

**DESARROLLO URBANO DE BAJO IMPACTO HIDROLÓGICO (DUBI):  
Pautas hacia una cultura hidrológica en Mendoza**

**Victor Hugo Burgos**

Instituto Nacional del Agua – Centro Regional Andino  
Belgrano (O) 210. Mendoza – [vhburgos@yahoo.com.ar](mailto:vhburgos@yahoo.com.ar)

**RESUMEN**

De forma de asistir al gobierno local en sus esfuerzos por desarrollar programas más efectivos de desarrollo urbano con una adecuada gestión hidrológica, se han completado varios estudios tendientes a:

- Realizar una comparación tanto hidrológica como económica de una urbanización convencional con una de bajo impacto hidrológico.
- Aplicar distintos diseños en el sistema menor de drenaje pluvial de Barrios a ejecutar por el IPV en Mendoza; y analizar el costo unitario de las propuestas no tradicionales.

Se presenta este estudio con el objeto de divulgar y hacer extensivo el uso del Desarrollo Urbano de Bajo Impacto (DUBI) incorporado a la vivienda social. La experiencia internacional indica y demuestra el correcto funcionamiento hidráulico de una urbanización no convencional, pero siempre aplicado en altos niveles sociales, donde existen lotes de grandes magnitudes, espacios verdes, etc, por lo que siempre se relacionó el DUBI como un desarrollo costoso. La determinación de estos costos de infraestructura básica para una urbanización hidrológicamente sustentable, permitió demostrar inclusive que existe un ahorro económico al emplear esta metodología en barrios de bajo nivel socioeconómico.

La modelación hidrológica se realizó con Arhymo y se utilizó la tormenta de diseño para el Gran Mendoza para recurrencias de 2, 5, 25 y 50 años, lo que permitió la generación de escenarios de comparación.

Con la aplicación de un diseño urbano sustentable en lugar del habitual, se observó una disminución del 25% del presupuesto de infraestructura pública, habiendo reducido la cantidad de lotes en un 13%, además del difundido descenso de los caudales pico, que en particular superó el 40% para tormentas de recurrencia 2 y 5 años, y un 30% para una recurrencia de 50 años.

Se presentan además, soluciones de aplicación de Técnicas de Gestión de Esguimientos Urbanos (TGEU) en dos barrios próximos a ejecutarse; donde se observó mediante análisis de costos unitarios una disminución que llega al 49% respecto al costo promedio de las soluciones tradicionales. Además se estimó un ahorro del costo total de obra que oscila entre un 6 y un 20%.

Por último se propone la estandarización de estas soluciones que conjuntamente con la participación de instituciones del estado, permitirán asegurar el uso masivo de los elementos aquí aplicados, promoviendo el desarrollo urbano de bajo impacto hidrológico, sirviendo este estudio como herramienta de decisión a la hora de planificar nuevos avances urbanos.

**PALABRAS CLAVE:** Hidrología Urbana, Impacto Hidrológico, Desarrollo Sustentable

## INTRODUCCION

El crecimiento de las ciudades provoca un aumento considerable de los escurrimientos pluviales, generando inundaciones y la obsolescencia de los sistemas de drenaje establecidos.

El desarrollo de nuevas actividades urbanas provoca cambios que, desde el punto de vista hidrológico, se traducen en una modificación importante de los cauces naturales de drenaje, la pérdida de capacidad de infiltración de los suelos, la disminución del almacenamiento superficial y el aumento de contaminantes en el agua.

El aumento constante de las áreas urbanizadas hace que las crecidas en zonas urbanas sean cada vez mayores, más violentas y más rápidas. (B. Fernandez, 2004)

El esquema sanitarista del siglo pasado propone soluciones tradicionales que buscan drenar y evacuar rápidamente los escurrimientos pluviales, reemplazando el sistema natural de drenaje por elementos artificiales como calles, cunetas y colectores. Esto requiere inversiones en grandes obras para eliminar las inundaciones en zonas bajas que reciben los aportes pluviales generados por la urbanización, y una preocupación permanente por mantener la capacidad de las soluciones a medida que crecen las ciudades.

Las nuevas soluciones propuestas buscan resolver los problemas atacando las causas más que los síntomas, manejando los caudales generados en el lugar donde se producen, manteniendo los cauces naturales y recuperando la capacidad de infiltración y almacenamiento previa a la urbanización. Para esto se utilizan nuevas técnicas y elementos como estanques y lagunas urbanas de almacenamiento, obras de infiltración, soleras discontinuas, canales de pastos y cauces abiertos especiales para zonas urbanas.

El **Desarrollo Urbano de Bajo Impacto** (DUBI) controla los escurrimientos generados por una tormenta desde su fuente, al ir dejando áreas reservadas que minimicen el impacto hidráulico hacia aguas abajo mediante retenciones temporales (bioretenciones). Esto se logra integrando funciones hidrológicas (control de volumen, frecuencia, recarga y descarga) usando cuatro principios de manejo. El primero minimiza los impactos al reducir la impermeabilidad, conservando los recursos naturales y manteniendo los drenajes naturales. El segundo, provee un sistema de microreservorios de retención temporal de escurrimientos, dispuestos eficientemente en la zona de desarrollo. El tercer principio radica en mantener y en lo posible aumentar, el tiempo de concentración de la cuenca en estado preantrópico, al controlar los tiempos de flujo. Cuarto, el implemento de un efectivo programa educacional para usar medidas de prevención de riesgos ambientales.

Las ventajas sociales y económicas que surjan de un eficiente control de caudales pluviales en cualquier intervención urbana son un tema sin discusión, pero que nadie asume a la hora de decidir.

## **Objetivos**

El objetivo general del presente estudio es divulgar y hacer extensivo el uso del Desarrollo Urbano de Bajo Impacto (DUBI) incorporado a la vivienda social.

Los objetivos particulares consistieron en:

- a) Comparar hidrológica y económicamente una urbanización convencional con una de bajo impacto hidrológico aplicada a la vivienda social.
- b) Aplicar distintos diseños en el sistema menor de drenaje pluvial de Barrios a ejecutar por el IPV; y por último
- c) Analizar el costo unitario de las propuestas no tradicionales respecto de las tradicionales.

## **Aplicación del concepto**

Es muy común suponer, que para la vivienda social, no importaría demasiado “pensar” el loteo y adaptarlo a las condiciones del lugar, ya que esto implicaría pérdidas de terreno que podrían estar ocupando beneficiarios de planes sociales. Pero al tener en cuenta el impacto que produce tanto en el entorno como aguas abajo, y considerando todos los costos futuros que tiene la urbanización de este tipo (costos ambientales, costos sociales, costos de seguridad, costos de mantenimiento, etc) es sabido que se ahorrarían grandes sumas si se hubieran aplicado estos conceptos ya presentados, pero a la hora de planificar una urbanización, no se tienen en cuenta y se siguen aplicando las mismas técnicas obsoletas, sin considerar al loteo como parte integrante de un frágil sistema.

Una forma de estudiar la aplicación del concepto, es por medio de una comparación con lo que actualmente se ejecuta en nuestra región. Es muy frecuente encontrar diseños de loteos que no han sido pensados para el terreno en el que se emplazan, sino que han sido elaborados en función de la máxima ocupación superficial, con lotes mínimos y calles dispuestas en cualquier dirección, sin importar siquiera las pendientes naturales del terreno, ni hablar de considerar la hidrología de la cuenca original.

Se presenta en primer lugar una comparación tanto hidrológica como económica de un Barrio ejecutado recientemente, respecto de un DUBI que podría haberse aplicado en el mismo terreno. Para ello se diseñó el nuevo loteo de comparación utilizando calles que siguen las pendientes del lugar, respetando los cauces naturales, aumentando la permeabilidad con zonas verdes, etc.

Luego se presentan distintas alternativas de ejecución de obras de bajo costo en el sistema de drenaje menor, aplicados en la urbanización de dos barrios próximos a ejecutarse y se analizan los costos unitarios de las soluciones tradicionales respecto de las no tradicionales aplicando estos conceptos.

## MATERIALES Y METODOS

El presente estudio utilizó para su desarrollo solamente sistema CAD tradicional y un modelo de transformación lluvia escorrentía ampliamente utilizado, por lo que su aplicabilidad es inmediata. Además se contó con estudios topográficos realizados previamente, imágenes de satélite, cartografía base, etc.

### **A1) Comparación hidrológica de Urbanización convencional vs DUBI**

El análisis se dividió en 4 escenarios, el primero corresponde al loteo convencional, el segundo al loteo no convencional con técnicas de urbanización de bajo impacto, el tercer escenario incluye la cuenca en su estado anterior, y el último escenario responde a la necesidad de sustentabilidad hidrológica implicando mejoras al escenario N°2.

#### **Escenario I: Loteo Convencional**

Este primer escenario de análisis corresponde al loteo típico o convencional que se realiza en nuestra región, utilizando el sistema damero para el diseño de calles con manzanas rectangulares y lotes de iguales dimensiones y área mínima (200 m<sup>2</sup>).

El caso de estudio elegido es el Barrio 8 de Abril (Figuras N°1 y 2), recientemente ejecutado, y está ubicado en el departamento de Las Heras, al oeste del éjido urbano, conectado al mismo por un corredor vial.

Un análisis general del área bajo estudio indica los siguientes puntos:

- Superficie disponible: 8.2 Ha
- Proximidad a piedemonte
- Altas pendientes con suelos aluvionales
- Vegetación escasa y xerófila
- En la zona sur oeste se encuentra una defensa aluvional de ancho 20 m
- Diferencia de altura, DH=12.5m
- Pendiente media , S=5% sentido W-E

La información de base con que se cuenta es escasa, conteniendo solo:

- Plano de curvas de nivel, sin georeferenciar, y con cotas arbitrarias
- No existe estudio geotécnico, ni geológico
- Cartografía digital desordenada

Luego de ordenar la información y realizando un análisis del loteo se tiene que:

- El espacio destinado a equipamiento se encuentra en la parte más alta. (0.165 Ha)
- Las calles están dispuestas sobre la máxima pendiente (5%)
- Manzanas dispuestas en damero de 225 x 38m
- Cantidad de lotes: 234
- Dimensiones lote: 10.53 x 19m
- Área de manzanas: 5.08 Ha
- Área de calles: 3.12 Ha (37.4%)
- Longitud de calles: 2240 m

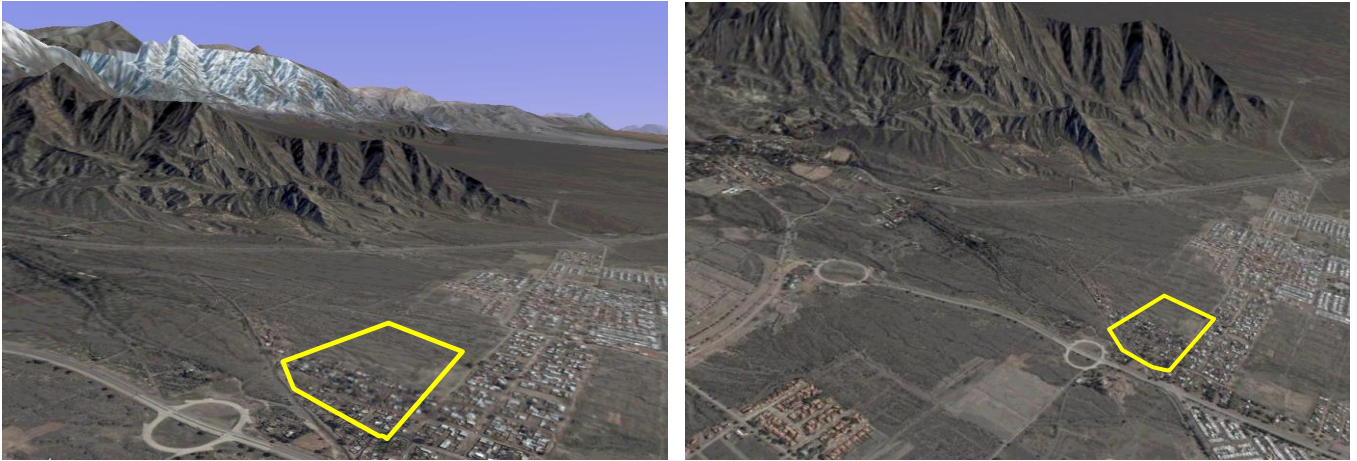


Figura N°1: Vistas de Imágenes satelitales del entorno del terreno de comparación

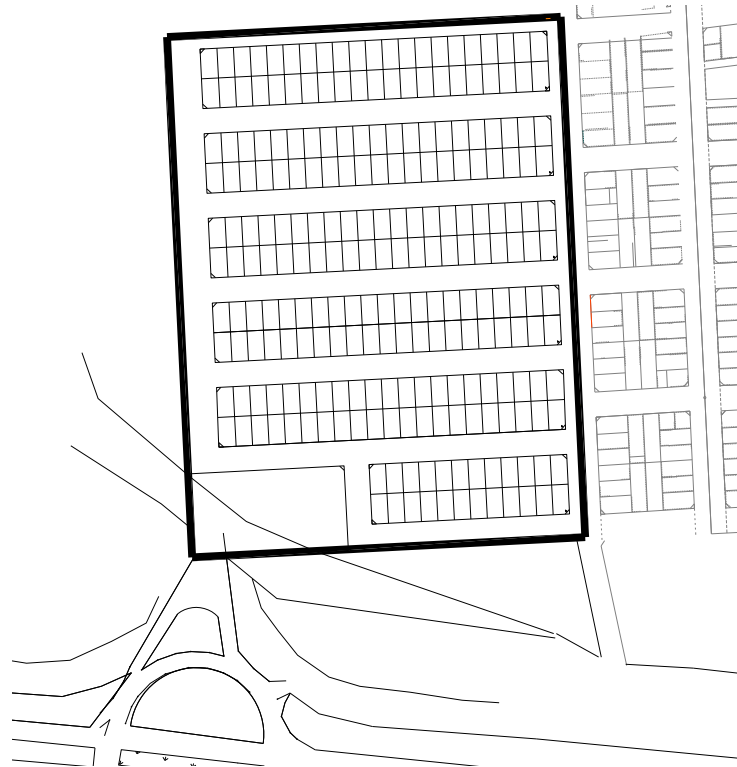


Figura N°2: Loteo B° 8 de Abril.

