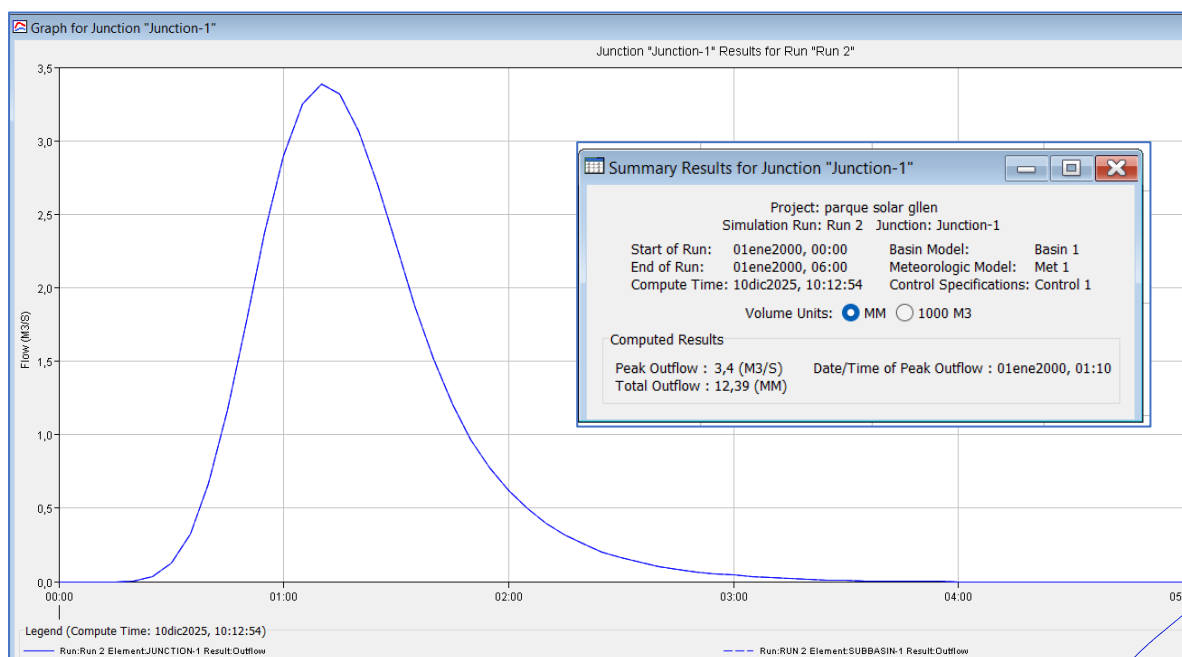
El esquema topológico utilizado para modelación, es el siguiente:



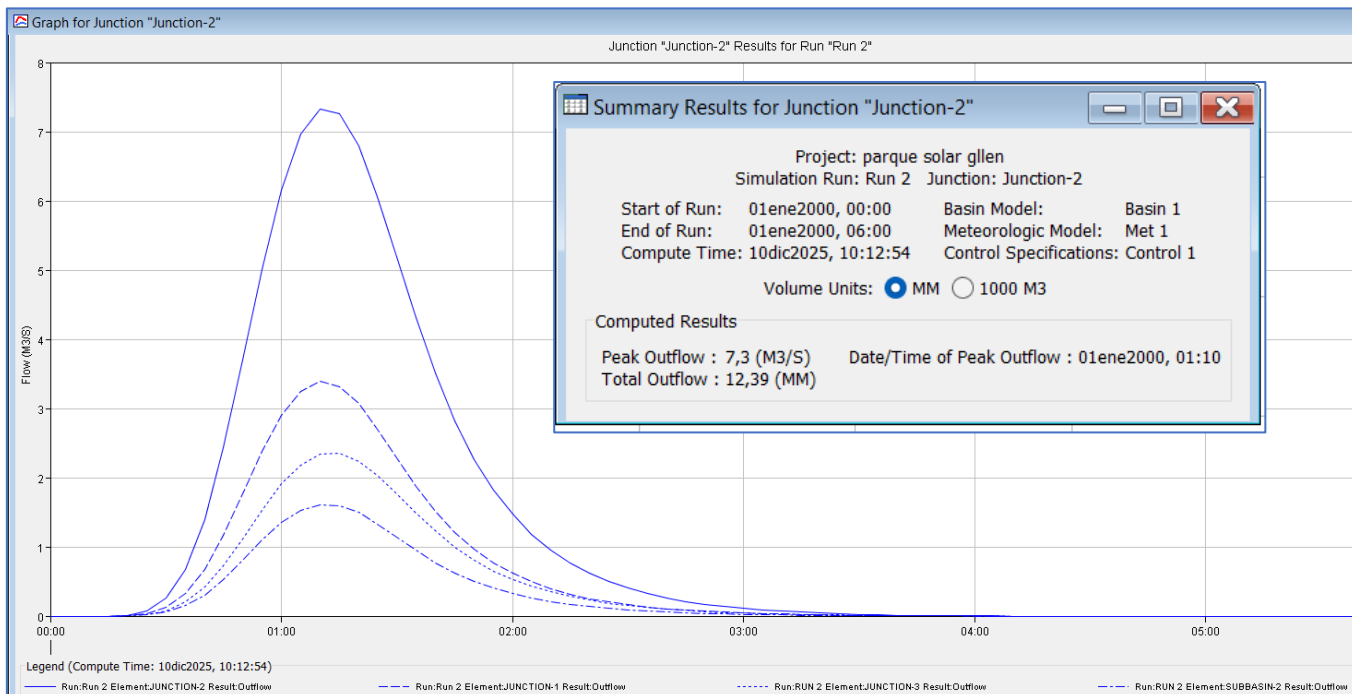
Caudales obtenidos de la Modelación con Hec-Hms

