

Informe de Factibilidad de
Aguas Lluvias
Modificación PRC de San
Antonio – sector Portuario Sur

Agosto 2012



La Concepción N° 65, Providencia.

Fono: 264 15 41

ÍNDICE GENERAL

1.	INTRODUCCIÓN.....	5
2.	AREA DE ESTUDIO	6
3.	ESTUDIOS BASICOS.....	8
4.	INFRAESTRUCTURA EXISTENTE	8
5.	PATRÓN DE DRENAJE	10
6.	EROSION Y DEFORESTACION	11
7.	DIAGNÓSTICO DE LOS SISTEMAS DE EVACUACION Y DRENAJE	SEGÚN EL PLAN
	MAESTRO.....	11
	BASES PARA LA MODELACIÓN	11
	DIAGNÓSTICO	11
	? SECTOR SAN ANTONIO BAJO	11
	? SECTOR BARRANCAS BAJO	12
	SECTOR LLO LLEO BAJO	12
8.	SOLUCIONES PROPUESTAS POR EL PLAN MAESTRO.....	13
	8.1 SOLUCIONES PROPUESTAS POR EL PLAN MAESTRO PARA EL AREA DE ESTUDIO.....	13
9.	SOLUCIÓN PROPUESTA PARA EL PROYECTO	15
	9.1 ESTUDIO HIDROLÓGICO.....	15
	9.1.1 CURVAS DE INTENSIDAD - DURACIÓN - FRECUENCIA.....	15
	9.1.2 PRECIPITACIÓN E INTENSIDAD CON DURACIÓN MENOS QUE 1 HORA.	17
	9.1.2 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN DE DISEÑO.	21
	9.2 DETERMINACIÓN DE CAUDALES PARA EL DISEÑO	24
	9.3 DISEÑO CONDUCCIÓN AGUAS LLUVIAS.....	27
	9.4 VERIFICACIÓN HIDRÁULICA.....	27
10.	CONCLUSIONES	29
11.	ANEXOS.....	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Área del Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias de San Antonio y Cartagena.	6
Figura 2.2 Área de factibilidad de agua Lluvias	7
Figura 8.1 Red de canales colectores propuesta por el Plan Maestro de Aguas Lluvias	14
Figura 9.1: grafico de las curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia	20
Figura 9.3: Subdivisión de Áreas aportantes para sistema de evacuación aguas lluvias.	25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1. Cauces naturales catastrados.....	9
Tabla 5.1: Subcuencas y Sistemas del patrón de drenaje	10
Tabla 9.1: Coeficientes de frecuencia para T años de periodo de retorno.	16
Tabla 9.2: Coeficientes de duración para t horas.	16
Tabla 9.3: Precipitaciones entre 1 y 24 horas para distintos periodos de retorno.	17
Tabla 9.4: Precipitaciones entre 5 y 60 minutos para distintos periodos de <i>retorno</i>	18
Tabla 9.5: Intensidades de lluvia entre 1 y 24 horas.....	19
Tabla 9.6: Intensidades de lluvia entre 5 y 60 minutos.....	19
Tabla 9.7: Coeficientes de escurrimiento.....	21
Tabla 9.8: Tiempos de concentración (minutos).	23
Tabla 9.9.: Caudales de diseño.	26
Tabla 9.10.: Dimensiones interiores de los canales.	27

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe busca determinar la factibilidad del sistema de drenaje y de evacuación de aguas lluvias, para los sectores incorporados en la modificación del plan regulador comunal de San Antonio- sector portuario sur, especialmente para este sector, dado que dicho sector estará destinado a la infraestructura portuaria para nuevos proyectos a gran escala, así como para el sector norte, el cual quedará destinado para nuevos equipamientos urbanos con desarrollo turístico.

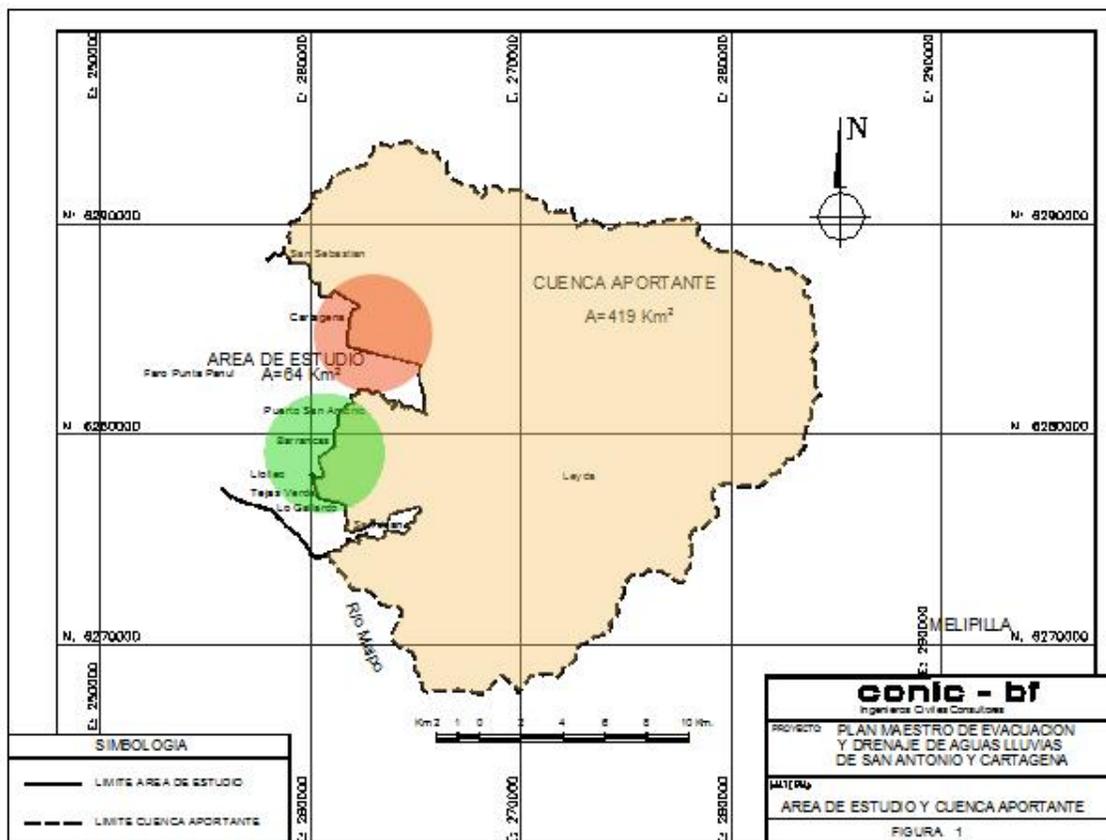
Los estudios presentados se basan principalmente en el “Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias de San Antonio y Cartagena, V Región”, el cual se desarrolló por parte del Ministerio de Obras Publicas en el marco del mandato de la Ley 19.525, con el fin de tener control de las inundaciones en esta ciudad.

Dado que el plan maestro solo considera del área sur, el lado norte de la laguna, se agrega al presente informe un estudio hidrológico, el cual cumple el objetivo de determinar la escorrentía superficial de aguas lluvias para el diseño de parcelas y caminos del proyecto, entregando de esta manera la solución óptima de drenaje y de evacuación de aguas lluvias.

2. AREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra incluida en el “Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias de San Antonio y Cartagena, V Región,(ver figura 2.1) este abarcan aproximadamente 64 km2 donde se identifican los siguientes sectores: San Sebastián, Cartagena, San Antonio, Barrancas, Lollole y San Juan - Lo Gallardo, estos se encuentran bajo la influencia de un clima templado subtropical mediterráneo, con precipitaciones medias anuales de 450mm.

