

**DESARROLLO URBANO DE BAJO IMPACTO HIDROLÓGICO (DUBI):
Una alternativa para una adecuada hidrología urbana del Gran Mendoza**

Victor Hugo Burgos

Instituto Nacional del Agua - Instituto Provincial de la Vivienda
Belgrano (O) 210. Mendoza – 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 hidráulica, se ha completado un estudio cuyo objetivo consistió en comparar hidrológica y económicamente una urbanización convencional con una de bajo impacto hidrológico. Las ventajas sociales y económicas que surjan de un eficiente control de caudales aguas arriba de cualquier intervención urbana son un tema sin discusión, pero que nadie asume a la hora de decidir.

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 un barrio 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 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 verificó 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.

La estandarización de las soluciones y 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 las aguas lluvias superficiales, generando inundaciones y la obsolescencia de los sistemas de drenaje establecidos. Entonces, cuando llueve son afectadas negativamente las actividades urbanas, las personas, sus bienes y la infraestructura.

El desarrollo de nuevas actividades urbanas provoca cambios que, desde el punto de vista de las aguas lluvias, 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)

Las soluciones tradicionales buscan drenar y evacuar rápidamente las aguas lluvias, 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 las aguas lluvias generadas 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 las aguas lluvias 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.

Objetivos

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

El objetivo particular consistió en comparar hidrológica y económicamente una urbanización convencional con una de bajo impacto hidrológico.

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 a continuación una comparación tanto hidrológica como económica de un Barrio en ejecución, 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.

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.

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 m²).

El caso de estudio elegido es el Barrio 8 de Abril (Figuras N°1 y 2), actualmente en construcción, 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

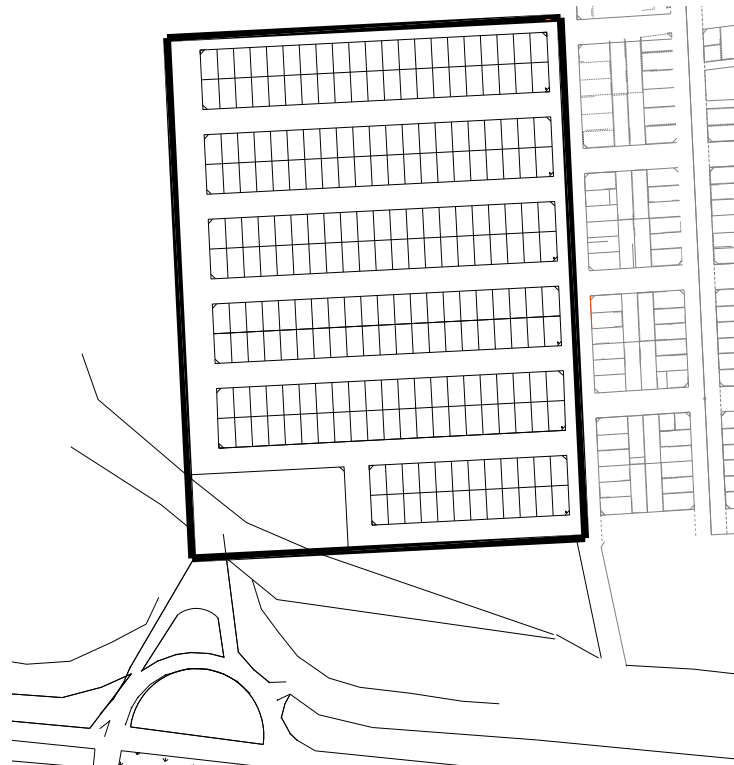


Figura N° 2: Loteo B° 8 de Abril.

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 Km².



Instituto Nacional del Agua
Centro Regional Andino

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

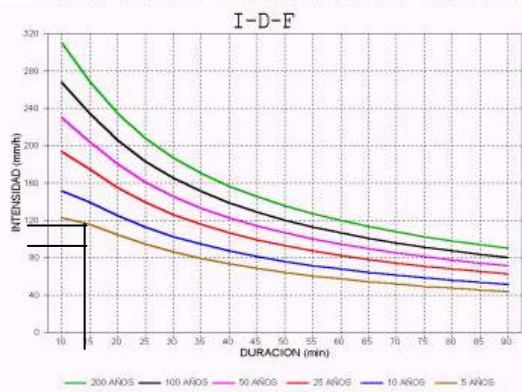


TABLA AREA-LAMINA

AREA [km2]	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	60.0	70.0	96.6

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.			
					Kirpich	SCS	Onda cinem.		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	8.17												

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.