### **Tormenta de diseño**

Se utilizará para todos los escenarios, la tormenta de Proyecto para Gran Mendoza (Figura N°3), elaborada por el Instituto Nacional del Agua – INA-CRA, para tormentas con 60 minutos de duración y una recurrencia de 5, 10 y 50 años. No se distribuye espacialmente debido a que las áreas son menores a 1 Km<sup>2</sup>.

TORMENTA DE PROYECTO EN BASE A MEDICIONES EN EL PEDEMONTE DEL GRAN MENDOZA

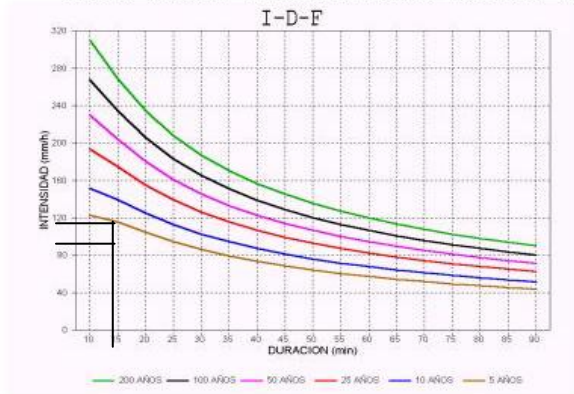


TABLA AREA-LAMINA

AREA [km <sup>2</sup> ]	LAMINA MEDIA EN % DEL MAXIMO
0 - 1	100
1 - 5	88,9
5 - 10	81,4
10 - 15	77,8
15 - 20	74,3
20 - 25	71,6
25 - 50	66,0
50 - 75	60,6
75 - 100	55,5
100 - 200	55,4
200 - 300	44,7
300 - 500	40,9
500 - 600	36,6
600 - 700	35,6
700-1000	31,1

DISTRIBUCION TEMPORAL

Período (min)	5	10	15	20	25	30
Distribución (%)	10.1	27.3	41.5	15.4	4.8	0.9

Período (min)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Distribución (%)	4.1	2.4	8.7	15.4	20.9	28.8	11.9	5.5	1.6	0.5	0.1	0.1

Período (min)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
Distribución (%)	2.9	0.2	0.1	3.4	4.2	6.3	7.2	8.6	18.0	10.4	16.2	12.9	4.7	1.8	1.8	2.0	0.2	0.1

Con la financiación de CONICMEN y CONICET

Mendoza, agosto 1997

Figura N°3 : Curvas IDF y distribuciones areal y temporal de la tormenta de proyecto  
Los hietogramas de precipitación se detallan en tabla N°1:

Tabla N°1: Hietogramas de precipitación

Tiempo (min)	TR=5 años	TR=10 años	TR=50 años
	Acum (mm)	Acum (mm)	Acum (mm)
5	2.4	2.9	4.0
10	3.9	4.6	6.3
15	9.1	10.6	14.7
20	18.4	21.4	29.6
25	30.9	36.1	49.7
30	48.2	56.2	77.6
35	55.3	64.5	89.1
40	58.6	68.4	94.4
45	59.6	69.5	95.9
50	59.9	69.9	96.4
55	59.9	69.9	96.5
60	60.0	70.0	96.6
Σ	<b>60.0</b>	<b>70.0</b>	<b>96.6</b>

**Delimitación de subcuencas**

Los parámetros morfométricos del loteo convencional se muestran en la tabla N°2 y las subdivisiones de la cuenca urbana total en la figura N° 4.

Tabla N°2: Parámetros morfométricos Escenario I

Sub Cuenca	Area Ha	L (m)	S (%)	CN	TC (min)			Ai (mm)	A. Perm.	Area Imperm.			
					Rugos.	PADC (%)	PAT (%)		AD (mm)	Rugos .			
1	2.04	290	5	80	9.1	12.8	7.2	5	0.2	60	60	0	0.02
2	1.35	270	5	80	8.6	12.1	6.9	5	0.2	60	60	0	0.02
3	1.35	270	5	80	8.6	12.1	6.9	5	0.2	60	60	0	0.02
4	1.35	270	5	80	8.6	12.1	6.9	5	0.2	60	60	0	0.02
5	2.07	290	5	80	9.1	12.8	7.2	5	0.2	60	60	0	0.02
Total	<b>8.17</b>												

Donde:

L : Es la longitud del escurrimiento más desfavorable.

S: Es la pendiente del plano de escurrimiento expresada en %

CN: Es el número de curva del método de pérdidas por infiltración del USCS

TC : Es el tiempo de concentración expresado en minutos, según distintas ecuaciones.

Ai: Es la abstracción inicial, en mm.

Rugos.: Es el coeficiente de rugosidad tanto para el área permeable como la impermeable.

PADC: Es el porcentaje de área directamente conectada al sistema mayor de drenaje.

PAT: Es el porcentaje de área impermeable respecto del área total.

AD: Es el almacenamiento por depresiones locales, en mm.

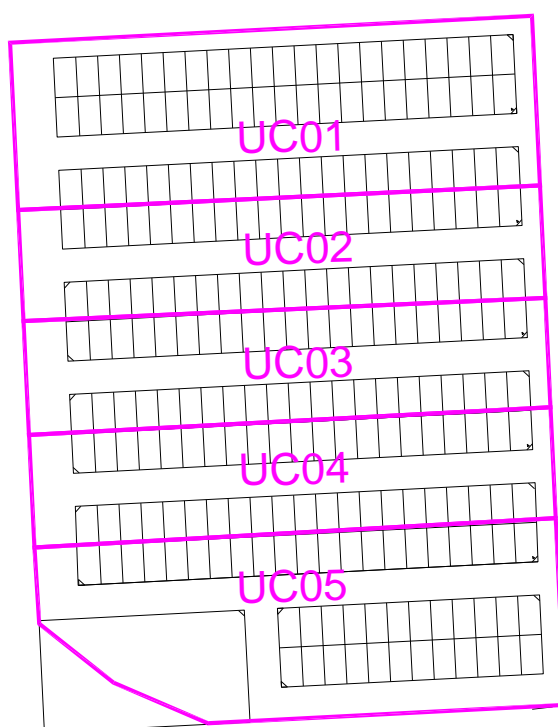


Figura N°4 : Delimitación de subcuencas urbanas Escenario I.

### Diagrama Topológico

El diagrama de flujo de la figura N° 5, representa la conectividad topológica de las subcuencas establecidas. Para el caso de análisis, dentro de la comparación hidrológica de toda el área se utilizarán los hidrogramas del nodo N003, como salida de todo el barrio.

Los cuadrados violetas representan subcuencas urbanas y los círculos rojos, suma de caudales.

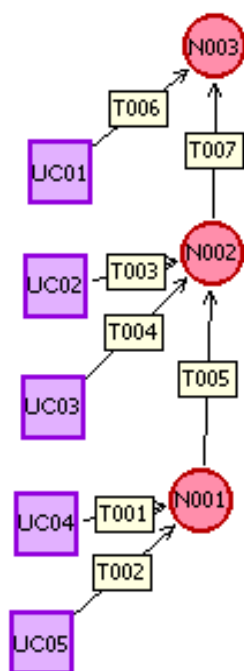


Figura N°5: Diagrama topológico de la modelación hidrológica

### Hidrogramas Resultantes

Con los parámetros de las subcuencas cargados y siguiendo la topología presentada se obtuvieron los siguientes hidrogramas resultantes para cada recurrencia (Figura N°6):

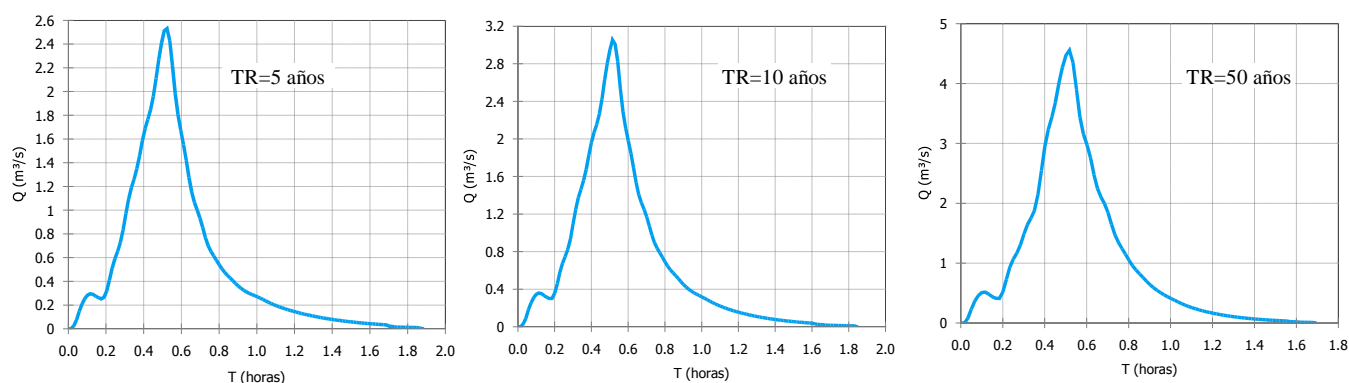


Figura N°6: Hidrogramas para TR=5, 10 y 50 años



## Escenario II: Loteo DUBI

Este escenario surge de la implementación de los principios del desarrollo urbano de bajo impacto, logrando minimizar los efectos negativos de la urbanización, con la aplicación de un diseño urbano acorde a las pendientes del terreno, respetando los cauces naturales, haciendo uso de sistemas alternativos de drenaje pluvial, minimizando áreas impermeables y desconectando del sistema pluvial la mayor proporción posible con el objeto de retardar los caudales generados.

En el diseño urbano que aquí se presenta (figura N° 7), se observa una calle central en el sentido principal del escurrimiento respetando un cauce aluvional seco, conformando una avenida con un boulevard central con espacio verde y canal rectangular, 3 calles secundarias con coul de saq a cada lado de la avenida, siguiendo las curvas de nivel del terreno natural, y dos calles laterales de acceso al barrio en sentido N-S.

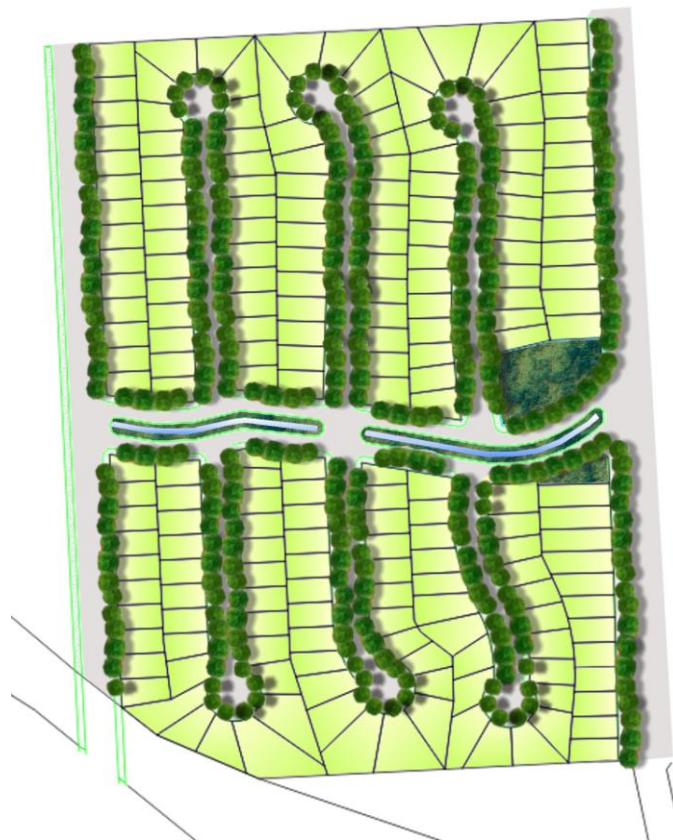


Figura N° 7: Loteo Alternativo DUBI

Un análisis simplificado del diseño presentado arroja los siguientes resultados:

- ❖ Cantidad de lotes: 203 (87% de 234)
- ❖ Dimensiones lote: Mínimo = 11 x 20 m aprox., (variable), áreas desde 220 m<sup>2</sup> hasta 660 m<sup>2</sup>, con una media de 254.65 m<sup>2</sup> y moda de 220 m<sup>2</sup>.
- ❖ Área de calles: 2.87 Ha (34% del terreno)
- ❖ Longitud de calles: 1626 m (73% de 2240 m)

### Parámetros morfométricos

Para la estimación de los parámetros morfométricos del Escenario II se tuvo en cuenta el uso a nivel de lote de un dren filtrante compuesto por una trinchera perimetral a la vivienda que descarga los caudales que provienen de los techos hacia un pequeño pozo de infiltración ubicado en una esquina del patio, donde se formaría un jardín de lluvia.

Esta incorporación de los drenes se ve reflejada en la reducción de área impermeable directamente conectada como se observa en la tabla N°3.

La división en subcuencas se observa en la figura N°8.