Figura 2.1 Área del Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias de San Antonio y Cartagena.



El área de estudio del sistema de drenaje y de evacuación de agua lluvia de interés para este informe, corresponde al sector sur, específicamente la zona de LloLleo- Barrancas y el borde costero del sector norte (ver figura 2.2). Los cursos naturales que se encuentran en esta zona corresponden al Estero LloLleo , Rio Maipo, quebrada Norte, Estero Arévalo, quebrada Huallepén y Estero San Juan .

Figura 2.2 Área de factibilidad de agua Lluvias



3. ESTUDIOS BASICOS

Los estudios básicos realizados en el Plan Maestro para la zona en estudio son los siguientes:

Estudios de precipitaciones: donde se estableció las precipitaciones máximas anuales en 24 hr, para diferentes periodos de retornos y en diferentes estaciones pluviométricas, además se realizaron curvas IDF y el hietograma de diseño.

Estudio de suelos: se analizó la geomorfología de la cuenca aportante, las zonas con riegos geomorfológicos, el uso actual y futuro del suelo urbano y los parámetros de escorrentía actuales y futuros.

Estudio de crecidas: se estimaron los caudales de crecidas de los cauces naturales (quebradas y esteros) que atraviesan el área de estudio, así como también de aquellos cuyos trazados se desarrollan por fuera del área de estudio, pero tienen influencia directa en la evacuación de las aguas lluvia.

Niveles de marea: el fin de este estudio es proponer una cota máxima de marea de diseño, para ver los efectos de esta en el nivel de aguas de algunos cauces, que desembocan en el mar o muy próximo a él

4. INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

Según lo establecido por el plan maestro las redes de Colectores existentes están conformadas por 13.000 m de colectores, 365 cámaras de inspección, 529 sumideros y 159 descargas. Que no forman parte de un sistema integrado y planificado de evacuación y drenaje de las aguas lluvia, sino que corresponden a obras destinadas a resolver problemas locales.

De estas la mayor parte de las redes existentes se concentran en San Antonio (39 %), Barrancas (24 %) y Lollole (26 %).

En la actualidad son 63 los canales urbanos (zanjas), que considera el plan maestro para la evacuación de las aguas lluvia, totalizando una longitud de unos 12.400 m, de los cuales un 12% corresponde a Lollole, un 25% San Antonio un 9% en Barrancas y 38% en San Juan. Por otro lado también considera un total 19.500 m de cauces naturales clasificados En la Tabla 1 de acuerdo al sector en el que se ubican e indicando el cuerpo receptor al que descargan.

Tabla 4.1. Cauces naturales catastrados.

Sector	Cauce natural	Descarga	Longitud del cauce (m)
Cartagena	Estero Cartagena	Mar	2.000
	Quebradas de Cartagena (Las Mercedes (1), El Tranque y Lollole)	Mar	2.500
	Quebrada Afluente Lollole	Quebrada Lollole	500
	Quebradas menores	Sitios eriazos y mar	1.450
San Antonio	Estero Arévalo (1)	Mar	1.800
	Estero Huallipén (1)	Estero Arévalo	1.200
	Quebradas Av. San Antonio de las Bodegas (1)	Estero Arévalo	1.100
	Quebradas menores	Mar	750
Lollole	Estero El Sauce	Río Maipo	3.300
San Juan	Estero San Juan	Río Maipo	3.600
	Canal embalse San Juan	Estero San Juan	1.100
	Quebradas menores	Estero San Juan	200

Tal como se puede apreciar en la tabla 4.1, el Sauce constituye el canal colector natural para el área, existe técnicamente la posibilidad de descargar las aguas lluvias a dicho canal, en particular considerando que el área en estudio colinda con el este estero en su límite sur –oriente, lo que sumado a no existe población aguas debajo de dicho punto, la constituye en una solución alternativa de factibilidad de solución de las aguas lluvias generadas en el área de estudio.

5. PATRÓN DE DRENAJE

Según lo establecido en el plan maestro la forma dinámica que funciona el área de estudio en relación al origen, captación, transporte y evacuación de las aguas lluvias, se compone de los cauces naturales, quebradas, esteros, etc. Considerando como unidades independientes básicas de análisis las denominadas “subcuencas”, las que mayoritariamente corresponden a las hoyas hidrográficas de los cauces naturales (esteros o quebradas) existentes en el área en estudio, son posibles de ser clasificadas según se puede apreciar en la tabla 2 que se presenta a continuación:

Tabla 5.1: Subcuencas y Sistemas del patrón de drenaje

Sectores	Subcuenca	Sistemas
San Sebastián	Estero La Cigüeña	Estero La Cigüeña
	-	Costanera del Mar
Cartagena	Estero Cartagena	Estero Cartagena
		San Sebastián
		Variante San Sebastián
		Variante San Sebastián Alto
		Playa Grande
	Quebrada El Tranque- Las Mercedes	Quebrada El Tranque
		Quebrada Las Mercedes
	Quebrada Lollole	Quebrada Lollole
	-	San Martín - La Marina
	-	Quebrada Antiguo Camino a San Antonio
-	Las Toninas	
San Antonio	Estero Arévalo	Estero Arévalo
		Quebradas San Antonio de las Bodegas
		Quebrada La Feria
		Estero Huallipén
	-	Bello Horizonte
	-	La Virgen1
	-	La Virgen2
	-	Punta Panul
-	Cementerio	
Barrancas	-	Luis Reuss
	-	El Molo
Lollole	Estero El Sauce	Estero El Sauce
		Lagunas de Lollole
		Luis Uribe
		Circunvalación Los Aromos
		José María Caro
		García Hurtado de Mendoza
		Centro Lollole
		-
-	Eucaliptus - Av. Chile	
San Juan – Lo Gallardo	Estero San Juan	Estero San Juan
		Camino Leyda
		Camino San Juan
		Callejón del Diablo
	-	

6. EROSION Y DEFORESTACION

La I. Municipalidades de San Antonio y Cartagena promuevan la implementación de planes de manejo forestal, control de erosión y preservación y mejoramiento de la cobertura vegetal, estos planes son apoyados por CONAF, debido a que las obras de urbanización generalmente, tienen tendencia a la deforestación y deterioro en la conservación de los suelos, adicionalmente este apoyo se ve complementado con un plan de contingencia para enfrentar incendios forestales.

7. DIAGNÓSTICO DE LOS SISTEMAS DE EVACUACION Y DRENAJE SEGÚN EL PLAN MAESTRO

Bases para la Modelación

El diagnóstico del sistema de evacuación y drenaje de aguas lluvias existentes en el área de estudio, es abordado en el plan maestro mediante estudios de simulación hidrológica e hidráulica, con las situaciones actuales y una situación futura. Para lo anterior, se modeló computacionalmente las redes de colectores y elementos anexos existentes, de manera de evaluar su comportamiento ante las lluvias de diseño establecidas para diferentes períodos de retorno.