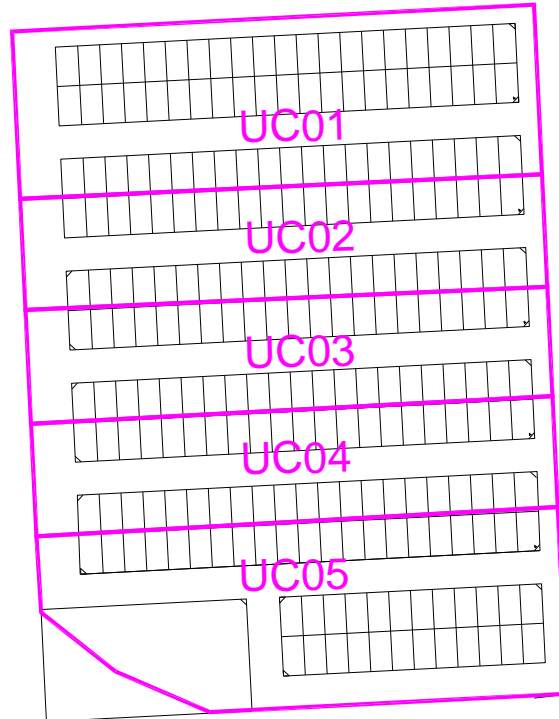


Figura N° 4 : Delimitación de subcuencas urbanas Escenario I.

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.

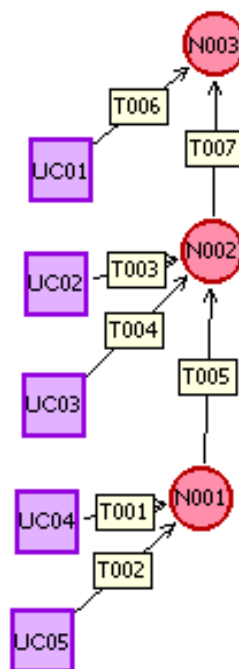


Figura N° 5: Diagrama topológico de la modelación hidrológica

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):

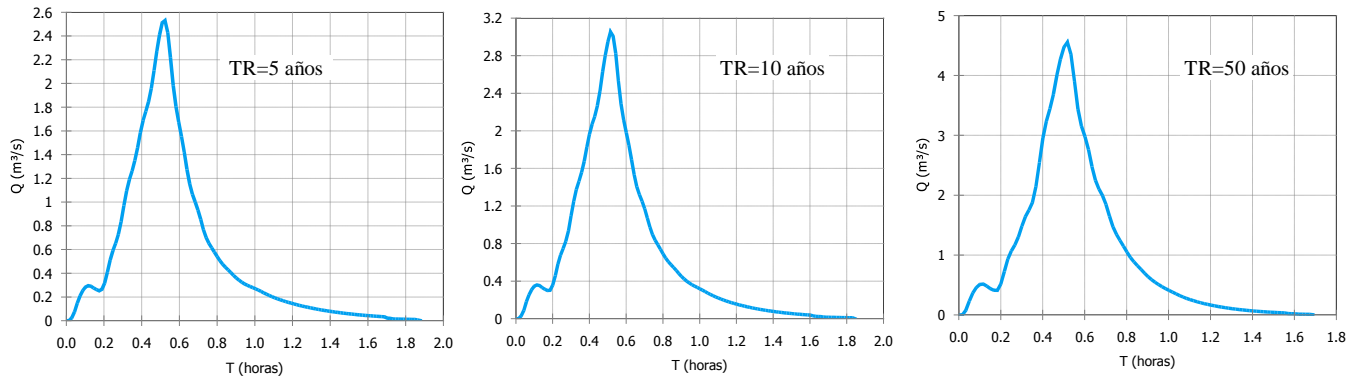


Figura N° 6: Hidrogramas para TR=5, 10 y 50 años

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 (figuras N° 7 y 8), 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.