Los caudales obtenidos, de la corrida del programa Hec- Hms se describen a continuación, mostrando los hidrogramas de crecidas según los datos anteriormente detallados, los cuales son:

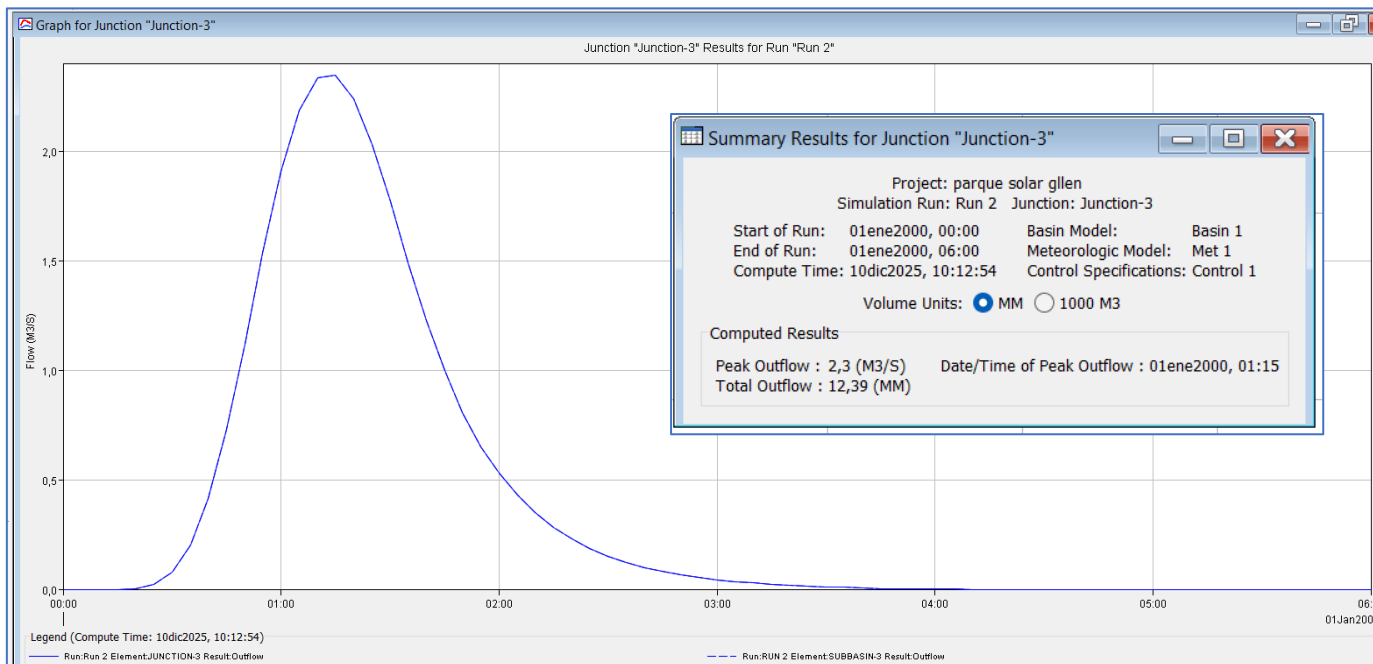
Junction N°1 (Cuenca externa 1)