Diagnóstico

La información obtenida y detallada en el plan maestro se basa especialmente de los recorridos de terreno en los días de lluvia y las informaciones de prensa recopilada, además de los resultados de la modelación. De esta manera, los principales aspectos abordados en el diagnóstico parazona de estudio son los siguientes:

- **Sector San Antonio Bajo**

El problema de desborde del estero Arévalo, se debe fundamentalmente a obstrucciones de las secciones de entrada del tramo abovedado, y a la falta de capacidad de conducción de éste. Además en todo este tramo no existen cámaras de inspección que faciliten la limpieza del ducto. Según los resultados del modelo de simulación aplicado para una tormenta de período de retorno de 25 años, en los tramos finales del sector abovedado, los caudales máximos exceden del orden de un 10 % la capacidad de conducción en la situación actual y aproximadamente en un 11 % en la situación futura.

Además en el tramo que se extiende entre el puente de Av. Centenario y la entrada del tramo abovedado, la canalización existente se observa con daños estructurales en los muros laterales, lo

que en ocasiones ha producido el desplome de parte de ellos reduciendo la capacidad de conducción del cauce y facilitado el desborde del estero.

El problema de anegamientos locales, se debe fundamentalmente a la falta de capacidad de captación de las obras de evacuación de aguas lluvias existentes y a una inadecuada limpieza de los sumideros.

El estero Huallipén no presenta obras de protección de laderas ni de encauzamiento. En la situación específica de calle Ortúzar existe una obra de arte de cruce bajo camino que se encuentra mal emplazada y con capacidad de conducción insuficiente.

- **Sector Barrancas Bajo**

A lo largo de toda la Av. Barros Luco se producen grandes anegamientos por irrupción de flujos de aguas desde los sectores más altos de Barrancas y por insuficiencia de la red de colectores existentes en el área. Esta situación se ve agravada en calle Angamos debido a la inexistencia de infraestructura de evacuación de aguas lluvia y se intensifica producto de la falta de pendiente para evacuar gravitacionalmente las aguas acumuladas.

Con respecto a las principales vías de escurrimiento de aguas, que evacuan el sector alto de Barrancas, estas calles no presentan infraestructura adecuada para conducir los grandes caudales que se generan.

La acumulación de sedimentos en la parte baja de la ciudad, se debe fundamentalmente a la falta de pavimentación de calles en el sector alto de Barrancas.

En calle 21 de mayo existen varios sumideros que descargan directamente sobre el talud y en algunos casos al pie del cerro, situación que ha provocado los problemas de estabilidad y erosión de éste. Además, el flujo que baja hacia 21 de Mayo, eventualmente sobrepasa las obras de defensa construidas al borde del terraplen.

Sector Llo Lleo Bajo

Los desbordes del estero San Pedro, son producto de una serie de factores que afectan directamente su capacidad de conducción hidráulica. Entre los factores principales detectados, cabe mencionar una pendiente longitudinal baja, influencia directa del nivel de las aguas del río Maipo y del mar, y ocupación desmedida de las riberas del cauce.

Las inundaciones que se producen en el sector céntrico de la ciudad, se deben a una insuficiente e ineficiente infraestructura de captación y conducción de las aguas lluvias que se concentran en la zona baja. Por falta de colectores y sistemas de sumideros interceptores en las zonas altas, se produce una irrupción concentrada de flujos de agua hacia las zonas más bajas y planas.

La acumulación de agua del sector poniente, se produce por obras de evacuación de capacidad insuficiente y/o influenciada por el nivel del estero San Pedro.

8. SOLUCIONES PROPUESTAS POR EL PLAN MAESTRO

Las soluciones establecidas en el plan maestro consideran los diferentes sistemas definidos en el área de estudio y para un escenario futuro del uso del suelo (año 2030), adoptando como criterio base la optimización de la infraestructura de evacuación de aguas lluvia existente.

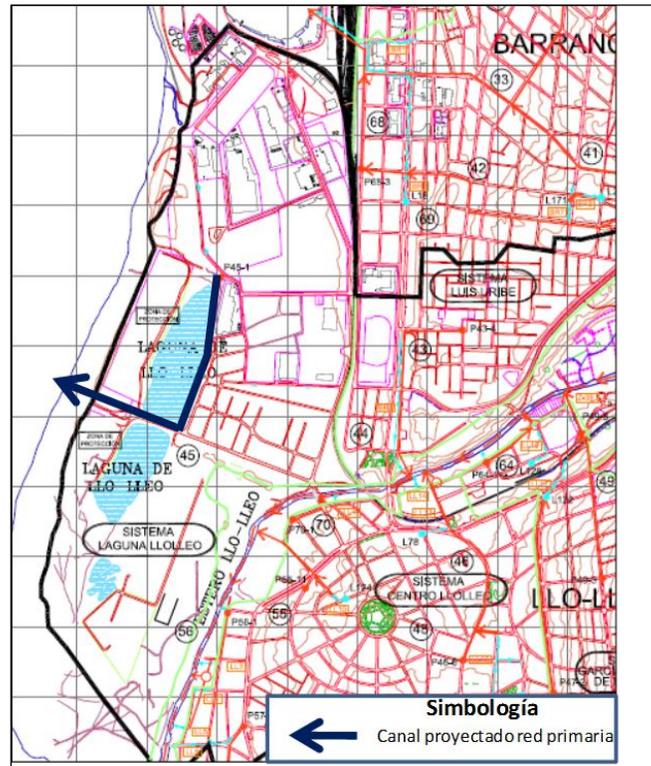
Considerando tres grupos de soluciones, el primero conformado por redes de colectores, canales y/o plantas de bombeo en el área urbana, los cuales se han diseñado para períodos de retorno de 2 y 5 años. El segundo grupo, está asociado al mejoramiento de los cauces naturales y sus obras de arte correspondientes, y el tercer tipo corresponde a las soluciones para las áreas de expansión urbana, las que están basadas fundamentalmente en la utilización de los cauces naturales o quebradas que constituyen los cuerpos receptores de las aguas lluvias.

Las obras propuestas en el Plan Maestro, recomiendan medidas no estructurales que deben considerarse para un adecuado funcionamiento de la red de aguas lluvia propuesta. Estas medidas están relacionadas básicamente con los siguientes aspectos:

- Planificación y reglamentación sobre los cauces y usos del suelo.
- Manejo de las aguas lluvias en futuras urbanizaciones.
- Actividades educativas y de comunicación.
- Medidas de tipo institucional y reglamentario.
- Medidas de tipo económicas – administrativas.

8.1 SOLUCIONES PROPUESTAS POR EL PLAN MAESTRO PARA EL AREA DE ESTUDIO

En primer lugar se debe señalar, que el Plan Maestro de Aguas Lluvias, solamente contempla una solución para el área de desarrollo que se localiza al oriente de la laguna norte, tal como se indica en el Plan, la solución propuesta consiste en implementar un sistema recolector de agua lluvias en el sector norte (laguna norte), a través de un canal que se extiende desde calle Pablo Neruda hasta Avenida la playa, para luego prolongarse por esta vía hasta el mar (ver figura 8.1), no generando de esta manera problemas de anegamiento aguas debajo.

Figura 8.1 Red de canales colectores propuesta por el Plan Maestro de Aguas Lluvias

Desde Avenida a la playa hacia el sur considerando la laguna sur de Lolloleo, el plan maestro no genera una solución en particular, dado que esa área no tiene desarrollo ni ocupación en la actualidad, no obstante ello, tanto el área norte como el área sur pertenece a un solo proyecto portuario, por lo que se presentara una solución conjunta para ambos sectores.

Según lo que establece el plan maestro con respecto al área comprendida en el sector portuario norte, esta no requiere la generación de canales de aguas lluvia, ya que cuenta con áreas de evacuación natural, debido a su geografía.