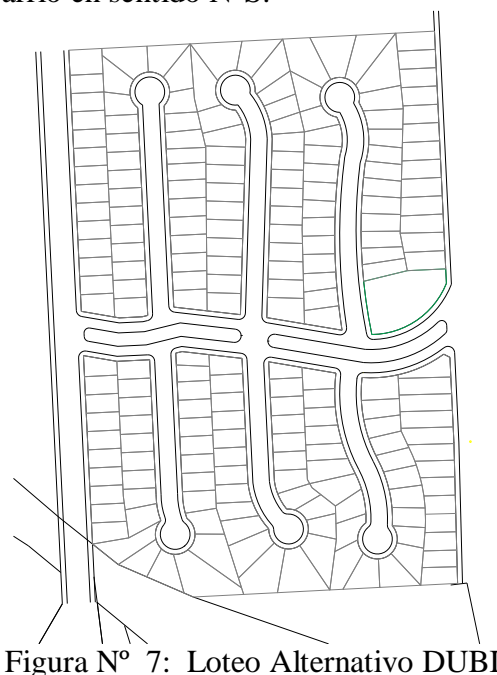


Figura N° 7: Loteo Alternativo DUBI

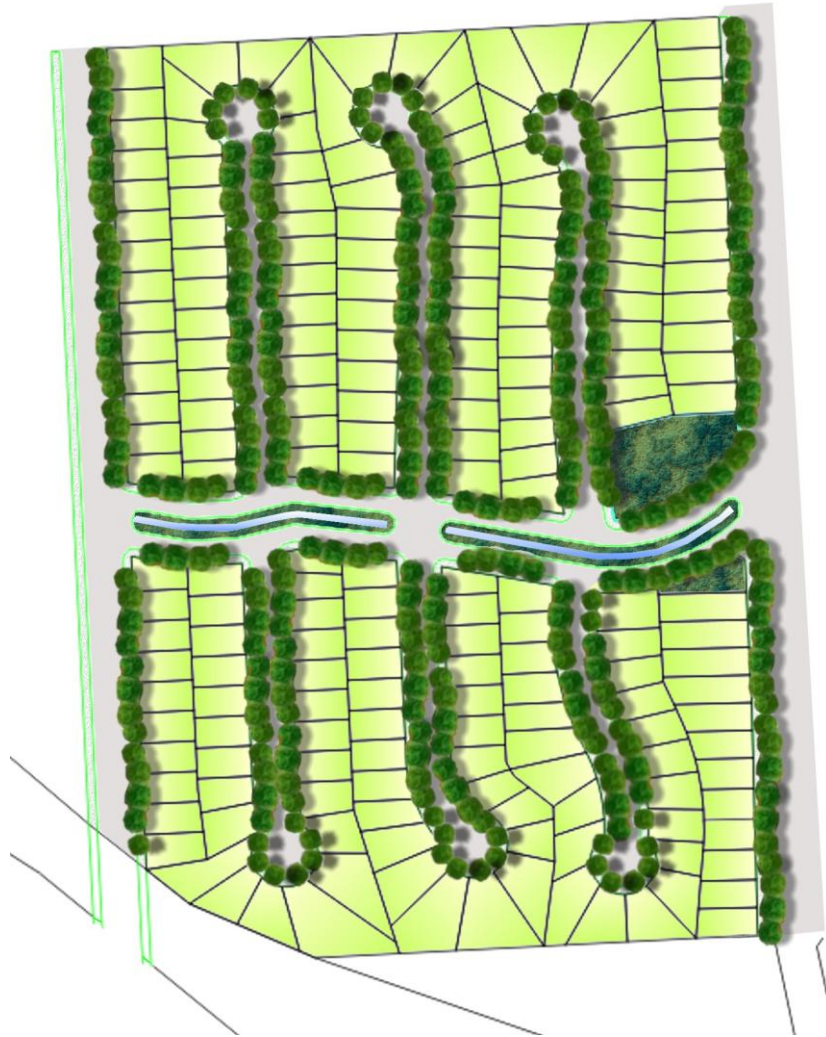


Figura N° 8: Loteo Alternativo DUBI

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 m² hasta 660 m², con una media de 254.65 m² y moda de 220 m².
- ❖ 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°9.