Tabla N°3: Parámetros morfométricos Escenario II

Sub Cuenca	Area Ha	L m	S %	CN	TC (min)			Ai (mm)	A. Perm. Rug.	Area Imperm.			
					Kirpich	SCS	Onda cinem.			PADC (%)	PAT (%)	AD (mm)	Rug.
1	1.66	187	0.7	80	9.9	15.2	7.6	5	0.2	40	40	2	0.02
2	1.05	204	0.8	80	10.6	16.3	8.0	5	0.2	40	40	2	0.02
3	1.18	215	0.85	80	11.0	17.0	8.3	5	0.2	40	40	2	0.02
4	0.62	213	1.5	80	10.9	16.9	8.3	5	0.2	40	40	2	0.02
5	1.36	178	1.2	80	9.5	14.6	7.4	5	0.2	40	40	2	0.02
6	0.90	164	1.0	80	8.9	13.7	7.1	5	0.2	40	40	2	0.02
7	0.83	165	0.8	80	9.0	13.8	7.1	5	0.2	40	40	2	0.02
8	0.57	183	0.7	80	9.7	14.9	7.5	5	0.2	40	40	2	0.02
Total	<b>8.17</b>												

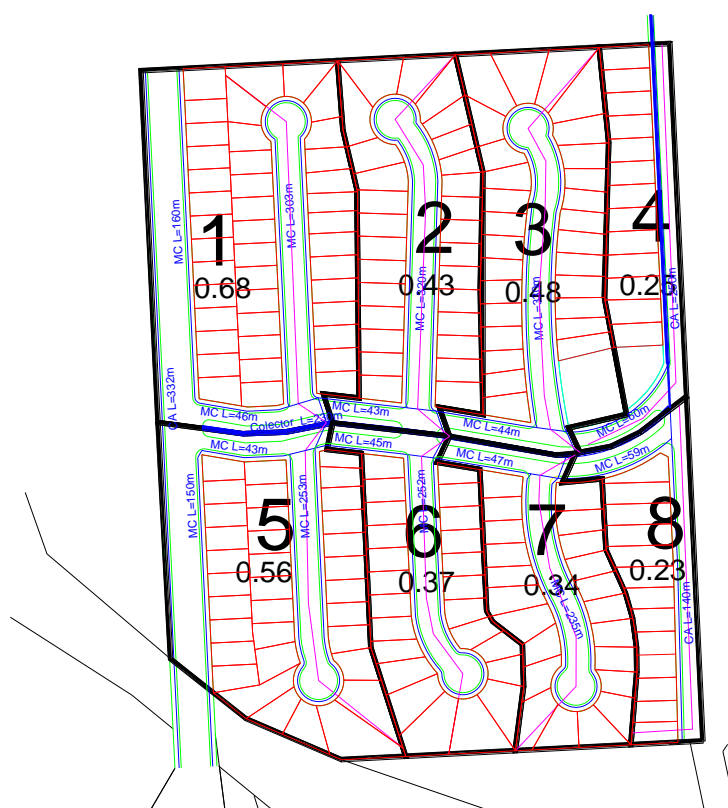


Figura N°8 : Subcuencas urbanas escenario II

## Diagrama Topológico

El diagrama de flujo de la figura N° 9 representa la conectividad topológica de las subcuencas establecidas. Para el caso de análisis, dentro de la comparación hidrológica de toda el área se utilizarán los hidrogramas del nodo N003, como salida de todo el barrio.

Los cuadrados violetas representan subcuencas urbanas, los círculos rojos suma de caudales y el rectángulo biselado en marrón representa el tránsito por el canal principal.

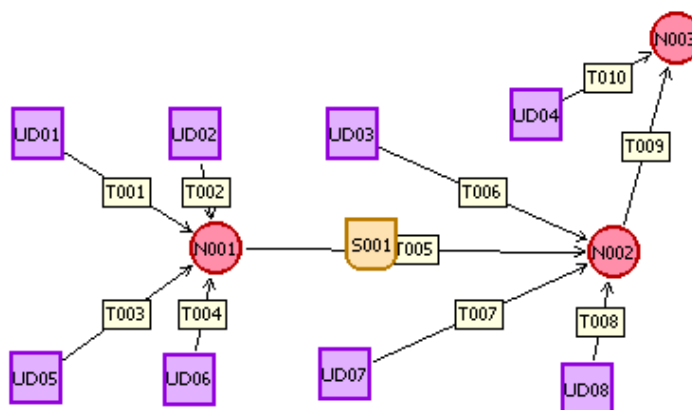


Figura N°9: Diagrama topológico Escenario II

## Hidrogramas Resultantes

Los resultados mostrados en la figura N° 10, como los hidrogramas en el nodo N003, para las distintas recurrencias son los siguientes:

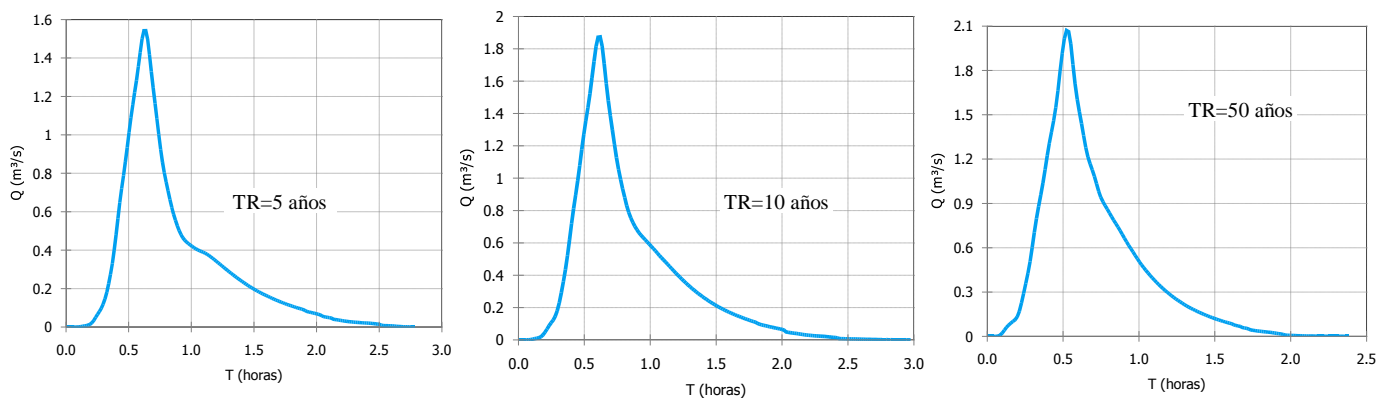


Figura N°10: Hidrogramas para TR=5, 10 y 50 años. Escenario II

## Resultados de la comparación hidrológica.

Si comparamos los caudales del nodo N003 de ambos escenarios se obtienen las tablas N° 3 y 4 y la figura N°11:

Tabla N°3: Comparación de resultados Escenarios I y II

Recurrencia	Loteo Convencional (Esc. I)				Loteo DUBI (Esc. II)			
	Q (m³/s)	Tp (hs)	Ppe (mm)	Vol (Hm³)	Q (m³/s)	Tp (hs)	Ppe (mm)	Vol (Hm³)
<b>TR = 5 años</b>	<b>2.53</b>	0.52	46.2	0.004	<b>1.54</b>	0.64	38.3	0.003
<b>TR = 10 años</b>	<b>3.05</b>	0.51	55.2	0.005	<b>1.87</b>	0.62	46.7	0.004
<b>TR = 50 años</b>	<b>4.55</b>	0.52	79.6	0.006	<b>2.88</b>	0.62	70.1	0.006

### Hidrogramas de comparación TR=5, 10 y 50 años

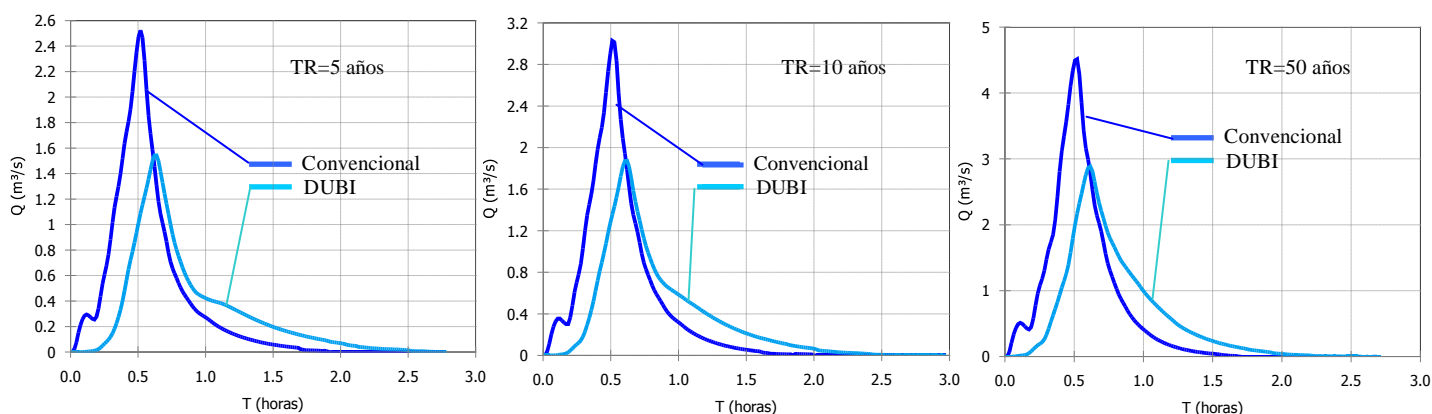


Figura N°11: Comparación de Hidrogramas para TR=5, 10 y 50 años. Escenarios I y II

Tabla N°4: Comparación de resultados Escenarios I y II. Porcentajes de reducción (1-Esc2/Esc1)

Loteo DUBI	Q (m³/s)	Ppe (mm)	Vol (Hm³)
<b>TR = 5 años</b>	<b>39.1%</b>	17.1 %	17%
<b>TR = 10 años</b>	<b>32.2 %</b>	15.4 %	15%
<b>TR = 50 años</b>	<b>28.4 %</b>	11.9 %	12%

### Sustentabilidad Hidrológica

Las ventajas del loteo DUBI respecto del convencional están a la vista, ahora bien, si se compara con un escenario preantrópico, es decir, la cuenca en su estado original previo a la urbanización, se puede demostrar que el impacto generado por el DUBI es muy inferior respecto al loteo convencional. Cabría preguntarse ahora cómo lo es respecto a una condición natural en un estado preantrópico.

La sustentabilidad hidrológica se verificará si el caudal pico del escenario urbanizado es igual o menor al del estado natural para una recurrencia de 5 años. (Maza, Burgos, 2004)

**Escenario III: Cuenca en estado original**

Para la estimación de los caudales generados por la cuenca en su estado natural se tomará la misma área total, con un CN=70, sin área impermeable, con una diferencia de niveles de 12.5m, un recorrido de cauce de 350m y con la pendiente natural del terreno. Los resultados se aprecian en la tabla N°5 y en la figura N° 12.

Tabla N°5: Resultados de la comparación hidrológica con cuenca natural.

Recurrencia	(Esc I) Loteo Convencional		(Esc. II) Loteo DUBI		(Esc. III) Cuenca original	
	Tp (hs)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Tp (hs)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Tp (hs)
<b>TR = 5 años</b>	<b>2.53</b>	0.52	<b>1.54</b>	0.64	<b>0.90</b>	0.64
<b>TR = 10 años</b>	<b>3.05</b>	0.51	<b>1.87</b>	0.62	<b>1.17</b>	0.64
<b>TR = 50 años</b>	<b>4.55</b>	0.52	<b>2.88</b>	0.62	<b>2.03</b>	0.61

Se observa una reducción importante respecto del impacto generado, si bien aún el Escenario II no se considera hidrológicamente sustentable, debido a que supera en un 64% el pico del Escenario III para TR=5 años.

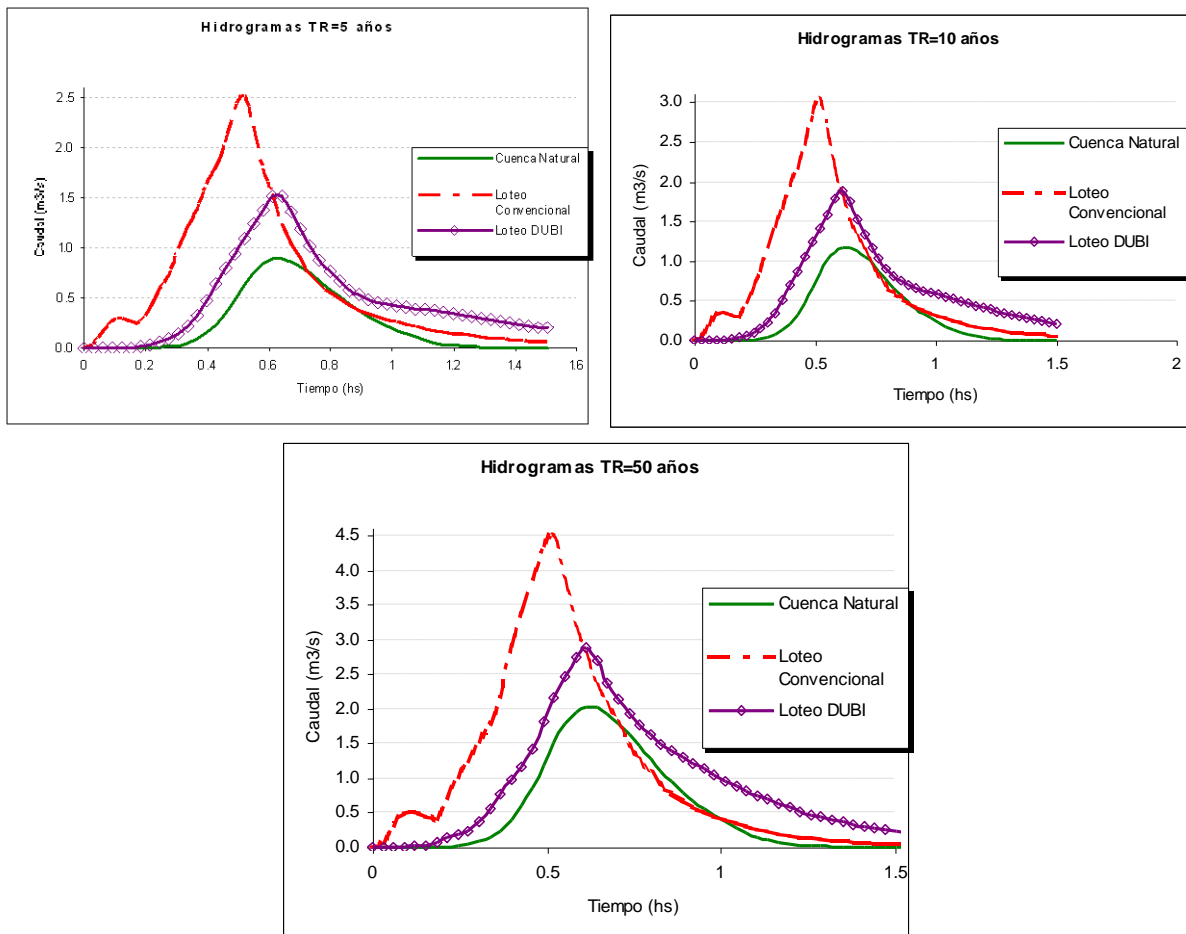


Figura N°12: Comparación de Hidrogramas para TR=5, 10 y 50 años. Escenarios I, II y III

### Escenario IV: DUBI con Reservorio

Para lograr la reducción del pico se recurrirá al predimensionado de un microreservorio de detención en el área de espacio verde del equipamiento. Esta hipótesis se denominará Escenario IV.