9. SOLUCIÓN PROPUESTA PARA EL PROYECTO

En primer lugar cabe señalar, que el Plan Maestro de Aguas Lluvias, solamente contempla una solución para el área de desarrollo que se localiza al oriente de la laguna norte. Para establecer una solución concreta a todo el proyecto tal como establece el plan maestro, se realiza en primera instancia un estudio hidrológico con el objetivo de determinar la situación existente y la definición de posibles soluciones de saneamiento de aguas lluvias al proyecto.

9.1 ESTUDIO HIDROLÓGICO

A continuación se presentan los cálculos realizados para el diseño del sistema de evacuación de aguas lluvias de la zona sur del proyecto, que consisten en la caracterización pluviométrica del lugar, para lo cual se determinarán las curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia).

9.1.1 Curvas de Intensidad - Duración - Frecuencia.

La confección de las curvas IDF consiste principalmente en la determinación de la intensidad media de la lluvia (), asociada a un periodo de retorno T y a una duración igual a t horas.

a) Precipitación e Intensidad con duración entre 1 y 24 horas.

Cuando no existen datos pluviográficos en la zona de interés, pueden estimarse las curvas IDF, siguiendo un procedimiento que considera la lluvia máxima diaria con 10 años de periodo de retorno, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$P_t^T = K \cdot CD_t \cdot CF_T \cdot P_{24}^{10}$$

Dónde:

- P_t^T : Lluvia con periodo de retorno T y duración t horas (mm/h).
- K : Coeficiente de corrección para precipitación máxima diaria, $K = 1,1$.
- CD_t : Coeficiente de duración para t horas.
- CF_T : Coeficiente de frecuencia para T años de periodo de retorno.
- P_{24}^{10} : Precipitación máxima diaria para periodo de retorno de 10 años (mm).

En las tablas 9.1 y 9.2 se muestran los coeficientes de frecuencia y duración respectivamente, asociados a distintos períodos de retorno, recomendados por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo en su manual Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas Lluvias en Sectores

Urbanos.

Tabla 9.1: Coeficientes de frecuencia para T años de periodo de retorno.

	Periodo de Retorno (años)					
	2	5	10	25	50	100
CF_T	0,58	0,83	1,00	1,17	1,39	1,56

Tabla 9.2: Coeficientes de duración para t horas.

	Duración (horas)									
	1	2	4	6	8	10	12	14	18	24
CD_t	0,14	0,23	0,33	0,42	0,55	0,64	0,70	0,78	0,90	1,00

Se obtuvo la precipitación máxima en 24 horas para un periodo de retorno de 10 años basado en el Estudio Básico de Aguas Lluvias y Estudio Hidrológico del proyecto, cuyo valor es de **89,4 mm**.

En la tabla 9.3 se muestran los resultados de las precipitaciones en milímetros calculadas para la zona, asociadas a distintos periodos y a duraciones entre 1 y 24 horas.

Tabla 9.3: Precipitaciones entre 1 y 24 horas para distintos periodos de retorno.

<i>Periodo de Retorno (años)</i>	<i>Duración (horas)</i>									
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>4</i>	<i>6</i>	<i>8</i>	<i>10</i>	<i>12</i>	<i>14</i>	<i>18</i>	<i>24</i>
2	7,99	13,12	18,82	23,96	31,37	36,50	39,93	44,49	51,33	57,04
5	11,43	18,77	26,94	34,28	44,89	52,24	57,14	63,67	73,46	81,62
10	13,77	22,62	32,45	41,30	54,09	62,94	68,84	76,71	88,51	98,34
25	16,11	26,46	37,97	48,32	63,28	73,64	80,54	89,75	103,5	115,0
50	19,14	31,44	45,11	57,41	75,18	87,48	95,68	106,6	123,0	136,6
100	21,48	35,28	50,63	64,43	84,38	98,18	107,3	119,6	138,0	153,4

9.1.2 Precipitación e Intensidad con duración menos que 1 hora.

Para precipitaciones de duración menor a 1 hora, en manual Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas Lluvias en Sectores Urbanos se recomienda la aplicación de la expresión propuesta por Bell que ha sido corregida en Chile. De este modo, la precipitación se estima de la siguiente forma:

$$P_t^T = (0,21 \ln T + 0,52) (0,54 t^{0,25} - 0,50) P_{60}^{10}$$

Dónde:

P_t^T : Lluvia con periodo de retorno T y duración t minutos (mm/m).

t : Tiempo en minutos.

T : Periodo de retorno.

P_{60}^{10} : Precipitación máxima en 1 hora para periodo de retorno de 10 años (mm).

En la tabla 9.4 se muestran los resultados de las precipitaciones en milímetros calculadas para la zona, asociadas a distintos periodos y a duraciones entre 5 y 60 minutos.

Tabla 9.4: Precipitaciones entre 5 y 60 minutos para distintos periodos de retorno.

Periodo de Retorno (años)	Duración (minutos)							
	5	10	15	20	30	40	50	60
2	2,82	4,22	5,16	5,88	7,00	7,86	8,58	9,19
5	3,63	5,44	6,65	7,58	9,02	10,14	11,06	11,85
10	4,25	6,36	7,77	8,87	10,55	11,85	12,93	13,86
25	5,06	7,58	9,27	10,57	12,58	14,13	15,41	16,51
50	5,68	8,50	10,39	11,86	14,11	15,85	17,29	18,52
100	6,30	9,42	11,52	13,14	15,64	17,57	19,16	20,53

Finalmente la intensidad de lluvia se calcula mediante la siguiente expresión

$$I_t^T = P_t^T / (t / 60)$$

Dónde:

I_t^T : Intensidad en mm/h

t : Tiempo en minutos.

P_t^T : Lluvia con periodo de retorno T y duración t horas (mm/h).

En las tablas 9.5 y 9.6 se muestran los resultados de las intensidades de lluvia calculadas para el lugar en estudio, asociada a distintos periodos de retorno y a duraciones entre 1 y 24 horas y 5 y 60 minutos.

Tabla 9.5: Intensidades de lluvia entre 1 y 24 horas.

<i>Periodo de Retorno (años)</i>	<i>Intensidad para una duración (horas)</i>									
	1	2	4	6	8	10	12	14	18	24
2	7,99	6,56	4,71	3,99	3,92	3,65	3,33	3,18	2,85	2,38
5	11,43	9,39	6,73	5,71	5,61	5,22	4,76	4,55	4,08	3,40
10	13,77	11,31	8,11	6,88	6,76	6,29	5,74	5,48	4,92	4,10
25	16,11	13,23	9,49	8,05	7,91	7,36	6,71	6,41	5,75	4,79
50	19,14	15,72	11,28	9,57	9,40	8,75	7,97	7,62	6,83	5,70
100	21,48	17,64	12,66	10,74	10,55	9,82	8,95	8,55	7,67	6,39

Tabla 9.6: Intensidades de lluvia entre 5 y 60 minutos.

<i>Periodo de Retorno (años)</i>	<i>Intensidad para una duración (minutos)</i>							
	5	10	15	20	30	40	50	60
2	33,81	25,31	20,63	17,65	14,00	11,79	10,29	9,19
5	43,59	32,62	26,59	22,75	18,04	15,20	13,27	11,85
10	50,98	38,16	31,10	26,61	21,11	17,78	15,52	13,86
25	60,76	45,47	37,06	31,71	25,15	21,19	18,49	16,51
50	68,15	51,01	41,57	35,57	28,21	23,77	20,74	18,52
100	75,54	56,54	46,08	39,43	31,27	26,35	22,99	20,53

En la figura 9.1 se muestra el resultado grafico de las curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia.