Junction 2 (Suma total de las cuencas)



Junction 3 (Laguna de oxidación)

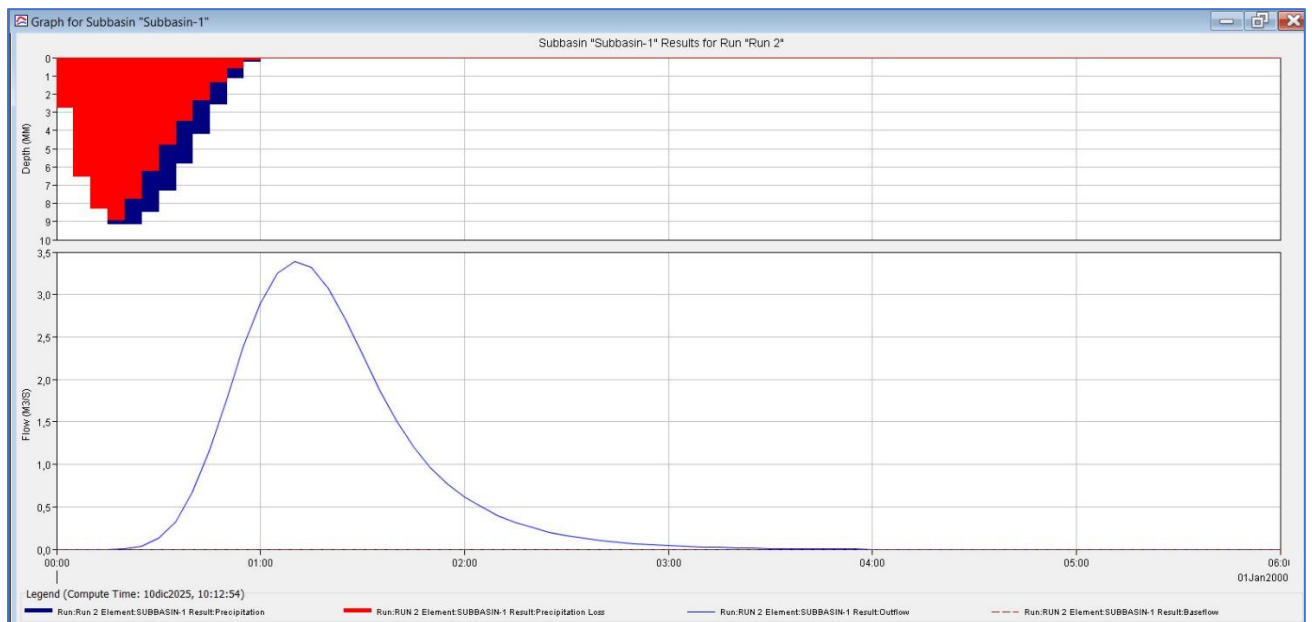


Como se observan en los distintos valores aportados, los dos valores principales, son en el punto Junction 2, con un valor de **7.3 m3/s** cuyo caudal de sección 1.00m por 2.25 m, vuelca en el canal