La nueva topología en la modelación hidrológica será como la indicada en figura N°13.

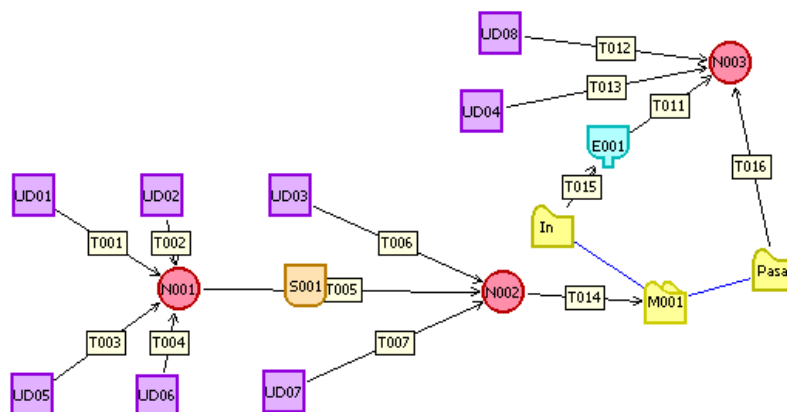


Figura N°13: Topología de modelación para reservorio.

El predimensionado arroja, para un caudal erogado máximo de  $0,55\text{m}^3/\text{s}$  un volumen necesario de  $700\text{m}^3$ , lo cual se lograría por medio de un desmonte de  $0.75\text{m}$  en la zona de espacio verde con taludes suaves de 8:1. La conexión del nodo N002 (transitando por el cauce colector central dentro del boulevard) al reservorio E001 se realizaría por medio de un vertedero lateral, una alcantarilla de acceso al reservorio, un vertedero de pared delgada y un canal de descarga a cielo abierto.

Los resultados se aprecian en la figura N°14 y en la tabla N°6:

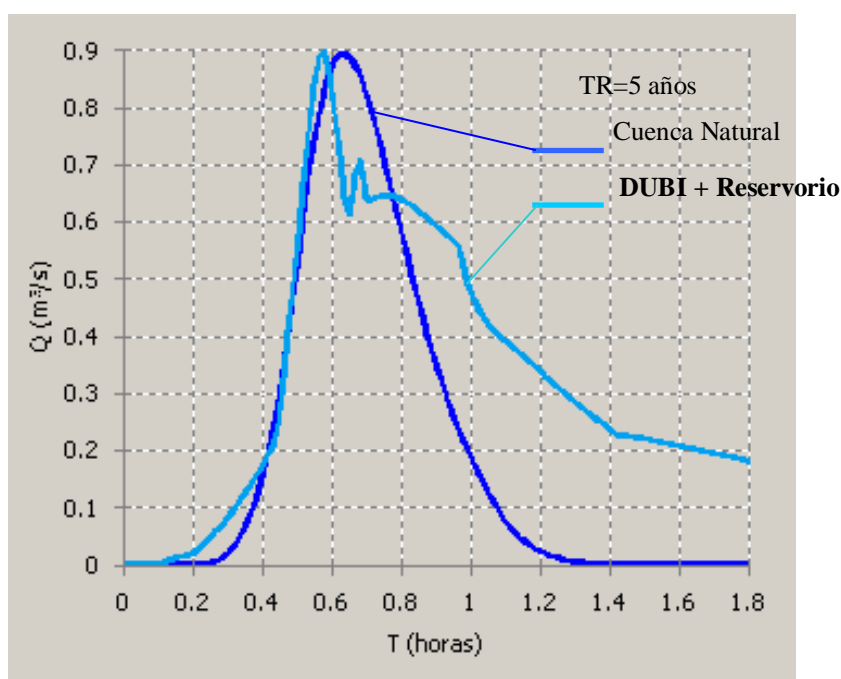


Figura N°14: Hidrograma de salida para TR=5. Escenario IV

## Comparación hidrológica con cuenca natural.

Tabla N°6: Resultados de la comparación hidrológica con cuenca natural.

Recurrencia	(Esc. II) Loteo DUBI		(Esc. III) Cuenca original		(Esc. IV) Loteo DUBI + reservorio	
	Q (m³/s)	Q (m³/s)	Q (m³/s)	Tp (hs)	Q (m³/s)	Tp (hs)
<b>TR = 5 años</b>	<b>1.54</b>	0.64	<b>0.90</b>	0.64	<b>0.90</b>	0.58
<b>TR = 10 años</b>	<b>1.87</b>	0.62	<b>1.17</b>	0.64	<b>1.36</b>	0.57
<b>TR = 50 años</b>	<b>2.88</b>	0.62	<b>2.03</b>	0.61	<b>2.18</b>	0.57

## A2) Comparación Económica entre loteo convencional y Desarrollo Urbano de Bajo Impacto

La próxima etapa del estudio consistió en analizar la diferencia económica que resultaría de la aplicación del DUBI en el mismo terreno donde se ejecutó el Barrio 8 de Abril. Para ello se utilizaron los mismos items y precios unitarios que el presupuesto original de la urbanización del Barrio, variando solamente las cantidades de todas las obras de infraestructura.

Para computar correctamente las nuevas medidas de cada item se debió diseñar además del loteo, todas las redes de servicios a instalar, como la de cloacas, agua potable, gas natural, red eléctrica y alumbrado público, etc.

En la tabla N° 7 se observa el cómputo y presupuesto indicando sólo las cantidades de cada item y el subtotal del rubro tanto del Escenario I (Convencional) como del Escenario IV (DUBI). En la tabla N° 8 y figura N°15 se presenta un resumen de los costos por items.

Tabla N° 7: Cómputo y presupuesto . Loteo Convencional vs Loteo DUBI

Item	Descripción	U.	Cant.	\$ Rubro	Cant. DUBI	\$ Rubro DUBI
<b>A. INFRAESTRUCTURA PUBLICA</b>						
<b>1</b>	<b>Sistema de abastecimiento de agua potable</b>			\$ 222,173.56		\$ 192,180.58
<b>1</b>	<b>Cañerías de distribución</b>					
1 10	Excavación de zanja en terreno de cualq. categ.	m3	568.58			455.18
1 20	Tapado y compactación de zanja.	m3	568.58			455.18
1 79	Prov. y coloc. cañerías PVC K10 - 200 mm	ml	110.00			110.00
1 80	Prov. y coloc. cañerías PVC K10 - 160 mm	ml	237.00			255.00
1 90	Prov. y coloc. cañerías PVC K10 - 110 mm	ml	987.00			873.00
1 99	Prov. y coloc. cañerías PVC K10 - 90 mm	ml	1193.00			785.00
<b>2</b>	<b>Válvulas</b>					
2 9	Prov. y coloc. V.E. 200mm. Incluye cámara	u	1.00			1.00
2 10	Prov. y coloc. V.E. 160mm. Incluye cámara	u	1.00			1.00
2 20	Prov. y coloc. V.E. 110mm. Incluye cámara	u	3.00			4.00
2 30	Prov. y coloc. V.E. 090mm. Incluye cámara	u	2.00			0.00
<b>3</b>	<b>Hidrantes</b>					
3 10	Prov. y coloc. hidrante 90 mm. Incluye cámara	u	6.00			6.00
<b>4</b>	<b>Conexiones domiciliarias</b>					
4 10	Ejecución de conexión domiciliaria de agua (PAD)	u	234.00			203.00
4 20	Prov. y coloc. de caja de medidor de P.V.C.	u	234.00			203.00
<b>2</b>	<b>Sistema de desagües cloacales</b>			\$ 275,317.65		\$ 245,403.16
<b>1</b>	<b>Cañerías</b>					
1 10	Excavación de zanja en terreno de cualq. categ.	m3	1021.24			945.50
1 20	Tapado y compactación de zanja.	m3	1021.24			945.50
1 60	Prov. y coloc. cañerías PVC 160 mm	ml	1688.00			1550.00
<b>2</b>	<b>Bocas de Registro</b>					
2 10	Excavación en terreno de cualquier categoría	m3	68.00			61.20
2 30	Ejecución de boca de registro calzada h.<2,50 m	u	20.00			18.00
<b>4</b>	<b>Conexiones domiciliarias</b>					
4 10	Ejecución de conexión domiciliaria cloacal	u	234.00			203.00
<b>3</b>	<b>Sistema de desagües pluviales superficiales</b>			\$ 436,136.54		\$ 467,911.41
<b>1</b>	<b>Canales y CCB</b>					
1 10	Excavación de zanja en terreno de cualq. categ.	m3	1220.54			1235.50
1 11	Ejecución de Cuneta "A" de H° (40x60)	ml	103.76			222.00
1 12	Ejecución de Cuneta "B" de H° (media caña)	ml	3164.00			2390.00
1 13	Ejecución de cordón y banquina	ml	3485.10			2612.00
1 14	Canal colector secc. trapecial de H°	m3	59.55			85.10
<b>2</b>	<b>Alcantarillas</b>					
2 10	Excavación de zanja en terreno de cualq. categ.	m3	60.00			129.20
2 71	Ejecución de alcantarilla en H°A°	m3	31.31			86.40
2 72	Ejecución y provisión de rejas metálicas	unid	10.00			16.00
2 73	Trinchera de Infiltración (c/ caño PVC 110)	un	0.00			203.00
<b>3</b>	<b>Sistemas especiales</b>					
3 10	Pozo infiltración (1x1x1,5)	un	0.00			203.00
3 11	Reservorio de detención	Gl	0.00			1.00
3 12	Canal de entrada / salida . Vertederos	Gl	0.00			1.00

Tabla N° 7: (continuación)



<b>4</b>	<b>Red Vial</b>		\$ 339,127.48	\$ 175,921.21
<b>1</b>	<b>Tareas previas</b>			
1 20	Preparación terreno. Compactación subrasante	m2	34742.40	18022.50
<b>2</b>	<b>Calzadas</b>			
2 50	Enripiado	m2	34742.40	18022.50
<b>7</b>	<b>Red Eléctrica y Alumbrado Público</b>		\$ 221,834.22	\$ 195,531.83
<b>1</b>	<b>Estructura de sostén</b>			
1 20	Prov. y montaje poste 11m euc. creos. c/ bzo met.	u	55	48
1 21	Prov. y montaje de poste 12m euc. creos. solo	u	27	24
<b>2</b>	<b>Conductores</b>			
2 10	Prov. y coloc. cables aéreos preensamb.(BT+AP)	ml	1685	1450
2 11	Prov. y coloc. de cables aéreos preensamb.(AP)	ml	250	0
2 12	Prov. y coloc. de conexión anti-fraude	ml	3510	3510
<b>3</b>	<b>Tablero de Alumbrado Público</b>			
3 10	Reubicación del tablero de Alumbrado Público	u	1	1
3 20	Cajas Interconexión monofásicas para viviendas	u	38	38
3 21	Cajas Interconexión monofásicas para viviendas	u	5	5
<b>4</b>	<b>Luminarias</b>			
4 20	Prov. y coloc. de luminarias de vapor de sodio	u	61	48
<b>5</b>	<b>Red Domiciliaria</b>			
5 10	Prov. y coloc. de pilares de acometida (Doble)	u	120	105
5 20	Prov. y coloc. de fusibles y medidores individ.	u	234	203
<b>9</b>	<b>Red peatonal</b>		\$ 119,801.86	\$ 79,431.90
	<b>(veredas, ochavas y puentes peatonales)</b>			
1 10	Ejecución de veredas de H° simple (esp. 8 cm)	m2	3485.10	4006.00
1 11	Ejecución ochavas en esquinas (esp. 10 cm)	m2	107.22	201.73
1 60	Ejecuc. de puentes vehiculares (Sobre colector)	Un	12.00	13.00
1 70	Ejecución de puentes peatonales (Sobre colector)	Un	12.00	13.00
<b>10</b>	<b>Provisión y colocación de contenedores</b>		\$ 22,123.44	\$ 18,804.93
1 10	Cestos de residuos	un	120.00	102.00
<b>11</b>	<b>Provisión y Plantación de Árboles</b>		\$ 14,574.93	\$ 18,218.67
1 10	Plantado de Arboles	un	240.00	300.00
<b>12</b>	<b>Movimiento de Suelos</b>		\$ 279,951.16	\$ 60,885.42
1 25	Perfilados de Terrenos	m2	55176	12000
<b>Total Infraestructura Pública:</b>			<b>\$ 1,931,041</b>	<b>\$ 1,454,289</b>

Tabla N°8 : Resumen comparativo

ITEM	Descripción	Loteo Convencional	DUBI
1	Sistema de abastecimiento de agua potable	\$ 222,174	\$ 198,091
2	Sistema de desagües cloacales	\$ 275,318	\$ 245,403
3	Sistema de desagües pluviales superficiales	\$ 436,137	\$ 467,911
4	Red Vial	\$ 339,127	\$ 175,921
7	Red Eléctrica y Alumbrado Público	\$ 221,834	\$ 195,532
9	Red peatonal	\$ 119,802	\$ 79,432
10	Provisión y colocación de contenedores	\$ 22,123	\$ 18,805
11	Provisión y Plantación de Árboles	\$ 14,575	\$ 18,219
12	Movimiento de Suelos	\$ 279,951	\$ 60,885
Total Infraestructura Pública:		\$ 1,931,041	\$ 1,454,289