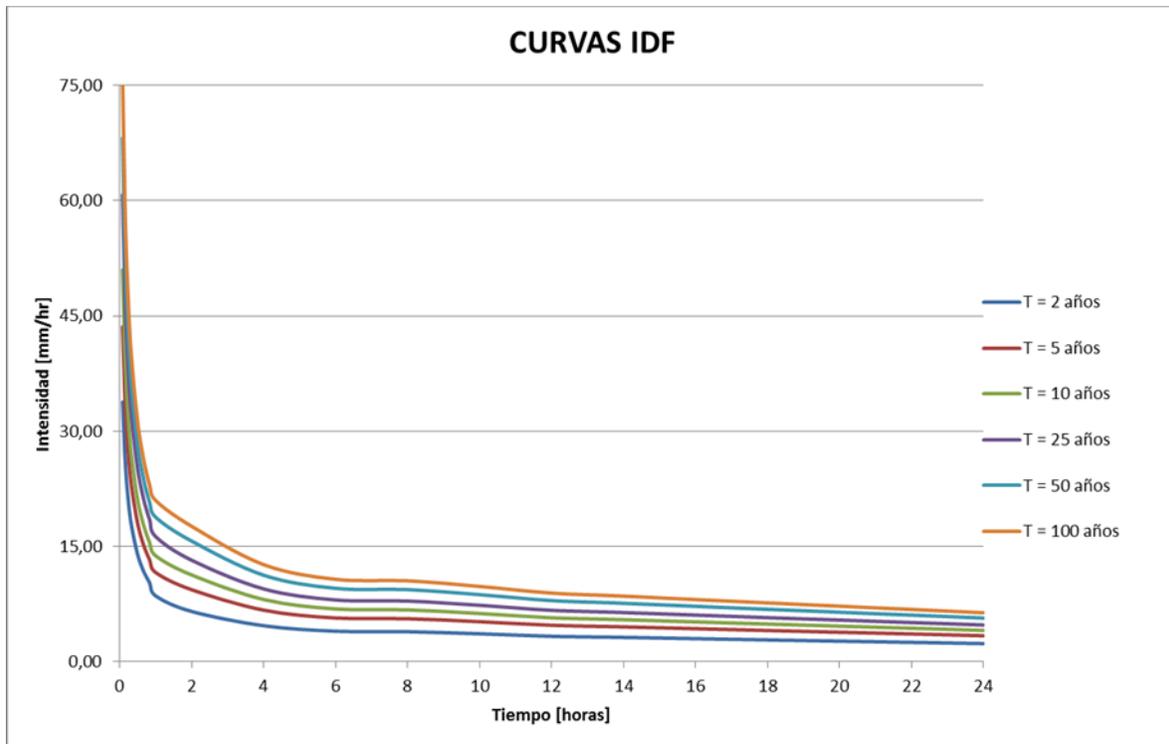


Figura 9.1: grafico de las curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia

Estas curvas muestran el comportamiento de las precipitaciones en el lugar en estudio en relación a distintos periodos de retorno y tiempos de duración del evento de precipitación.

Se asocia como lluvia de diseño la curva asociada a 10 años de periodo de retorno.

9.1.2 Tiempo de Concentración de diseño.

Para seleccionar la duración de la lluvia de diseño, se tiene que determinar el tiempo de concentración para asegurar que la superficie aportante es la máxima y así obtener el máximo caudal a la salida.

El tiempo de concentración se define como el tiempo necesario para que la partícula de agua hidráulicamente más alejada alcance la salida.

El tiempo de concentración se calculará mediante la expresión de la Federal Aviation Agency (1970) recomendado por el Manual de Carreteras Volumen 3.

$$T_c = \frac{3,26 \cdot (1,1 - C) \cdot L^{0,5}}{(100 \cdot S)^{0,33}}$$

Dónde:

- T_c : Tiempo de concentración (min).
 C : Coeficiente de Escurrimiento.
 L : Longitud del flujo superficial (m).
 S : Pendiente superficie (m/m)

De acuerdo al Manual de Carreteras Volumen 3, el coeficiente de escurrimiento C para pavimentos de adoquín y pavimentos asfálticos se muestra en la siguiente tabla 9.7.

Tabla 9.7: Coeficientes de escurrimiento.

Tipo terreno	Coeficiente de escurrimiento
Pavimentos de adoquín	0,50-0,70
Pavimentos asfálticos	0,70-0,95

De forma conservadora se adoptara el valor máximo, así el coeficiente de escurrimiento para adoquines será de 0,7 y para pavimento asfáltico será de 0,95.

En la figura 9.2 se muestra la distribución de áreas aportantes para el sistema de evacuación de aguas lluvia propuesta, la cual consta de tres colectores principales.