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	8.17												

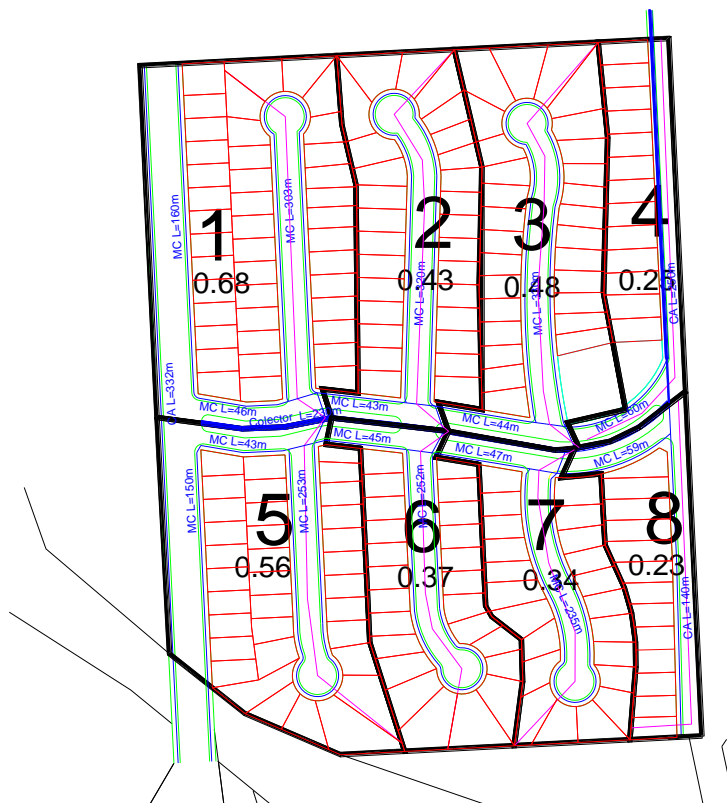


Figura N° 9 : Subcuencas urbanas escenario II

Diagrama Topológico

El diagrama de flujo de la figura N° 10 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.

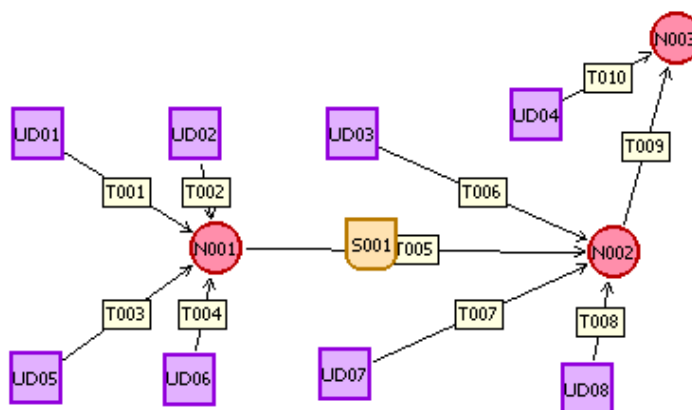


Figura N° 10: Diagrama topológico Escenario II

Hidrogramas Resultantes

Los resultados mostrados en la figura N° 11, como los hidrogramas en el nodo N003, para las distintas recurrencias son los siguientes:

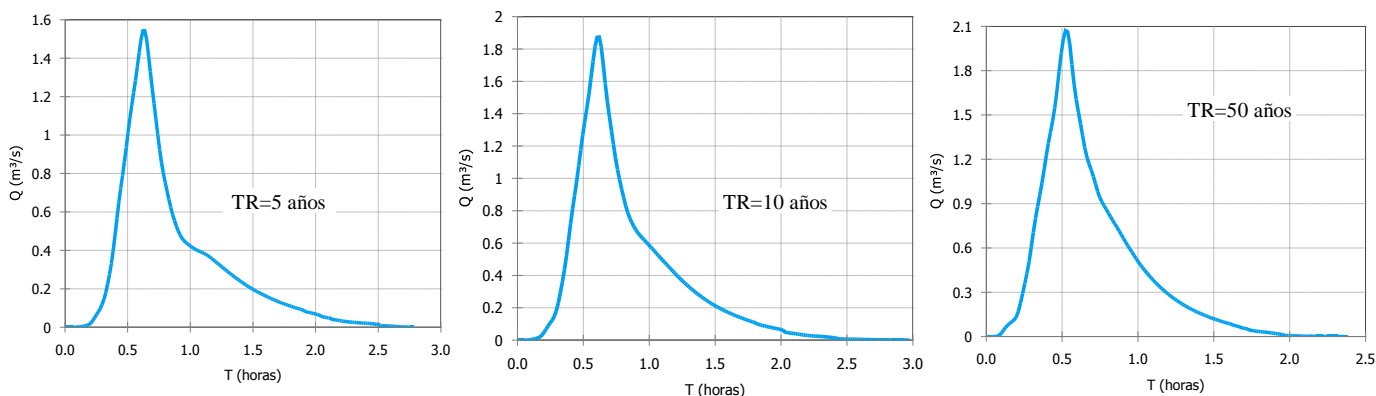


Figura N° 11: Hidrogramas para TR=5, 10 y 50 años. Escenario II

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°12:

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)
TR = 5 años	2.53	0.52	46.2	0.004	1.54	0.64	38.3	0.003
TR = 10 años	3.05	0.51	55.2	0.005	1.87	0.62	46.7	0.004
TR = 50 años	4.55	0.52	79.6	0.006	2.88	0.62	70.1	0.006