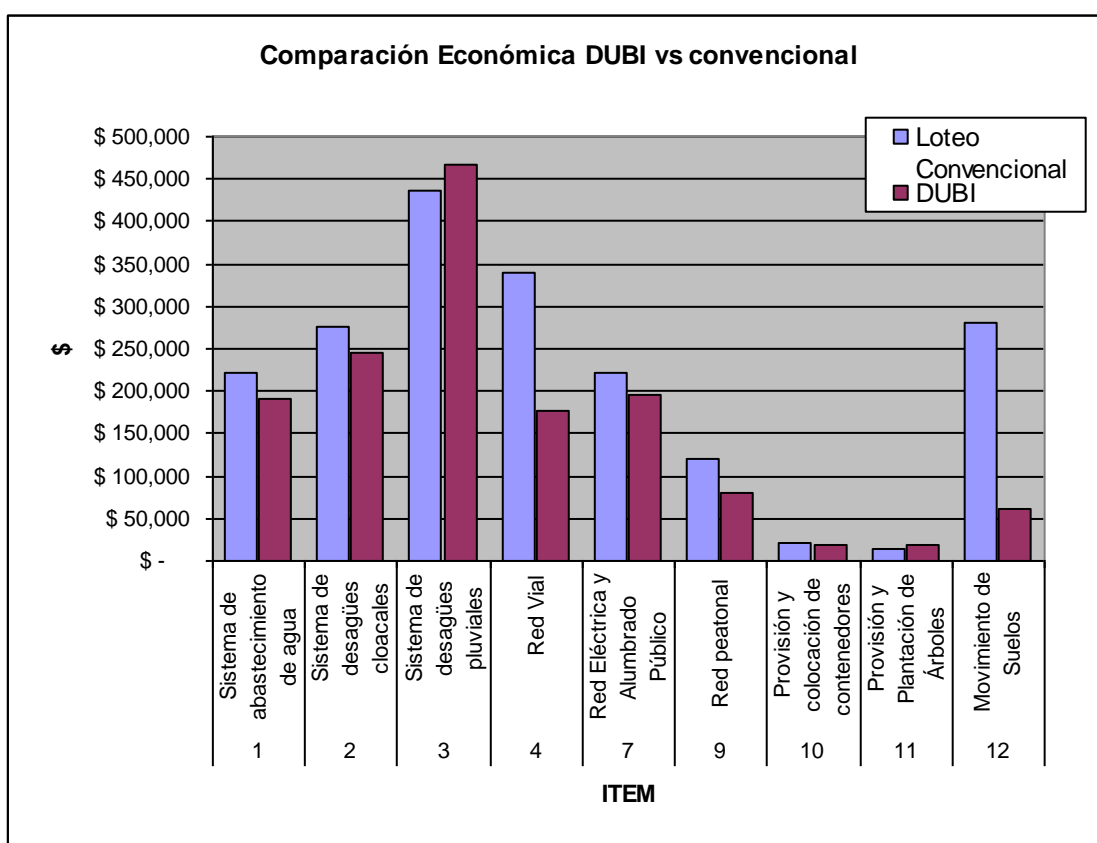


Figura N°15 : Comparación económica por item

## **B) Diseño y Aplicación de Obras menores en Urbanizaciones a ejecutarse**

La segunda etapa del estudio consistió en realizar distintos diseños alternativos para el sistema menor de drenaje pluvial y aplicarlos en dos obras de urbanización próximas a ejecutarse.

El sistema hídrico del Área Metropolitana de Mendoza (AMM), la cuarta en importancia y población de la República Argentina, se remonta al tiempo prehispánico. Su nacimiento y desarrollo posibilitó una cultura de oasis organizada sobre la base del primitivo sistema de canales y acequias heredado de los aborígenes que proveían de agua potable y de riego. La topografía del territorio donde se asienta el AMM está profundamente marcada por zanjones aluvionales que bajan en sentido oeste-este, desde las primeras estribaciones de la precordillera mendocina. (J.R. Ponte, 2006)

Esta cultura prehispánica del uso de acequias y canales para riego le dio a Mendoza su característica de Ciudad Oasis, muy funcional para su época pero que con el avance urbano desmedido y no planificado se han utilizado como redes de drenaje pluvial, volviéndose insostenible al incrementarse cada vez más el aporte pluvial que reciben las acequias y colectores aluvionales, que sumados al mal mantenimiento y limpieza de los mismos genera problemas como anegamientos e inundaciones para tormentas cada vez de menor recurrencia.

Según la Dirección de Servicios Públicos de la Ciudad de Mendoza se retiran de las acequias cerca de 2.000 Tn de residuos por mes. El problema es más bien cultural, debido a que los ciudadanos tienen que volver al concepto de vecino frentista, ocupándose también de la limpieza y cuidado del sistema de drenaje pluvial.

Si bien las acequias nunca tuvieron el fin de drenaje pluvial, en pleno Siglo XXI todavía se piensan con ese objetivo, y además siguiendo el concepto sanitarista de mediados del Siglo XX, es decir, drenar rápidamente hacia aguas abajo todo el aporte pluvial que genera el predio urbanizado.

Los cambios necesarios son muchos, y entre ellos se destacan: un cambio normativo sobre el uso del suelo en donde figuren los conceptos aquí aplicados, un cambio cultural respecto al riego forestal y limpieza del sistema de drenaje pluvial y un cambio de paradigma en cuanto a la forma de urbanizar y atender a las necesidades básicas habitacionales.

### **Aplicación de Diseños No Tradicionales para el drenaje pluvial**

A modo de contribución a estos cambios, se propuso y aplicó un sistema de drenaje pluvial no tradicional en dos proyectos de urbanización próximos a ser ejecutados por el PROMEBA (Programa de Mejoramiento Barrial) y el IPV (Instituto Provincial de la Vivienda)

Se analizarán ambas soluciones desde el punto de vista hidrológico, (verificando el concepto de sustentabilidad hidrológica) y desde la visión económica al comparar los costos unitarios de estos desarrollos respecto a lo que se aplicó en otros barrios licitados simultáneamente.

## Sistema Mixto

El primer sistema propuesto corresponde al B° Cosquín, ubicado en el Departamento de Santa Rosa, a unos 80Km al sur-este del AMM. Posee una población que no llega a los 17000 habitantes, pero ya la presión urbana está generando problemas en cuanto a la planificación de sus desagües pluviales.

La urbanización de este barrio presentaba el problema de poseer una zona en depresión que impedía el uso del sistema tradicional de acequias revestidas. La aplicación del concepto del Desarrollo Urbano de Bajo Impacto (DUBI) se resolvió mediante la aplicación de Técnicas de Gestión de Escurremientos Urbanos (TGEU) con la incorporación de un sistema mixto compuesto por pequeñas acequias de 0.4m x 0.40m con soleras discontinuas apoyadas en cajones drenantes o **trincheras de infiltración**.



Figura N° 16: Imagen satelital de la zona de estudio

Es importante destacar que actualmente, la red de flujo termina inundando la esquina de calles Lencinas y Calle Pública (zona resaltada en la figura N° 16) debido a su cota de terreno , hasta que el nivel hace que escurra por Calle Rosa Salomón hacia el Este para terminar descargando en canal existente por calle R. Videla.

## **Hidrología**

Se realizó el estudio hidrológico correspondiente determinando el área de la cuenca de aporte, que llega a 52.66 Has., la delimitación de subcuencas y medición de los parámetros morfométricos necesarios para la modelación matemática de la transformación lluvia-escurreimiento. La tormenta de diseño aplicada tiene una recurrencia de 25 años, una duración de 1 hora y una lámina acumulada de 85mm.

El impacto producido por la urbanización proyectada se determinó mediante una comparación de escenarios, en igual manera que el estudio anterior. El Escenario I, (con un

Qpico de  $1.34\text{m}^3/\text{s}$ ) corresponde a la situación actual (que considera el estado preantrópico de la zona donde se emplaza el barrio), el Escenario II (con un Qpico de  $2.57\text{m}^3/\text{s}$ ) se refiere a un estadio futuro con proyección a 20 años aplicando sistemas tradicionales de drenaje pluvial, y por último el Escenario III (con un Qpico de  $1.35\text{m}^3/\text{s}$ ) es aquel con incorporación de TGEU materializados por un sistema de trincheras de infiltración y un reservorio de detención temporal.

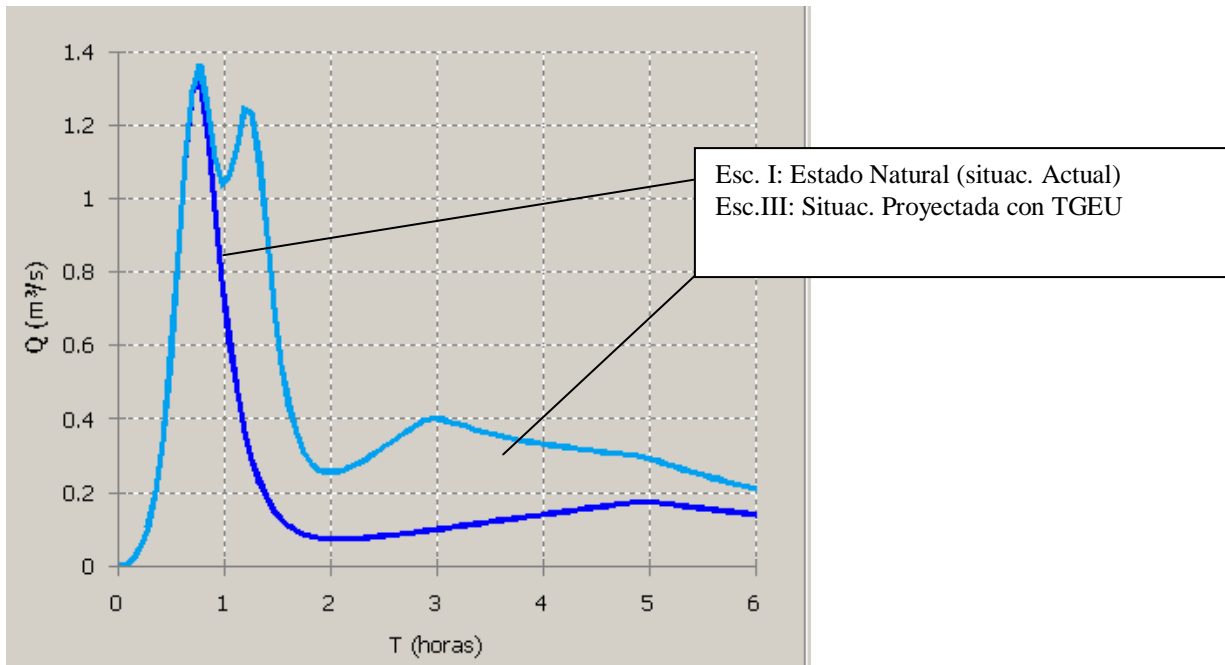
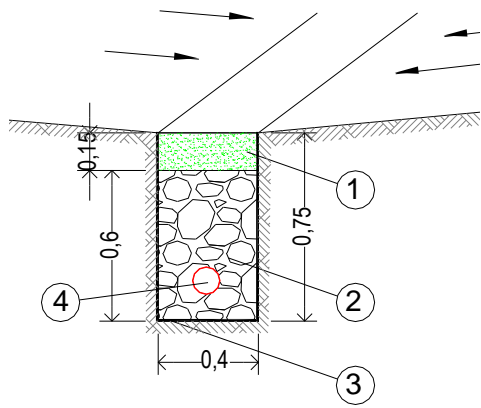


Figura N° 17: Comparación de Escenarios. Verificación de sustentabilidad

Como se observa en la comparación de hidrogramas se llegó a una condición de sustentabilidad al igualar la condición proyectada con TGEU respecto a la situación preantrópica.

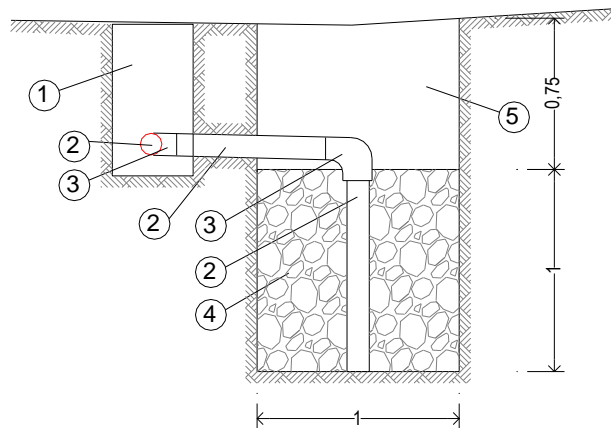
Las trincheras de infiltración se modelaron en Arhymo siguiendo una analogía con la abstracción inicial, y luego dimensionadas mediante un balance hídrico sencillo teniendo en cuenta el estudio geotécnico realizado al utilizar el coeficiente de permeabilidad del suelo.

Se proyectaron trincheras de infiltración bajo veredas y acequias, en jardines intralotes con micropozos de infiltración, y un reservorio de detención, tal como las indicadas en la siguientes figuras:



Referencias

- 1 Mezcla de Arena y tierra
- 2 Relleno de Grava gruesa limpia: (n=40%) . Dmax=1.5"
- 3 Geotextil
- 4 Caño PVC 110mm perforado (Pend. min: 1/300)



Referencias

- 1 Trinchera de Infiltración
- 2 Caño PVC 110mm perforado (Pend. min: 1/300)
- 3 Codo 90° PVC Ø 110mm
- 4 Relleno de Grava gruesa limpia: (n=30%) . Dmax=2.5"
- 5 Tierra Natural compactada

Figura N° 18: Detalles Trinchera intralote y micro pozo de Infiltración

Se adoptó una longitud de 5 m por lote con trincheras de 0.4x0.60m con micropozos de infiltración de 1x1x1, según esquemas anteriores.