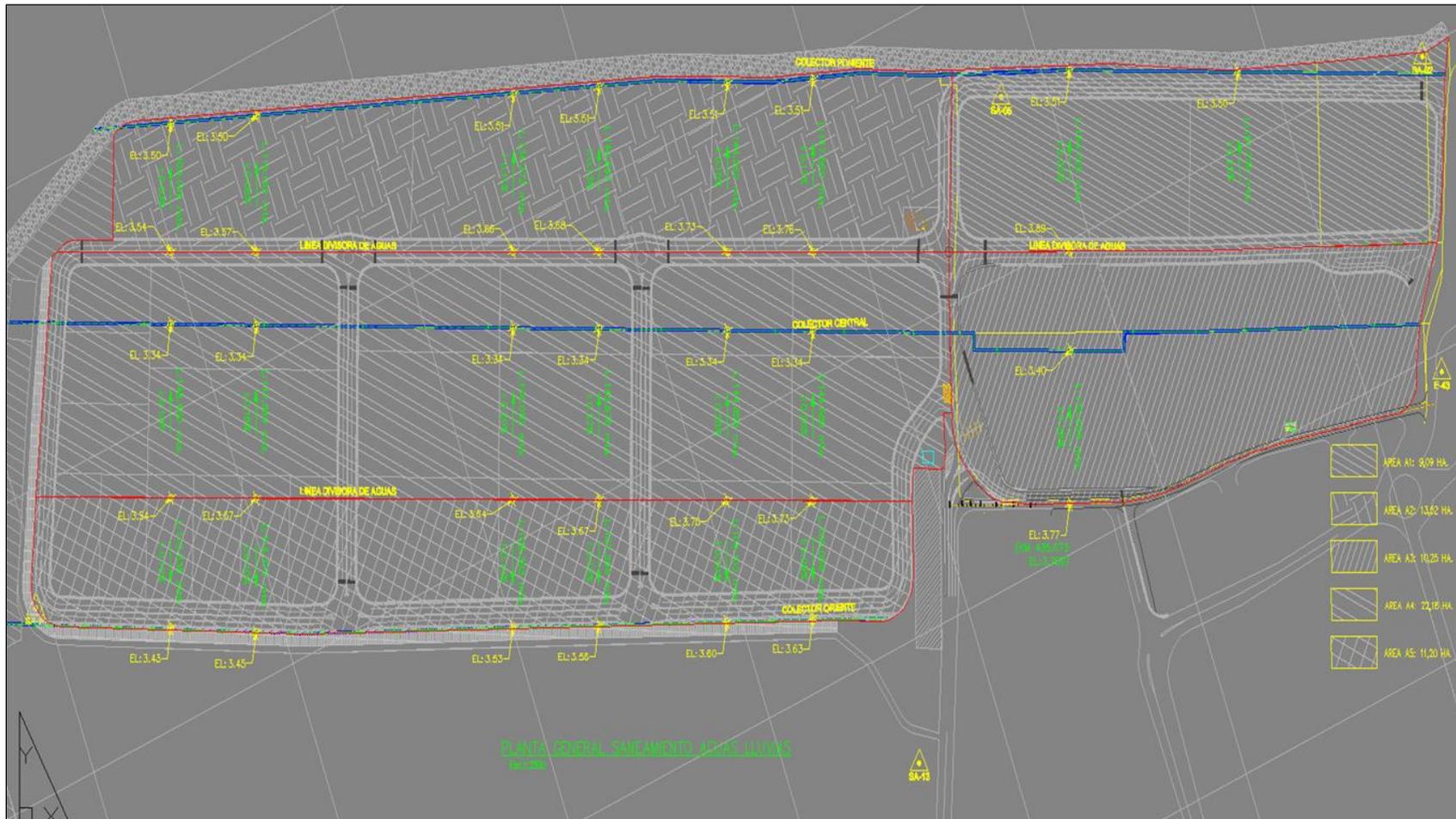


Figura 9.2 Áreas aportantes para sistema de evacuación aguas lluvia

Para el proyecto se contemplan pendientes del 0,03%-0,28% y las canaletas serán tipo vertedero escalonadas o en cascada. El largo de las superficies que conducirán las aguas lluvias dependerán del área aportante, para efectos de seguridad se considerará la longitud más desfavorable. Considerando que las pendientes no son uniformes las áreas, se estimó un promedio para cada una de ellas de acuerdo a la información indicada en la figura 9.2

A continuación se muestra la tabla 9.8 resumen con los tiempos de concentración para cada área aportante.

Tabla 9.8: Tiempos de concentración (minutos).

<i>Cuenca</i>	<i>L</i>	<i>S</i>	<i>T_{c_i}</i>	<i>T_c</i>
	[m]	[m/m]	[min]	[min]
A1	151,739	0,0025	25,38	25,51
	154,725	0,0025	25,63	
A2	147,560	0,0017	28,43	33,04
	144,262	0,0015	29,29	
	140,693	0,0013	30,33	
	134,373	0,0011	31,32	
	116,162	0,0006	35,56	
	109,096	0,0003	43,32	
A3	130,599	0,0028	22,68	22,68
A4	144,589	0,0026	24,46	27,13
	144,858	0,0025	24,80	
	145,876	0,0022	25,96	
	146,092	0,0020	26,81	
	147,569	0,0015	29,63	
	148,450	0,0013	31,15	
A5	100,059	0,0009	28,87	29,24
	104,102	0,0009	29,45	
	107,296	0,0010	28,88	
	109,393	0,0010	29,16	
	114,372	0,0010	29,82	
	110,235	0,0010	29,27	

De la tabla 9.8 se puede concluir que el tiempo de concentración promedio es de **28 mín.**, que para efectos de diseño se considera apropiado para la estimación de caudales.

9.2 DETERMINACIÓN DE CAUDALES PARA EL DISEÑO

Para la determinación del caudal de diseño se utilizará el método racional, descrito en Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas Lluvias en Sectores Urbanos.

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{3,6}$$

Dónde:

- Q : Caudal (m³/s).
 i : Intensidad de la lluvia de diseño (mm/h).
 A : Área aportante (km²).
 C : Coeficiente de escurrimiento (Ver tabla 3.7).

La intensidad de la lluvia de diseño corresponde a aquel evento de duración igual al tiempo de concentración obtenido y de periodo de retorno seleccionado para el diseño.

La intensidad de diseño, como se mencionó anteriormente, será para una duración promedio de 28 minutos y un periodo de retorno de 10 años. De acuerdo a la tabla 9.6 y estimando para la duración señalada, la intensidad de diseño es de 22,21 (mm/hr). Cabe mencionar que para el sector poniente de PLISA se consideró el sobrepaso por oleaje (0,0001 m³/seg/ml de manera conservadora y que las áreas aportantes A1, A2, A3, A4 Y A5 fueron subdivididas con el objetivo de poder optimizar la altura de los canales a proyectar, lo cual se puede observar en la figura 9.3



Figura 9.3: Subdivisión de Áreas aportantes para sistema de evacuación aguas lluvias.

A continuación se muestra la tabla resumen con los caudales resultantes para cada área aportante.

Tabla 9.9.: Caudales de diseño.

Canal	Cuenca	Area [km ²]	Q [m ³ /seg]			
			Luvias	Oleaje	Total	Total Acum.
PONIENTE	A1.1	0,046822	0,202	0,030	0,233	0,233
	A1.2	0,044099	0,190	0,028	0,218	0,451
	A2.1	0,042702	0,184	0,028	0,212	0,663
	A2.2	0,049782	0,215	0,035	0,250	0,913
	A2.3	0,04274	0,185	0,036	0,220	1,133
CENTRAL	A3.1	0,044455	0,192		0,192	0,192
	A3.2	0,058054	0,251		0,251	0,443
	A4.1	0,074996	0,324		0,324	0,766
	A4.2	0,072321	0,312		0,312	1,079
	A4.3	0,074454	0,321		0,321	1,400
ORIENTE	A5.1	0,032823	0,142		0,142	0,142
	A5.2	0,038027	0,164		0,164	0,306
	A5.3	0,041177	0,178		0,178	0,484

9.3 Diseño Conducción Aguas Lluvias

Se dimensionarán canales de sección rectangular para la evacuación de aguas lluvias, los que serán encargados de recoger o colectar las aguas lluvias y sobrepaso por oleaje orientados de norte-sur, ubicándose éstos en el borde poniente, borde oriente y al centro del proyecto PLISA. La descarga según el plan regulador de aguas lluvias indica que estas deben ser encauzadas hacia cauces naturales del sector, por ello, se proyecta descargar en la desembocadura del Río Maipo.

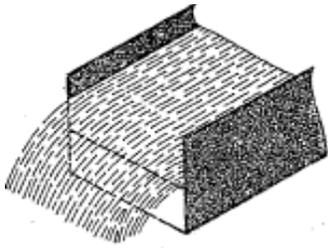
9.4 Verificación Hidráulica

Para el dimensionamiento y verificación hidráulica de los canales se utilizó el software de diseño Hcanales opción vertedero, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 9.10.: Dimensiones interiores de los canales.

Canal	Cuenca	L [m]	h [m]	h mínimo [mm]
PONIENTE	A1.1	1,5	0,192	200
	A1.2	1,5	0,299	300
	A2.1	1,5	0,387	400
	A2.2	1,5	0,479	500
	A2.3	1,5	0,553	560
CENTRAL	A3.1	1,5	0,169	200
	A3.2	1,5	0,295	300
	A4.1	1,5	0,426	450
	A4.2	1,5	0,535	550
	A4.3	1,5	0,637	650
ORIENTE	A5.1	1,5	0,138	150
	A5.2	1,5	0,231	250
	A5.3	1,5	0,313	320

Los cálculos entregados por Hcanales obedecen a la siguiente formulación:



$$Q = 1,838L H^{3/2}$$

Dónde:

- L: Ancho del canal [m].
- H: Altura de escurrimiento por el canal [m].
- Q: Caudal de salida [m³/seg]

10. CONCLUSIONES

Según los antecedentes entregados en el presente informe, se puede concluir que el área de estudio, sobre la base de lo establecido Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias de San Antonio y Cartagena, V Región, así como la solución planteada por EPSA para los terrenos de su propiedad que comprenden el área sur de la modificación del PRC, tiene factibilidad de solución de aguas lluvias para la totalidad de los terrenos comprendidos en el sector sur de la modificación normativa del Plan Regulador Comunal.