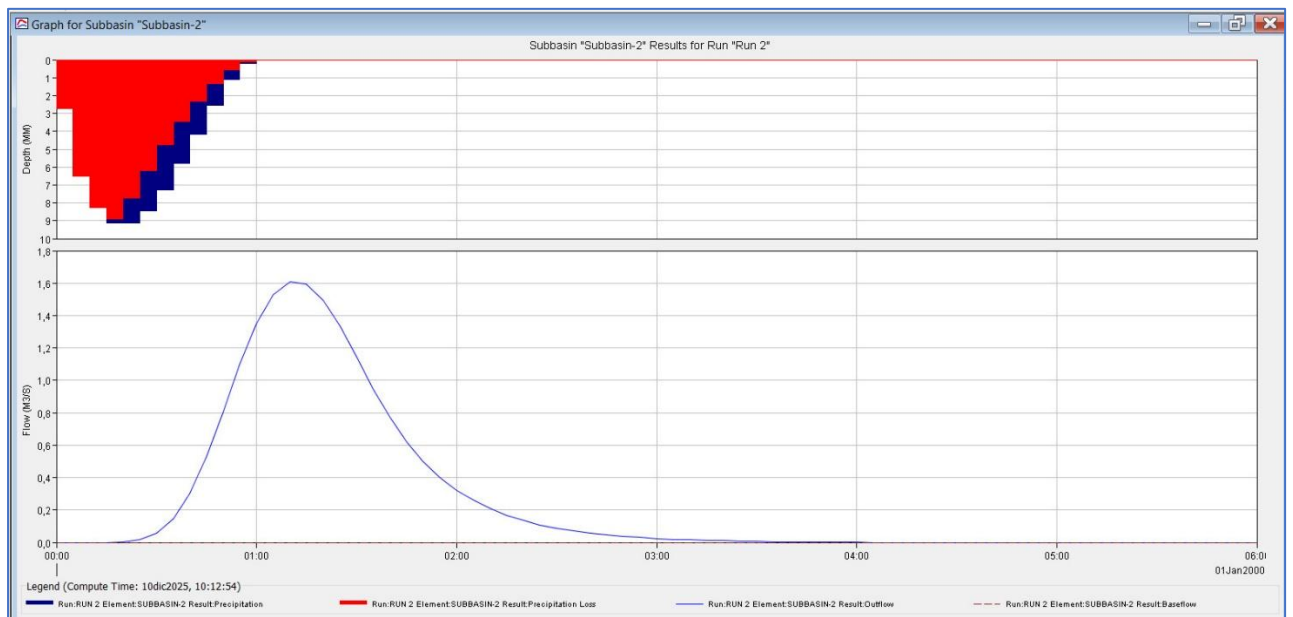
a construir sobre Calle Severo del Castillo que se extiende al norte hasta volcar en el Aº Tulumaya y el punto Junction 1, con un valor de 3.4 m³/s que volcará en el canal de RPNº 27 con una sección de 1.00 m por 1.00 m.