La urbanización disponía en la zona más baja un espacio verde destinado a plaza, en la cual se proyectó un escenario con gradas en depresión que resultaría funcional para eventos de lluvia en los cuales colmatara la eficiencia de las trincheras dispuestas. El modelo Arhymo permitió dimensionar el volumen necesario para obtener un coeficiente de seguridad respecto al sistema planteado, llegando a un volumen necesario de 310m<sup>3</sup>

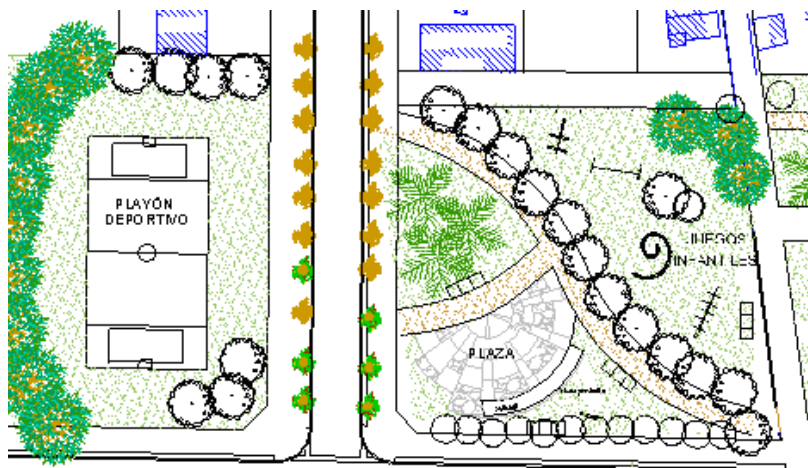


Figura N° 19: Planimetría de la Plaza con Reservorio

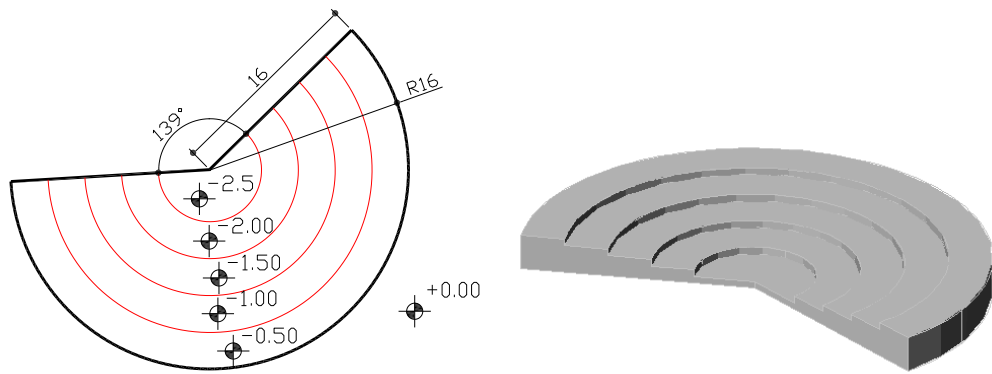


Figura N° 20: Esquema de Reservorio

Por último se dispusieron bajo las calles y veredas (en una longitud total de 642m) un sistema externo de trincheras de infiltración, compuestos por cajones permeables de 2.5m de ancho y 0.75m de profundidad, rellenos de dos capas de grava gruesa limpia y clasificada, protegidos con geotextil. Se muestran en las siguientes figuras los detalles correspondientes.

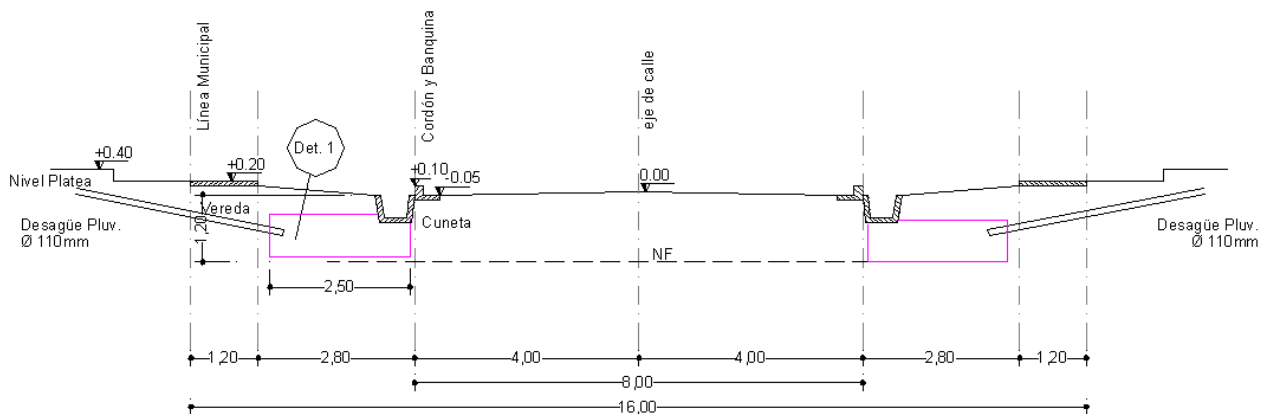


Figura N° 21: Perfil Tipo para Trinchera bajo vereda

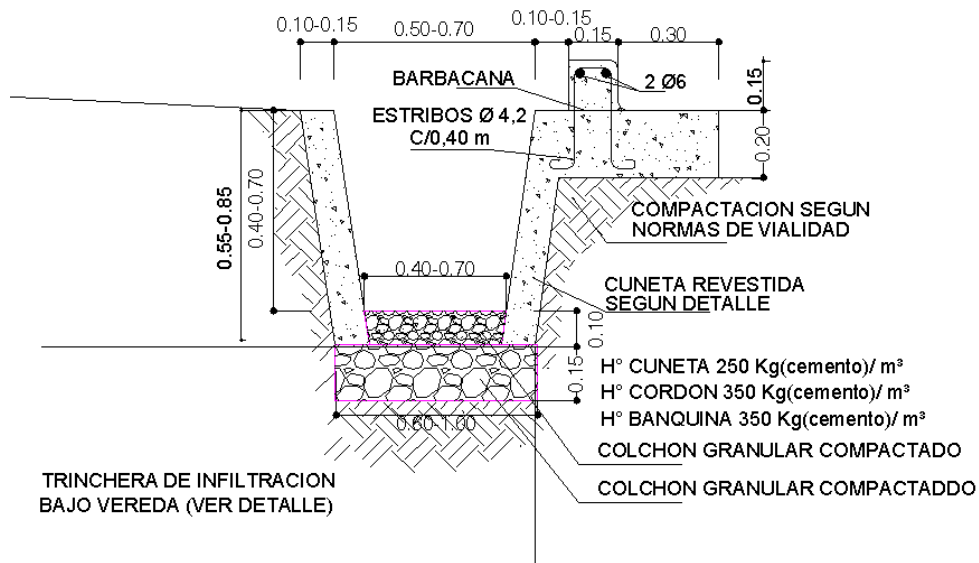
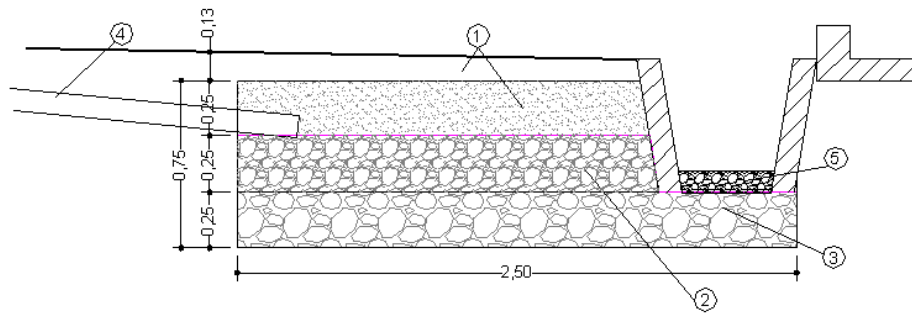


Figura N° 22: Detalle de cuneta, cordón, banquina y trinchera de infiltración

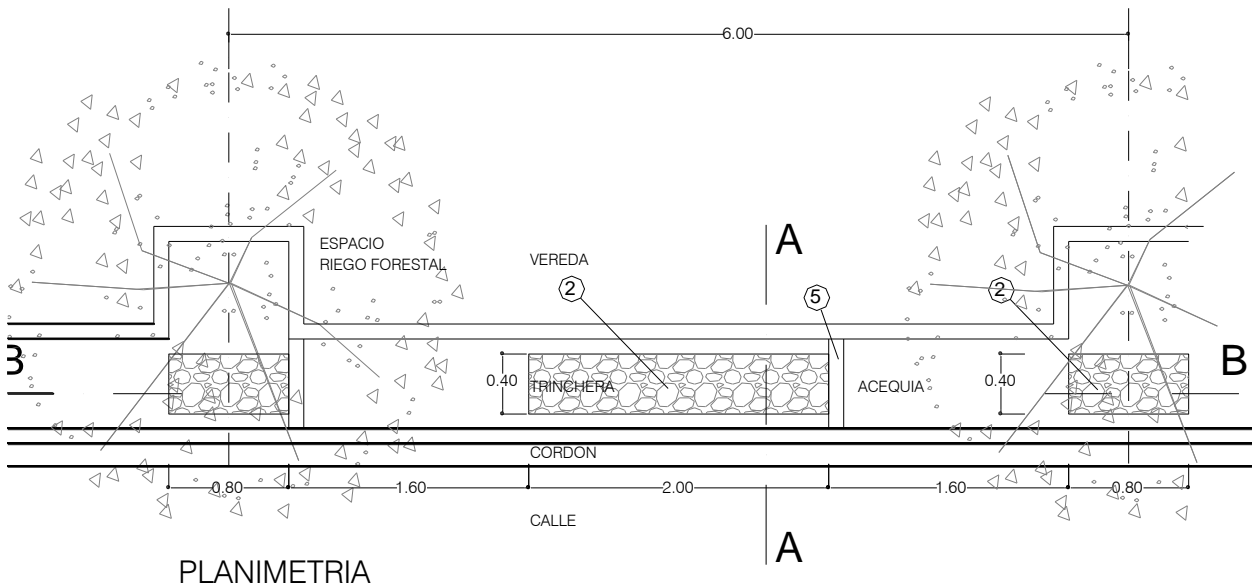




Referencias

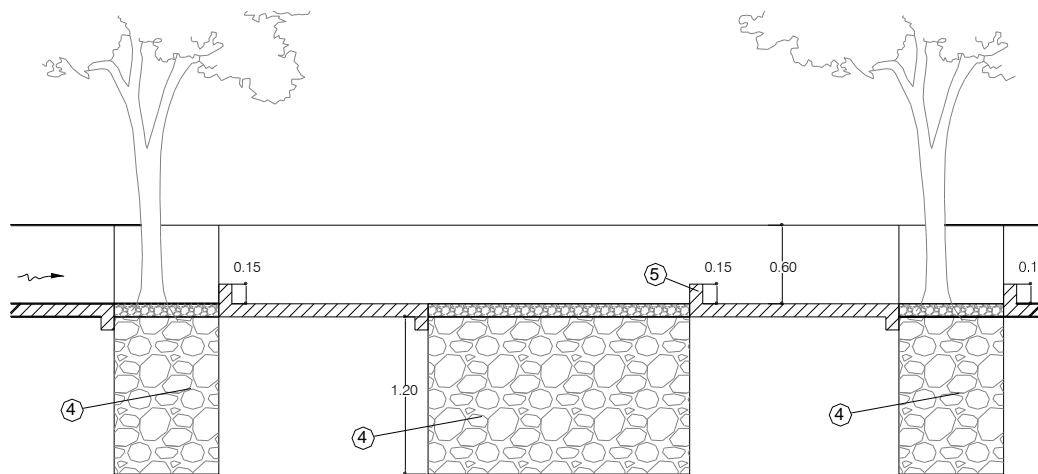
- 1 Mezcla de arena y tierra
- 2 Relleno de Grava gruesa limpia Compactada : . Dmax=1.5"
- 3 Relleno de Grava gruesa limpia Compactada : . Dmax=2.5"
- 4 Caño PVC Ø 110 (de PPA en patio o cochera)
- 5 Fondo Acequia Mat. granular compactado (Long.:2m Separación: 3m)

Figura N° 23: Detalle de Trinchera de Infiltración bajo vereda



PLANIMETRIA

Figura N° 24: Detalle planimétrico de ubicación de trincheras de infiltración entre forestales



CORTE B-B

Figura N° 25: Corte longitudinal de trincheras de infiltración entre forestales



## **b) Sistema No Tradicional**

El segundo sistema propuesto corresponde al B° Nebot, ubicado en el Departamento de Guaymallén (ver figura N° 26). Se realizó la hidrología de la misma forma que los barrios anteriores, buscando la sustentabilidad hidrológica, y se diseñó un sistema de drenaje pluvial de tipo no tradicional compuesto únicamente por una banquina colectora con bocas de tormenta y trincheras de infiltración bajo banquina y entre forestales. Los cruces de calles son a través de badenes de H°A° (eliminando las alcantarillas) y no se ejecutarán puentes peatonales o vehiculares.



Figura N° 26: Ubicación del barrio Nebot

Se observan como ventajas funcionales:

1. La construcción del sistema propuesto sigue la misma metodología de ejecución que los cordones con el agregado de una banquina colectora más ancha y con una sección para escurrimiento. Las trincheras de infiltración son cajones excavados a máquina o a mano y rellenos de grava envueltos con geotextil.
2. La limpieza y mantenimiento es más sencillo, debido a que no existen puentes vehiculares ni peatonales, ni alcantarillas en donde la basura pueda obstruir el libre escurrimiento.
3. Para el riego forestal se planteó un sistema individual para el cual los vecinos recibirán capacitación por parte del equipo social y ambiental que acompaña la ejecución de las obras. El concepto implica un cambio cultural respecto al cuidado del agua y su uso para riego forestal.
4. Todos los patios de las viviendas del barrio drenarán hacia las trincheras de infiltración y en las conexiones domiciliarias pluviales se previó una cámara de limpieza.