Se establece como solución factible de evacuación de aguas lluvia, la generación de tres colectores de aguas lluvias a través de canales de sección rectangular los que serán encargado de recoger o colectar las aguas lluvias y sobrepaso por oleaje orientados de norte-sur, ubicándose éstos en el borde poniente, borde oriente y al centro del proyecto.

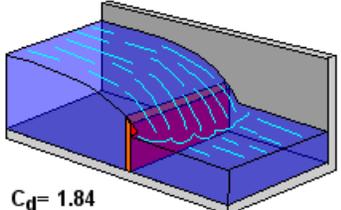
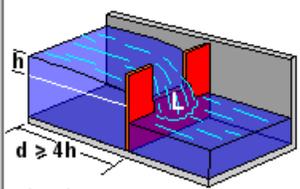
Las descargas tal como lo plantea el plan regulador de aguas lluvia, serán encauzadas hacia cauces naturales del sector, por ello, se proyecta descargar en la desembocadura del Río Maipo.

Con respecto al área comprendida en el sector portuario norte, dada su conformidad geográfica, no se requiere de la generación de canales de aguas lluvias, toda vez que la totalidad de dicho sector enfrenta acantilados, los cuales constituyen áreas de evacuación natural de las aguas lluvias y no se afecta de esta manera población aguas debajo de dichas áreas.

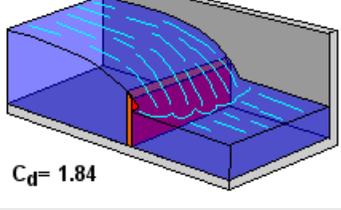
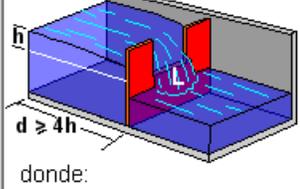
En general se plantea una priorización de las obras comprendidas en el Plan Maestro de Aguas Lluvias, no obstante ello y dado que las áreas comprendidas en la Modificación del Plan Regulador Comunal de San Antonio, sector portuario sur, constituyen prácticamente sistemas aislados, se plantea una solución concreta e eficiente de factibilidad de aguas lluvias.

11. ANEXOS

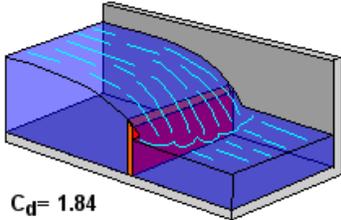
Canal Poniente

Vetadero rectangular	Vetadero triangular	Vetadero trapezoidal
<p>Datos del vertedero:</p> <p>Longitud de cresta (L): <input type="text" value="1.5"/> m</p> <p>Carga sobre el vertedero (h): <input type="text" value=".1924"/> m</p> <p>Número de contracciones (n): <input type="text" value="0"/></p> <p>Coefficiente de descarga (Cd): <input type="text" value="1.84"/></p>	<p>Tipo:</p> <p><input checked="" type="radio"/> Cresta aguda</p> <p><input type="radio"/> Perfil Creager</p> <p><input type="radio"/> Cresta ancha</p>	<p>Cresta aguda</p>  <p>$C_d = 1.84$</p>
 <p>Ecuación:</p> $Q = C_d (L - 0.1nh) h^{\frac{3}{2}}$ <p>donde:</p> <p>Q = caudal que fluye por el vertedero, m³/s</p> <p>L = longitud de cresta del vertedero, m</p> <p>h = carga sobre el vertedero, m</p> <p>n = número de contracciones (0, 1 ó 2)</p> <p>C_d = coeficiente de descarga</p>	<p>Resultados:</p> <p>Caudal (Q): <input type="text" value="0,2329"/> m³/s</p> <p><input type="text" value="232,9253"/> l/seg</p>	

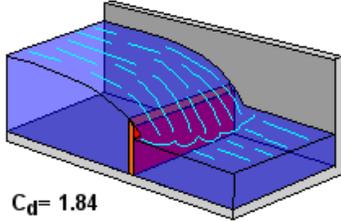
Tramo para cuenca A1.2

Vetadero rectangular	Vetadero triangular	Vetadero trapezoidal
<p>Datos del vertedero:</p> <p>Longitud de cresta (L): <input type="text" value="1.5"/> m</p> <p>Carga sobre el vertedero (h): <input type="text" value=".299"/> m</p> <p>Número de contracciones (n): <input type="text" value="0"/></p> <p>Coefficiente de descarga (Cd): <input type="text" value="1.84"/></p>	<p>Tipo:</p> <p><input checked="" type="radio"/> Cresta aguda</p> <p><input type="radio"/> Perfil Creager</p> <p><input type="radio"/> Cresta ancha</p>	<p>Cresta aguda</p>  <p>$C_d = 1.84$</p>
 <p>Ecuación:</p> $Q = C_d (L - 0.1nh) h^{\frac{3}{2}}$ <p>donde:</p> <p>Q = caudal que fluye por el vertedero, m³/s</p> <p>L = longitud de cresta del vertedero, m</p> <p>h = carga sobre el vertedero, m</p> <p>n = número de contracciones (0, 1 ó 2)</p> <p>C_d = coeficiente de descarga</p>	<p>Resultados:</p> <p>Caudal (Q): <input type="text" value="0,4512"/> m³/s</p> <p><input type="text" value="451,2486"/> l/seg</p>	

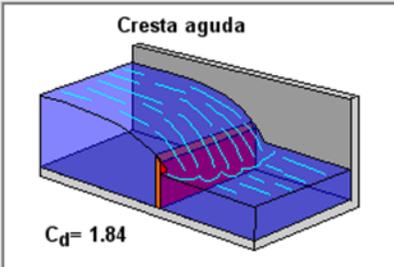
Tramo para cuenca A2.1

Vetadero rectangular	Vetadero triangular	Vetadero trapezoidal
<p>Datos del vertedero:</p> <p>Longitud de cresta (L): <input type="text" value="1.5"/> m</p> <p>Carga sobre el vertedero (h): <input type="text" value=".387"/> m</p> <p>Número de contracciones (n): <input type="text" value="0"/></p> <p>Coefficiente de descarga (Cd): <input type="text" value="1.84"/></p>		
<p>Tipo:</p> <p><input checked="" type="radio"/> Cresta aguda</p> <p><input type="radio"/> Perfil Creager</p> <p><input type="radio"/> Cresta ancha</p>		
<p>Cresta aguda</p>  <p>$C_d = 1.84$</p>		
<p>Resultados:</p> <p>Caudal (Q): <input type="text" value="0.6645"/> m³/s</p> <p><input type="text" value="664.4702"/> l/seg</p>		
<p>Ecuación:</p> $Q = C_d (L - 0.1nh) h^{\frac{3}{2}}$ <p>donde:</p> <p>Q = caudal que fluye por el vertedero, m³/s</p> <p>L = longitud de cresta del vertedero, m</p> <p>h = carga sobre el vertedero, m</p> <p>n = número de contracciones (0, 1 ó 2)</p> <p>C_d = coeficiente de descarga</p>		

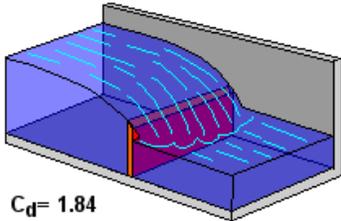
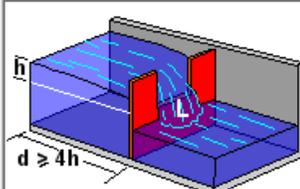
Tramo para cuenca A2.2