Hidrogramas de comparación TR=5, 10 y 50 años

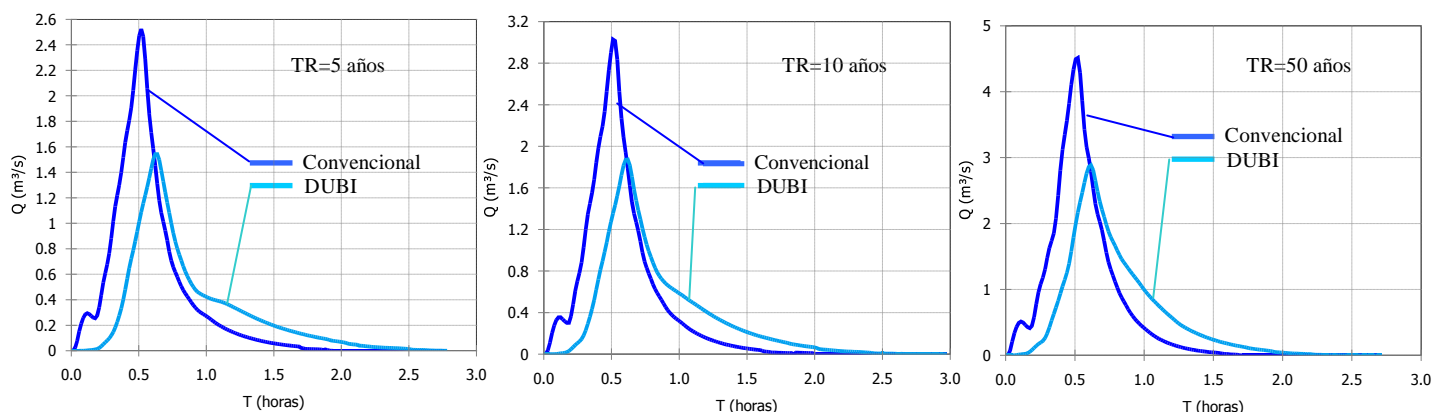


Figura N° 12: Comparación de Hidrogramas para TR=5, 10 y 50 años. Escenarios I y II

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)
TR = 5 años	39.1%	17.1 %	17%
TR = 10 años	32.2 %	15.4 %	15%
TR = 50 años	28.4 %	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° 13.

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 (m³/s)	Q (m³/s)	Tp (hs)	Q (m³/s)	Tp (hs)
TR = 5 años	2.53	0.52	1.54	0.64	0.90	0.64
TR = 10 años	3.05	0.51	1.87	0.62	1.17	0.64
TR = 50 años	4.55	0.52	2.88	0.62	2.03	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.