Los detalles de ingeniería se presentan a continuación:

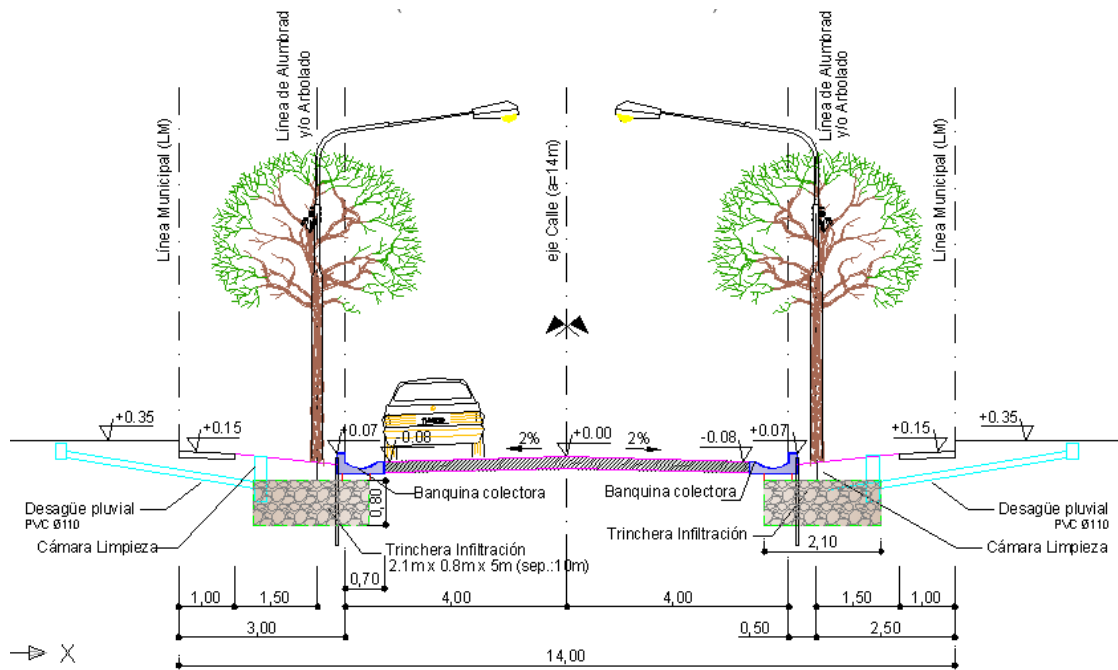


Figura N° 27: Perfil Tipo para calle de 14m (Trincheras de infiltración bajo banquina colectora)

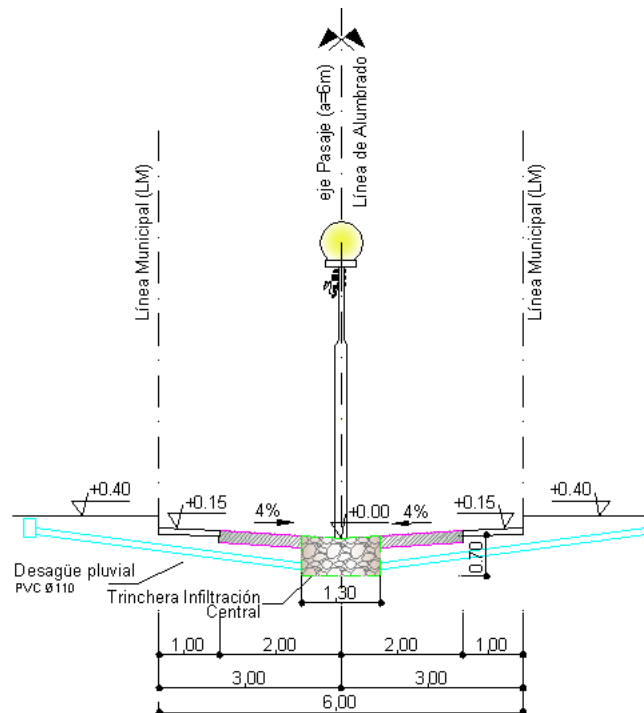


Figura N° 28: Perfil Tipo para pasajes peatonales (Trincheras de infiltración central)

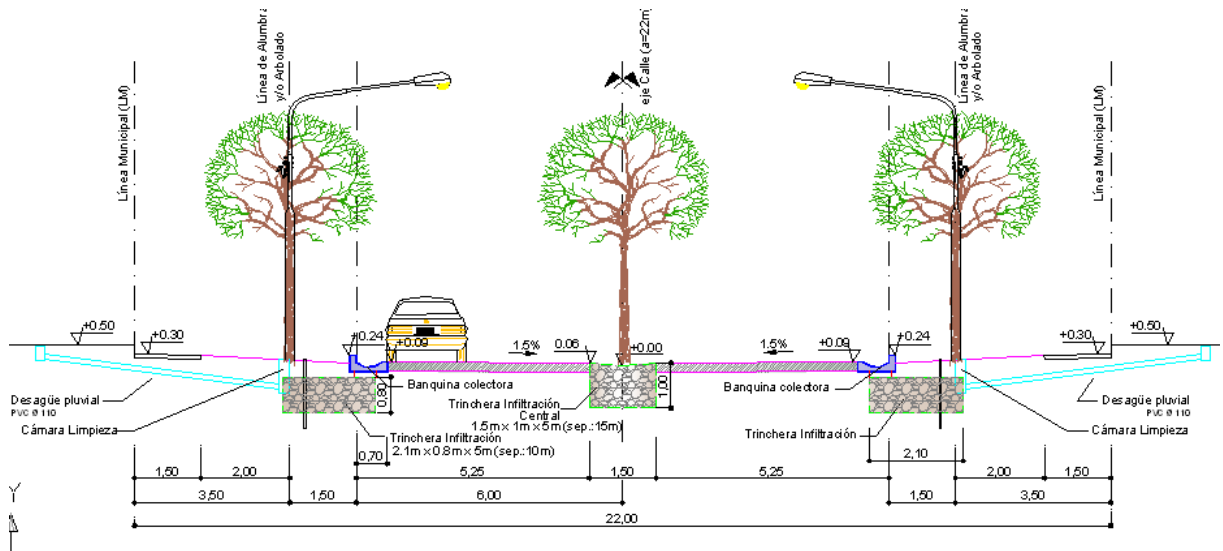


Figura N° 29: Perfil Tipo para boulevard (Trincheras de infiltración central y bajo banquina colector)

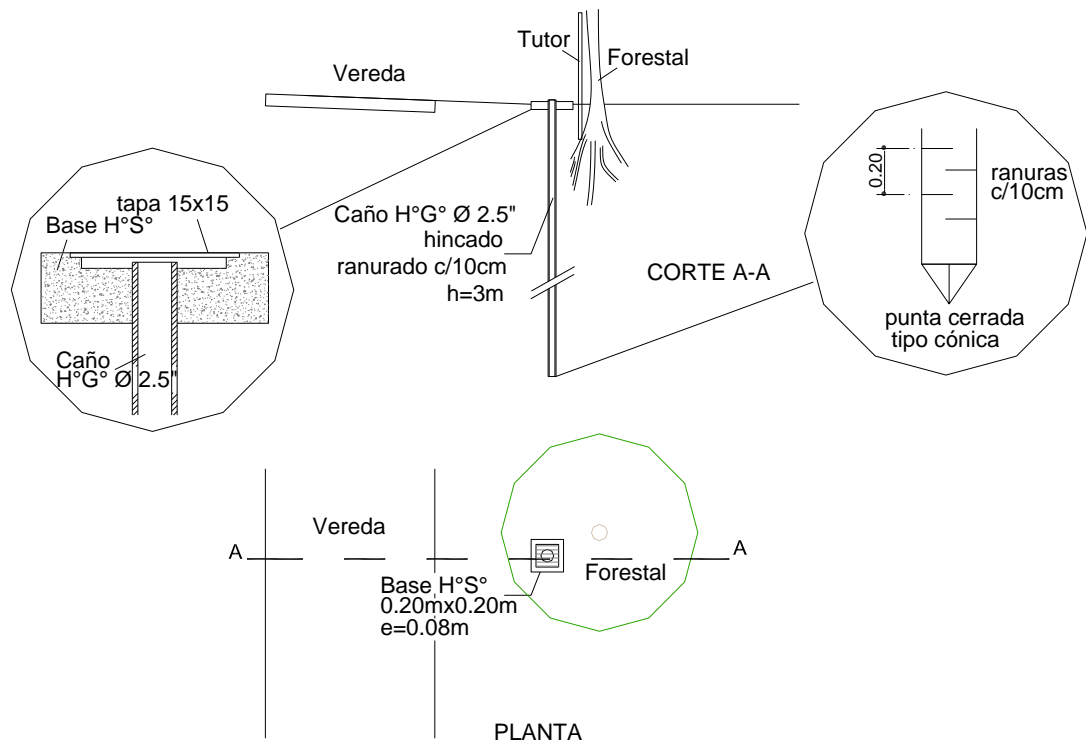


Figura N° 30: Detalle del sistema de riego forestal individual

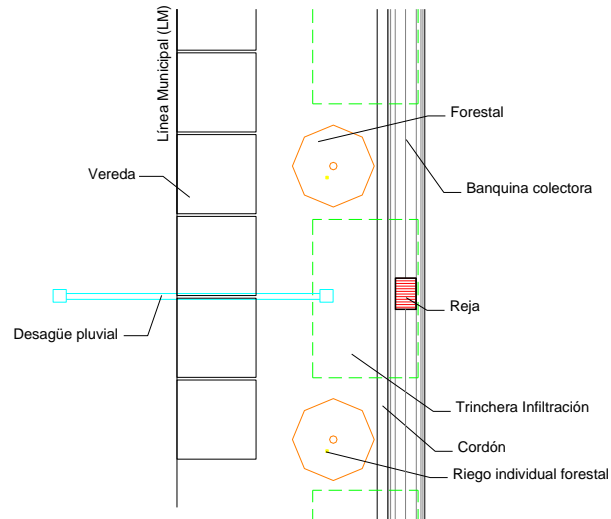


Figura N° 31: Detalle planimétrico con ubicación de trincheras de infiltración entre forestales

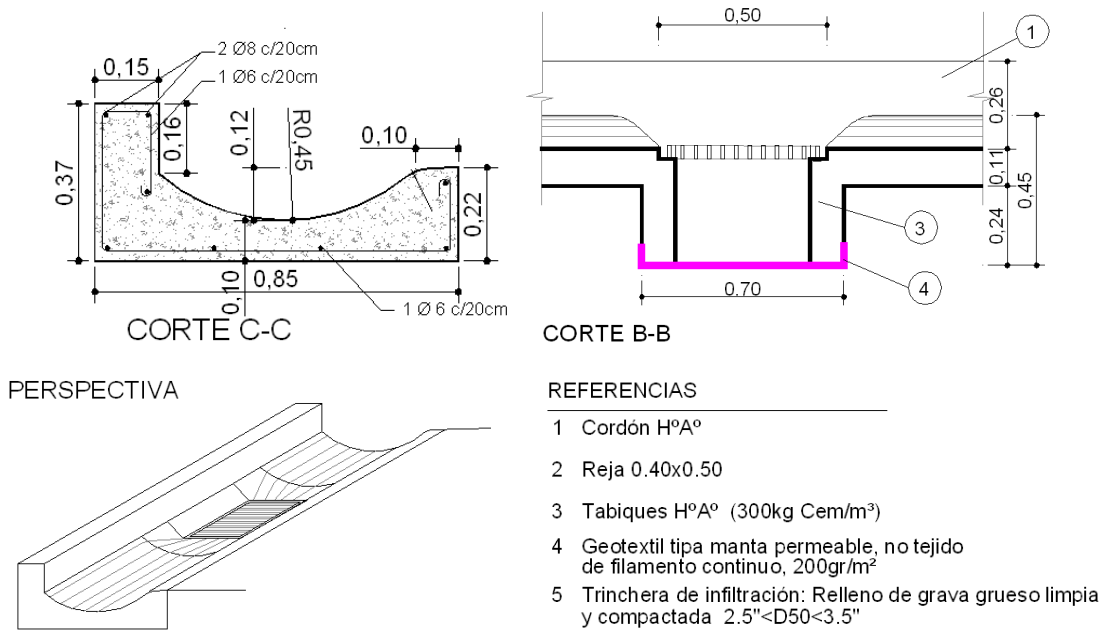


Figura N° 32: Detalle de banquina colectora y boca de tormenta con reja sumidera

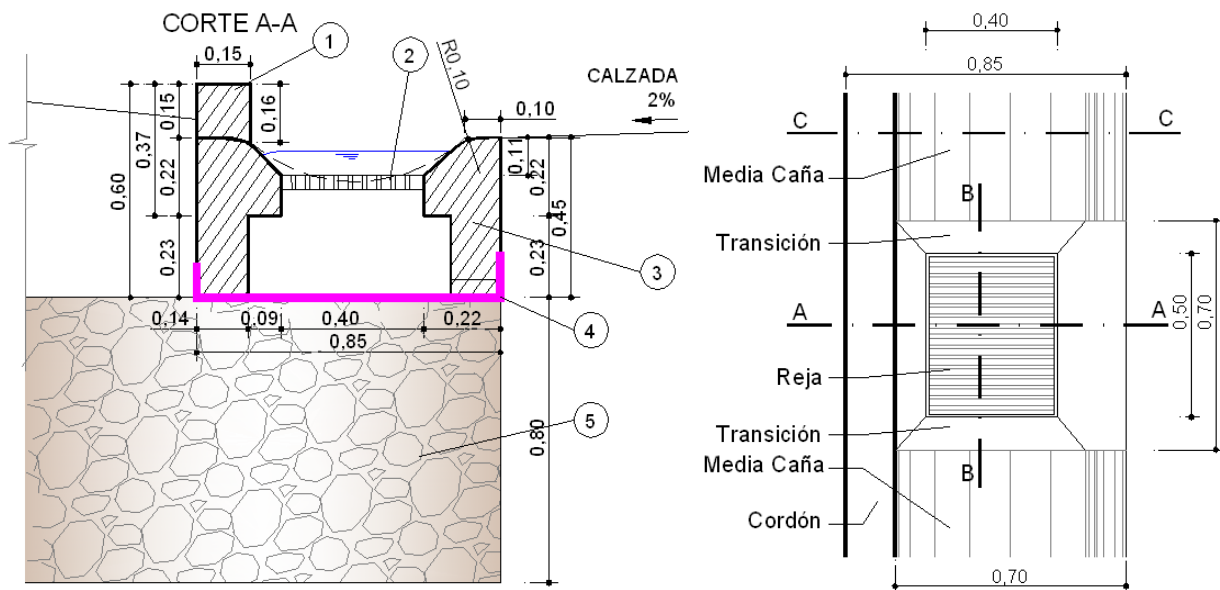


Figura N° 33: Detalle de boca de tormenta con reja sumidera

### C) Análisis de costos unitarios de Sistemas No Tradicionales

El último objetivo propuesto fue determinar un costo unitario de los sistemas propuestos, para comparar y establecer si existía o no, un ahorro respecto de los sistemas tradicionales compuestos por cunetas revestidas en H°S° y cordón banquina, alcantarillas, puentes vehiculares y peatonales de H°A°

La metodología de análisis consistió en primer lugar en resumir para cada barrio las obras propuestas incluyendo el tipo de obra proyectada mediante su itemizado y utilizando los cómputos y presupuestos oficiales.