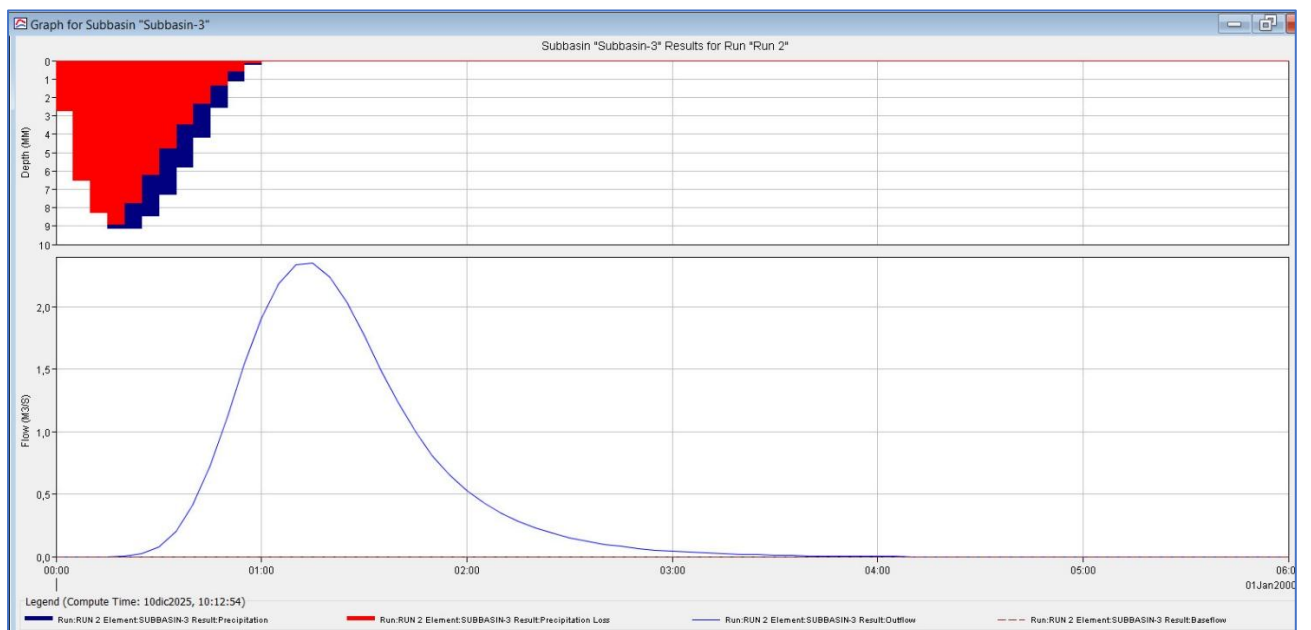
Hidrograma de Caudal de la Subcuenca 1



Hidrograma de Caudal de la Subcuenca 2



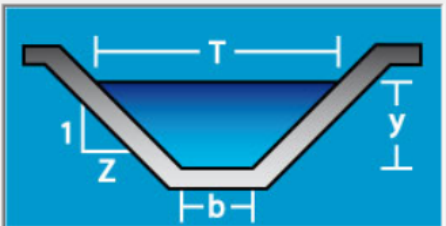
Hidrograma de caudal de la Subcuenca 3



Diseño Hidráulico

Con los valores anteriores de Caudal Pico, se diseñan hidráulicamente los canales de drenaje, en el caso del canal de calle Severo del Castillo, que debe conducir un caudal pico de 7.3 m³/s, el mismo se diseña de 1.00 m por 2.25 m, el cual verifica con una capacidad de 7.75 m³/s.

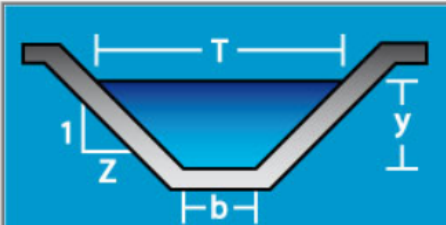
Datos:			
Tirante (y):	<input type="text" value="1"/>	m	
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="2.25"/>	m	
Talud (Z):	<input type="text" value="1"/>		
Coefficiente de rugosidad (n):	<input type="text" value="0.022"/>		
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.005"/>	m/m	



Resultados:			
Caudal (Q):	<input type="text" value="7.7574"/>	m ³ /s	Velocidad (v): <input type="text" value="2.3869"/> m/s
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="3.2500"/>	m ²	Perímetro (p): <input type="text" value="5.0784"/> m
Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.6400"/>	m	Espejo de agua (T): <input type="text" value="4.2500"/> m
Número de Froude (F):	<input type="text" value="0.8715"/>		Energía específica (E): <input type="text" value="1.2904"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Subcrítico"/>		

Respecto al canal que se desarrolla por RPNº 27, que debe conducir un caudal pico de 3.4 m³/s, y verifica ya que posee una capacidad de 4.16 m³/s, con una sección de 1.00 m por 1.00m.

Datos:			
Tirante (y):	<input type="text" value="1"/>	m	
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="1"/>	m	
Talud (Z):	<input type="text" value="1"/>		
Coefficiente de rugosidad (n):	<input type="text" value="0.022"/>		
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.005"/>	m/m	



Resultados:			
Caudal (Q):	<input type="text" value="4.1696"/>	m ³ /s	Velocidad (v): <input type="text" value="2.0848"/> m/s
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="2.0000"/>	m ²	Perímetro (p): <input type="text" value="3.8284"/> m
Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.5224"/>	m	Espejo de agua (T): <input type="text" value="3.0000"/> m
Número de Froude (F):	<input type="text" value="0.8152"/>		Energía específica (E): <input type="text" value="1.2215"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Subcrítico"/>		

De ese modo los canales con su sección se observan en el esquema siguiente:



Resumen de Conceptos

A modo de resumen, se indican los siguientes conceptos:

1. El terreno bajo estudio es de unas 43 hectáreas, en zona de bajas pendientes, suelo franco-arcilloso y vegetación xerófila.
2. Se consideraron los aportes externos de dos cuencas, la ubicada al oeste del terreno, con una superficie de 89 has y la de las lagunas de oxidación

ubicada al sur con una superficie de 65 has. Estos no inciden en el terreno en sí, pero se consideran para el diseño hidráulico del canal.

3. La tormenta de proyecto, se adopta según las Curvas IDF del INA, en 60 mm la hora, para un tiempo de recurrencia de 10 años.
4. Se modeló con el modelo HEC. Hms, que arrojó un pico de 7, 3 m/s, que verifica el Canal de Calle Severo del Castillo.
5. Como Numero de curva se tomó 70 para las cuencas con tipo de suelo C, grupo hidrológico regular, vegetación matorral.
6. El sistema de drenaje se diseñó con un sistema de canales tradicionales.

Ing. David L. Cangialosi
Dirección Obras Municipales
Guaymallén