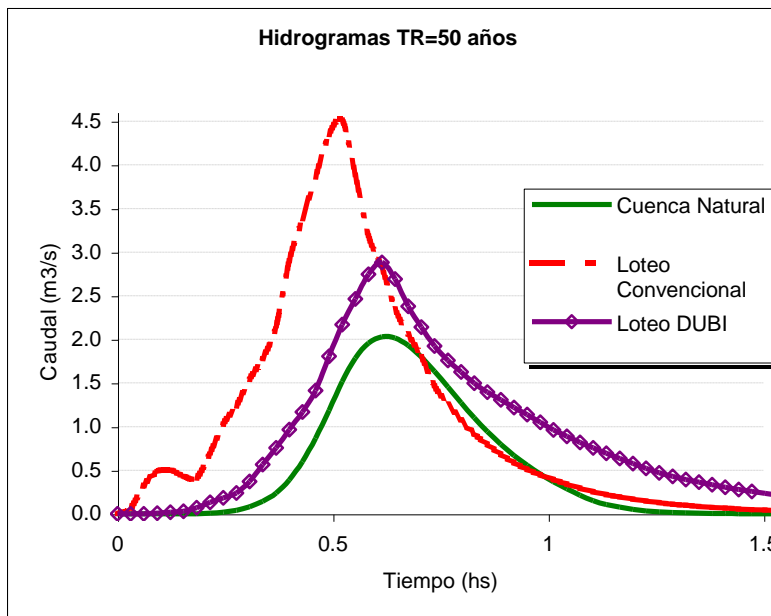
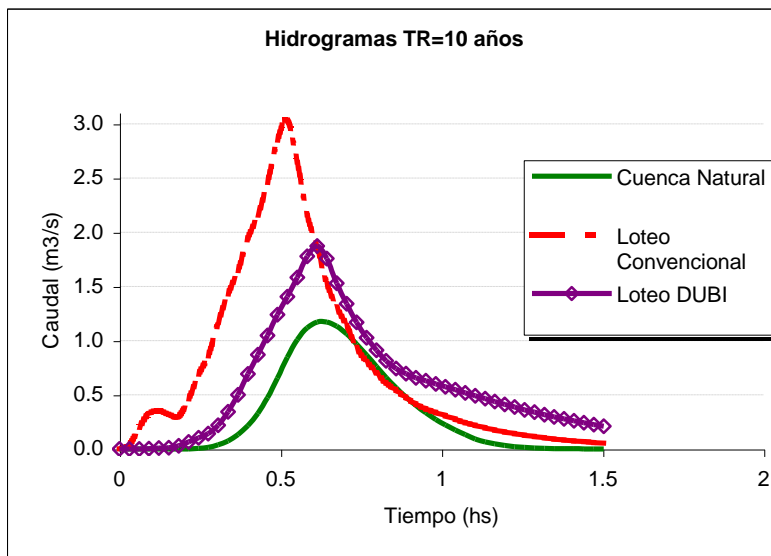
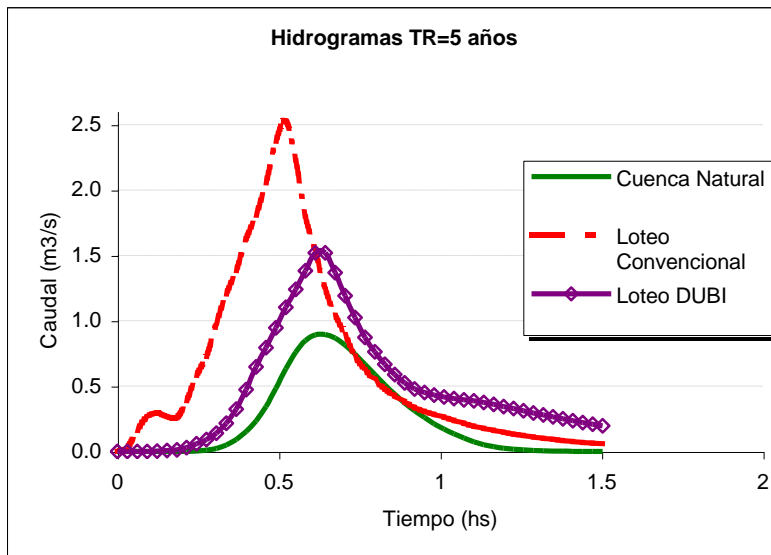


Figura N° 13: Comparación de Hidrogramas para TR=5, 10 y 50 años. Escenarios I, II y III

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°14.

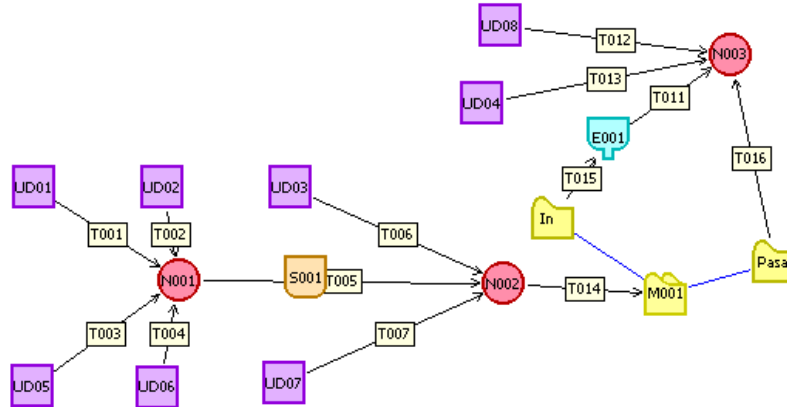


Figura N° 14: Topología de modelación para reservorio.

El predimensionado arroja, para un caudal erogado máximo de $0,55\text{m}^3/\text{s}$ un volumen necesario de 700m^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°15 y en la tabla N°6:

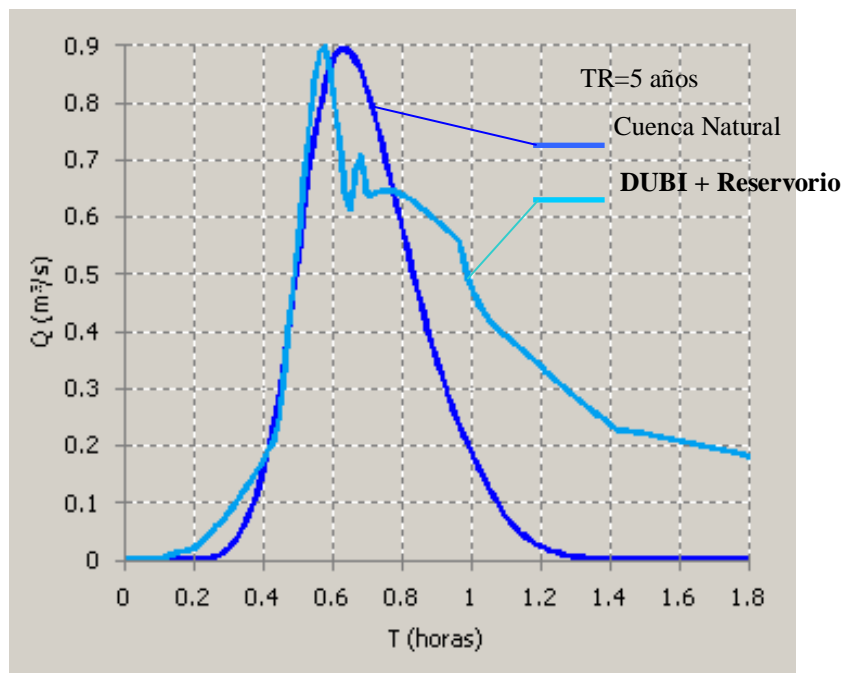


Figura N° 15: Hidrograma de salida para TR=5. Escenario IV

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 (m ³ /s)	Q (m ³ /s)	Q (m ³ /s)	Tp (hs)	Q (m ³ /s)	Tp (hs)
TR = 5 años	1.54	0.64	0.90	0.64	0.90	0.58
TR = 10 años	1.87	0.62	1.17	0.64	1.36	0.57
TR = 50 años	2.88	0.62	2.03	0.61	2.18	0.57

Comparación Económica entre loteo convencional y Desarrollo Urbano de Bajo Impacto

La segunda etapa del estudio consistió en analizar la diferencia económica que resultaría de la aplicación del DUBI en el mismo terreno donde actualmente se ejecuta el Barrio 8 de Abril. Para ello se utilizaron los mismos ítems 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 ítem 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 ítem y el subtotal del rubro tanto del Escenario I (Convencional) como del Escenario IV (DUBI). En la tabla N° 8 y figura N°16 se presenta un resumen de los costos por ítems.

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

Item	Descripción	U.	Cant.	\$ Rubro	Cant. DUBI	\$ Rubro DUBI
A. INFRAESTRUCTURA PUBLICA						
1	Sistema de abastecimiento de agua potable			\$ 222,173.56		\$ 192,180.58
1	Cañerías de distribución					
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
2	Válvulas					
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
3	Hidrantes					
3 10	Prov. y coloc. hidrante 90 mm. Incluye cámara	u	6.00			6.00
4	Conexiones domiciliarias					
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
2	Sistema de desagües cloacales			\$ 275,317.65		\$ 245,403.16
1	Cañerías					
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
2	Bocas de Registro					
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
4	Conexiones domiciliarias					
4 10	Ejecución de conexión domiciliaria cloacal	u	234.00			203.00
3	Sistema de desagües pluviales superficiales			\$ 436,136.54		\$ 467,911.41
1	Canales y CCB					
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
2	Alcantarillas					
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
3	Sistemas especiales					
3 10	Pozo infiltración (1x1x1,5)	un	0.00			203.00
3 11	Reservorio de detención	GI	0.00			1.00
3 12	Canal de entrada / salida . Vertederos	GI	0.00			1.00
4	Red Vial			\$ 339,127.48		\$ 175,921.21
1	Tareas previas					
1 20	Preparación terreno. Compactación subrasante	m2	34742.40			18022.50

2	Calzadas				
2 50	Enripiado	m2	34742.40		18022.50
7	Red Eléctrica y Alumbrado Público		\$ 221,834.22		\$ 195,531.83
1	Estructura de sostén				
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
2	Conductores				
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
3	Tablero de Alumbrado Público				
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
4	Luminarias				
4 20	Prov. y coloc. de luminarias de vapor de sodio	u	61		48
5	Red Domiciliaria				
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
9	Red peatonal		\$ 119,801.86		\$ 79,431.90
	(veredas, ochavas y puentes peatonales)				
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
10	Provisión y colocación de contenedores		\$ 22,123.44		\$ 18,804.93
1 10	Cestos de residuos	un	120.00		102.00
11	Provisión y Plantación de Árboles		\$ 14,574.93		\$ 18,218.67
1 10	Plantado de Arboles	un	240.00		300.00
12	Movimiento de Suelos		\$ 279,951.16		\$ 60,885.42
1 25	Perfilados de Terrenos	m2	55176		12000
Total Infraestructura Pública:			\$ 1,931,041		\$ 1,454,289