Los presupuestos utilizados son los oficiales y publicados con precios a Septiembre de 2007. Los porcentajes de incidencia del rubro 3: “Sistema de Desagüe Pluvial” también figuran publicados en las curvas oficiales de inversiones de los pliegos de licitación. En este análisis se obtuvieron los porcentajes de incidencia una vez sumado al Rubro 3 parte del Rubro 9: “Red Peatonal” que incluye allí a los puentes peatonales y vehiculares.

Debido a que las obras se encuentran en proceso licitatorio no se pueden publicar los costos unitarios de los ítems utilizados (cordón, banquetas, alcantarillas, rejillas, acequias, puentes y trincheras de infiltración.) Lo que sí se puede publicar y en este caso sirve para la comparación, es una unidad de medida representativa determinada por el cómputo lineal de acequia o colector banquina por barrio. Luego el costo unitario del sistema pluvial, surge de la relación entre el costo del rubro (incluido los puentes peatonales y vehiculares) y los metros lineales de desagüe.

Los barrios analizados fueron los siguientes:

Tabla N°9 : Análisis de Costos unitarios del Sistema de Desagüe Pluvial

Barrio	Depto.	Cant. Viv.	ml. desag.	Costo unit. Sist. Pluvial	Costo Desagües	Presup. Total	% del Presup. Total	Sistema	Relac. Tradic./ No Tradic.
Sol y Sierra	Godoy Cruz	333	5200	\$ 323.75	\$ 1,683,490	\$ 6,891,863	24.4%	Tradicional	1.95
Costa del Atuel	Gral. Alvear	177	3495	\$ 348.66	\$ 1,218,554	\$ 2,030,175	60.0%	Tradicional	2.10
Ramonot	San Martín	226	5196	\$ 320.24	\$ 1,663,983	\$ 5,375,193	31.0%	Tradicional	1.93
<b>Nebot</b>	Guaymallén	160	3580	<b>\$ 165.74</b>	\$ 593,364	\$ 2,443,708	24.3%	<b>No Tradicional</b>	<b>1.00</b>
<b>Cosquín</b>	Santa Rosa	88	2235	<b>\$ 277.68</b>	\$ 620,615	\$ 2,233,279	27.8%	<b>Mixto</b>	<b>1.68</b>
Cordón del Plata	Tupungato	160	2282	\$ 356.85	\$ 814,427	\$ 3,058,328	26.6%	Tradicional	2.15
Promedio Tradicional				<b>\$ 337.37</b>	Promedio Tradicional				<b>2.04</b>

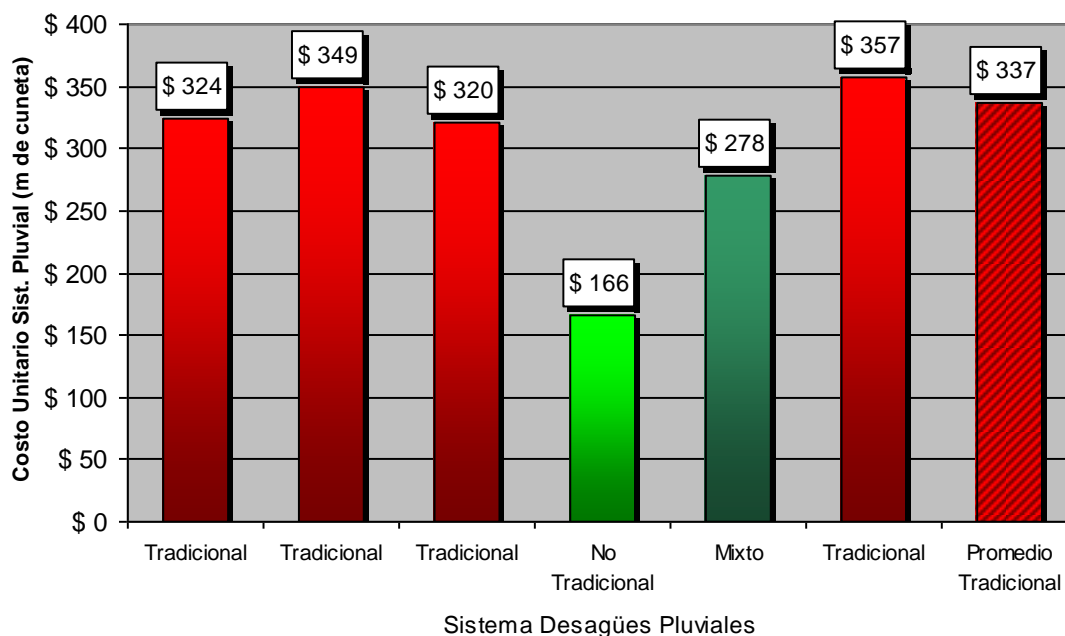


Figura N° 34: Comparación de costos unitarios

Los resultados anteriores indican una relación cercana al doble en cuanto a la comparación del costo unitario de un sistema tradicional respecto del no convencional, observándose una relación algo menor para el sistema mixto.

Si se estiman los costos ahorrados en función del costo unitario promedio para un sistema tradicional se obtienen los siguientes valores:

Tabla N°10 : Análisis de Costos Ahorrados debido al Sistema de Desagüe Pluvial

Barrio	ml. cuneta	Desarrollo Urbano de Bajo Impacto Hidrológico				Sistema Tradicional				Comparación económica	
		Costo unit.	Costo Desagües	Presup. total	% incidencia	Costo unit.	Costo Desagües	Presup. total	% incidencia	Costos ahorrados	% Reducción
<b>Nebot</b>	3580	\$ <b>165.74</b>	\$ 593,364	\$ 2,443,708	24.3%	\$ <b>337.37</b>	\$ 1,207,796	\$ 3,058,140	39.5%	\$ 614,432	<b>20.1%</b>
<b>Cosquín</b>	2235	\$ <b>277.68</b>	\$ 620,615	\$ 2,233,279	27.8%	\$ <b>337.37</b>	\$ 754,029	\$ 2,366,693	31.9%	\$ 133,414	<b>5.6%</b>

Se observa que de haberse aplicado en ambos barrios un sistema tradicional de desagües pluviales las incidencias del Rubro 3 “Sistema de desagüe pluvial” sobre el presupuesto total hubieran alcanzado casi el 40% y el 32% para el caso con sistema mixto.

Además se aprecia una notable reducción de los costos finales de urbanización que llega al 20% para el sistema no tradicional y casi al 6% para el mixto.

## CONCLUSIONES

Se han presentado comparaciones hidrológicas y económicas de urbanizaciones no convencionales respecto a las tradicionales, aplicadas a la vivienda social que hoy en día está ejecutando el IPV en Mendoza.

En el primer estudio se aplicó el concepto del DUBI desde el diseño del loteo que comparado con lo ejecutado por el IPV se aprecia una considerable reducción de los volúmenes y caudales pico cercana al 40% para TR=5 años y próxima al 30% para TR=50 años, observándose además un pequeño desfase del tiempo al pico, es decir, llega menos agua en un tiempo mayor.

Si bien al comparar los hidrogramas de crecida respecto al estado natural de la cuenca (Escenario III) se observan incrementos debido a la impermeabilización producida por ambos tipos de urbanización, el Escenario II (DUBI) para TR=5 años produce un impacto del 64% por encima del Escenario III, a diferencia del Escenario I (Loteo Convencional) que produce un aumento del 170%. Para un TR= 50 años la diferencia se acorta, llegando a que el Esc. II es un 36% mayor que el pico del Esc.III mientras que el Esc. I es un 58% mayor.

Lo dicho anteriormente refleja que el impacto de la urbanización producida frente al estado natural de la cuenca, es mucho menor en el DUBI, y que para llegar a la sustentabilidad hidrológica, es decir igualar la condición de TR=5 años del estado preantrópico se necesitaría un reservorio de detención de 700m<sup>3</sup> que amortigüe el hidrograma urbano.

Siguiendo la comparación económica de todas las obras de urbanización del proyecto ejecutado por el IPV respecto del nuevo loteo DUBI que se podría haber implementado, se observa una reducción en el presupuesto por infraestructura básica para la urbanización de bajo impacto hidrológico respecto al loteo convencional. Si bien la reducción en cantidad de lotes

llega al 13%, el costo total de la urbanización descendería en un 25% en contrapartida con la creencia común de que un loteo de este tipo incrementa los costos.

El segundo grupo de estudios presentado adquirió la calificación de DUBI por medio del diseño y dimensionamiento de obras menores, no tradicionales, que minimicen los caudales generados por la urbanización proyectada. Se presentaron soluciones para dos barrios próximos a ejecutarse. En ambos casos se llegó a la sustentabilidad hidrológica al comparar los hidrogramas resultantes respecto de la condición preantrópica.

Por último en la comparación de los costos unitarios de los sistemas propuestos (con aplicación de TGEU mediante el uso de trincheras de infiltración) se observa una disminución del costo por metro lineal de drenaje, que oscila entre el 49% para un sistema no tradicional puro y un 82% para un sistema mixto, respecto al costo unitario promedio de un sistema tradicional compuesto por acequias revestidas, alcantarillas y puentes vehiculares y peatonales. Con un análisis de costos ahorrados, se observó una notable reducción del costo final de la obra que oscila aproximadamente entre el 6% y el 20%.

Si bien en este estudio no se utilizaron los costos indirectos, ni sociales, ni emergentes es lógico pensar y asumir otra reducción en los futuros costos al minimizar los impactos hidráulicos generados tanto aguas abajo del loteo como dentro del mismo.

### **RECOMENDACIONES**

Como recomendaciones se debería considerar en los avances urbanos los siguientes puntos:

- 1) Mantener los drenajes naturales, la topografía y sus depresiones
- 2) Preservar la flora autóctona existente en suelos permeables
- 3) Direccionar áreas impermeables a zonas permeables
- 4) Desconectar superficies impermeables a la descarga directa
- 5) Facilitar la infiltración dentro de cada lote
- 6) Revegetar áreas degradadas
- 7) Mantener o aumentar el tiempo de concentración al incrementar la infiltración y evaporación.
- 8) Colocar los espacios destinados a equipamiento comunitario en las zonas bajas de la urbanización para que pueda incluir dentro de sus funciones la de laminar crecidas mediante reservorios de detención o infiltración.

Los diseños de las obras menores aquí presentadas deberán ejecutarse con una buena inspección de obra que garantice la correcta ejecución de los trabajos que escapan un poco a la metodología tradicional. Además se deberá realizar un seguimiento y monitoreo para observar su comportamiento para distintas recurrencias y así mejorar las propuestas.

Como actividades futuras se prevé conformar un manual de buenas prácticas para implementarse en el Instituto Provincial de la Vivienda respecto al Desarrollo Urbano de Bajo Impacto hidrológico y ambiental, utilizando y normalizando dispositivos que minimicen los impactos generados por cada loteo.



## Bibliografía

- Burgos, Victor** (2007) *“Desarrollo Urbano de Bajo Impacto Hidrológico”* Congreso Nacional del Agua, Tucumán.
- Burgos, Victor** (2005) *“Modelación Hidrológica de cuencas piedemontanas. Uso de Sistemas de Información Geográfica en Hidrología Superficial”* Congreso Nacional del Agua, Mendoza.
- Chow, V. T., D. R. Maidment y L. W. Mays** (1994) *Hidrología aplicada*. McGraw-Hill Interamericana S.A. Santafé de Bogotá, Colombia.
- Fernández B. et al** (2004) *“Drenaje de aguas lluvias urbanas en zonas semiáridas”* ARQ, n. 57 Zonas áridas, Santiago, p. 64 - 67 . ISSN 0717-6996.
- Fernández B. et al** (2004) *“Nuevos Enfoques para el Drenaje Urbano de Aguas Lluvias”* Centro de Aguas Urbanas. Departamento de. Ingeniería Hidráulica y Ambiental. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Fornero, Luis, Aldo Pavese, Jorge Maza, Diego Vega,** (2002) *“Actualización del modelo hidrológico ARHYMO”*. Congreso Nacional del Agua, Carlos Paz, Córdoba.
- Maza, Jorge; L. Fornero; C. Litwin y P. Fernández,** (1993) *ARHYMO. Manual del Usuario. INCyTH-CRA. Mendoza*
- Maza J.A., V. Burgos, P. López, V. Benegas.** (2004) *“Sustentabilidad hidrológica de urbanizaciones en pedemonte”*. Informe Técnico IT N° 51-CRA. INA, Mendoza.
- Rivera, P. et al** (2004) *“Reducción de crecidas urbanas debido al uso de sistemas de infiltración de aguas lluvia distribuidos espacialmente: Modelación y resultados experimentales”* Centro de Aguas Urbanas. Depto. Ingeniería Hidráulica y Ambiental. P. Universidad Católica de Chile.