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
--------------	--------------

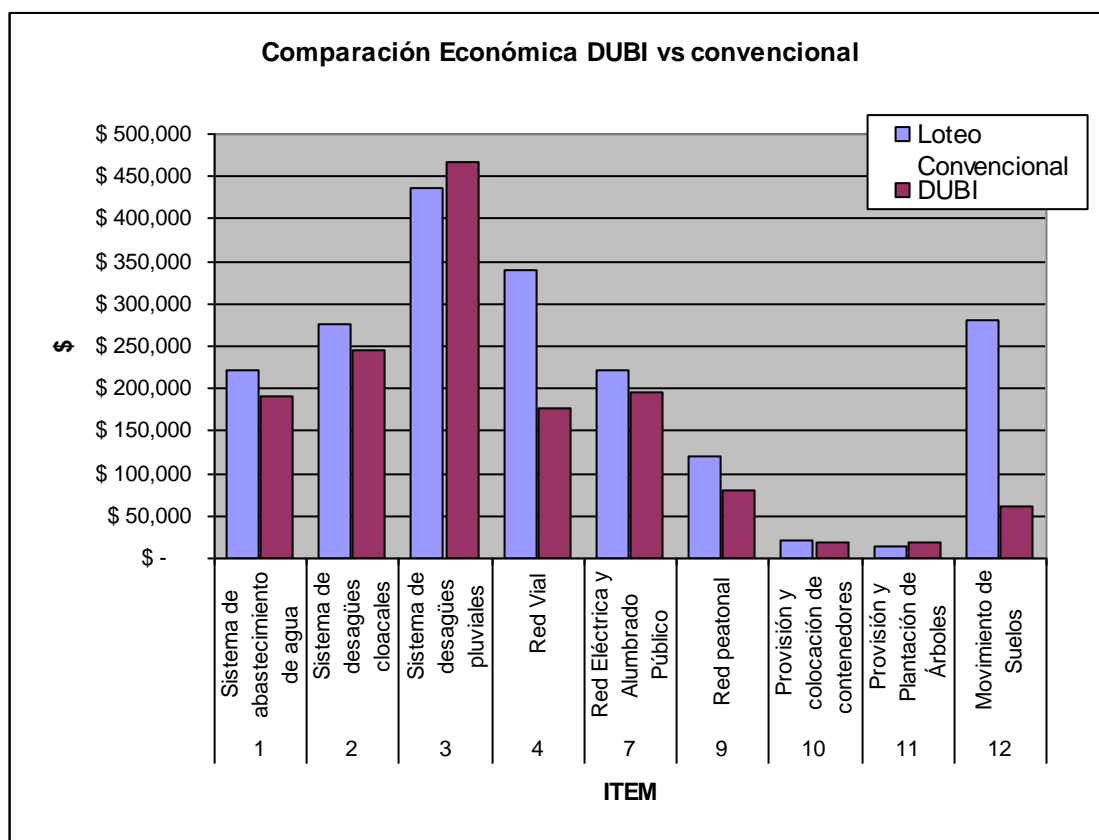


Figura N° 16 : Comparación económica por ítem

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Observando tanto las tablas de comparación como los hidrogramas de salida para los escenarios I y II, no sólo se reduce el pico del caudal casi en un 40% para TR=5 años y cerca del 30% para TR=50 años, sino que también su volumen, observándose además un pequeño desfasaje 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 igualar la condición de TR=5 años del estado preantrópico se necesitaría un reservorio de detención de 700m³ que amortigüe el hidrograma urbano.

Siguiendo la comparación económica se observa una reducción en el presupuesto por infraestructura básica para la urbanización de bajo impacto hidrológico respecto al loteo convencional que actualmente se sigue ejecutando en nuestra región. Si bien la reducción en cantidad de lotes llega al 13%, el costo de la urbanización desciende un 25% en contrapartida con la creencia común de que un loteo de este tipo incrementa los costos.

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.

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) Direccional 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 se pueda incluir dentro de sus funciones la de laminar crecidas mediante reservorios de detención o infiltración.

Como actividades futuras se considerará la implementación de estos sistemas en una operatoria de viviendas de manera de poder llevar a cabo un seguimiento de su funcionamiento en eventos de precipitación con recurrencias similares a las de análisis. Asimismo 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** (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.