Vetadero rectangular	Vetadero triangular	Vetadero trapezoidal
<p>Datos del vertedero:</p> <p>Longitud de cresta (L): <input type="text" value="1.5"/> m</p> <p>Carga sobre el vertedero (h): <input type="text" value=".479"/> m</p> <p>Número de contracciones (n): <input type="text" value="0"/></p> <p>Coefficiente de descarga (Cd): <input type="text" value="1.84"/></p>		
<p>Tipo:</p> <p><input checked="" type="radio"/> Cresta aguda</p> <p><input type="radio"/> Perfil Creager</p> <p><input type="radio"/> Cresta ancha</p>		
<p>Cresta aguda</p>  <p>$C_d = 1.84$</p>		
<p>Resultados:</p> <p>Caudal (Q): <input type="text" value="0.915"/> m³/s</p> <p><input type="text" value="914.9816"/> l/seg</p>		
<p>Ecuación:</p> $Q = C_d (L - 0.1nh) h^{\frac{3}{2}}$ <p>donde:</p> <p>Q = caudal que fluye por el vertedero, m³/s</p> <p>L = longitud de cresta del vertedero, m</p> <p>h = carga sobre el vertedero, m</p> <p>n = número de contracciones (0, 1 ó 2)</p> <p>C_d = coeficiente de descarga</p>		

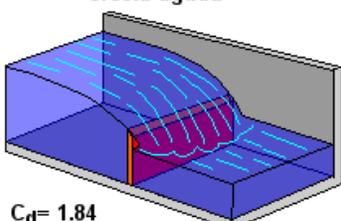
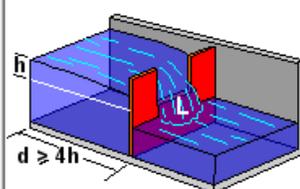
Tramo para cuenca A2.3 y Punto de descarga

Vedero rectangular	Vertedero triangular	Vertedero trapezoidal
<p>Datos del vertedero:</p> <p>Longitud de cresta (L): <input type="text" value="1.5"/> m</p> <p>Carga sobre el vertedero (h): <input type="text" value=".553"/> m</p> <p>Número de contracciones (n): <input type="text" value="0"/></p> <p>Coefficiente de descarga (Cd): <input type="text" value="1.84"/></p>		
<p>Tipo:</p> <p><input checked="" type="radio"/> Cresta aguda</p> <p><input type="radio"/> Perfil Creager</p> <p><input type="radio"/> Cresta ancha</p>		
<p>Cresta aguda</p>  <p>$C_d = 1.84$</p>		
<p>Resultados:</p> <p>Caudal (Q): <input type="text" value="1,135"/> m³/s</p> <p><input type="text" value="1135,0024"/> l/seg</p>		
<p>Ecuación:</p> $Q = C_d (L - 0.1nh) h^{\frac{3}{2}}$ <p>donde:</p> <p>Q = caudal que fluye por el vertedero, m³/s</p> <p>L = longitud de cresta del vertedero, m</p> <p>h = carga sobre el vertedero, m</p> <p>n = número de contracciones (0, 1 ó 2)</p> <p>C_d = coeficiente de descarga</p>		

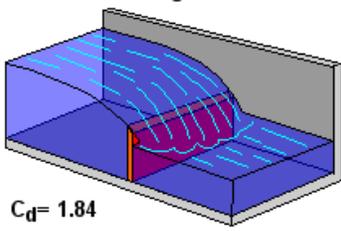
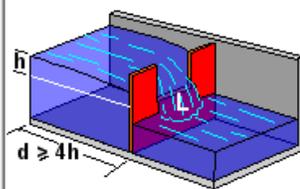
Canal Central**Tramo para cuenca A3.1**

Vetadero rectangular	Vetadero triangular	Vetadero trapezoidal
<p>Datos del vertedero:</p> <p>Longitud de cresta (L): <input type="text" value="1.5"/> m</p> <p>Carga sobre el vertedero (h): <input type="text" value=".169"/> m</p> <p>Número de contracciones (n): <input type="text" value="0"/></p> <p>Coefficiente de descarga (Cd): <input type="text" value="1.84"/></p>	<p>Tipo:</p> <p><input checked="" type="radio"/> Cresta aguda</p> <p><input type="radio"/> Perfil Creager</p> <p><input type="radio"/> Cresta ancha</p>	<p>Cresta aguda</p>  <p>$C_d = 1.84$</p>
 <p>Ecuación:</p> $Q = C_d (L - 0.1nh) h^{\frac{3}{2}}$ <p>donde:</p> <p>Q = caudal que fluye por el vertedero, m³/s</p> <p>L = longitud de cresta del vertedero, m</p> <p>h = carga sobre el vertedero, m</p> <p>n = número de contracciones (0, 1 ó 2)</p> <p>C_d = coeficiente de descarga</p>	<p>Resultados:</p> <p>Caudal (Q): <input type="text" value="0.1918"/> m³/s</p> <p><input type="text" value="191.7517"/> l/seg</p>	

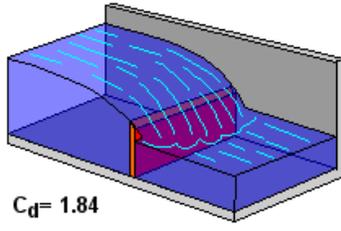
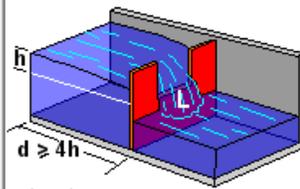
Tramo para cuenca A3.2

Vetadero rectangular	Vetadero triangular	Vetadero trapezoidal
<p>Datos del vertedero:</p> <p>Longitud de cresta (L): <input type="text" value="1.5"/> m</p> <p>Carga sobre el vertedero (h): <input type="text" value=".2954"/> m</p> <p>Número de contracciones (n): <input type="text" value="0"/></p> <p>Coefficiente de descarga (Cd): <input type="text" value="1.84"/></p>	<p>Tipo:</p> <p><input checked="" type="radio"/> Cresta aguda</p> <p><input type="radio"/> Perfil Creager</p> <p><input type="radio"/> Cresta ancha</p>	<p>Cresta aguda</p>  <p>$C_d = 1.84$</p>
 <p>Ecuación:</p> $Q = C_d (L - 0.1nh) h^{\frac{3}{2}}$ <p>donde:</p> <p>Q = caudal que fluye por el vertedero, m³/s</p> <p>L = longitud de cresta del vertedero, m</p> <p>h = carga sobre el vertedero, m</p> <p>n = número de contracciones (0, 1 ó 2)</p> <p>C_d = coeficiente de descarga</p>	<p>Resultados:</p> <p>Caudal (Q): <input type="text" value="0.4431"/> m³/s</p> <p><input type="text" value="443.1235"/> l/seg</p>	

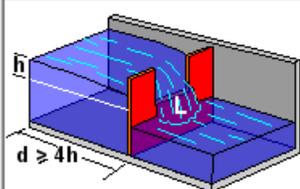
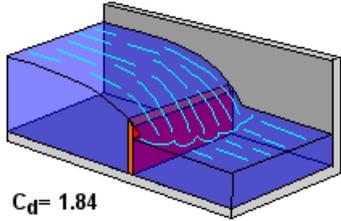
Tramo para cuenca A4.1

Vetadero rectangular	Vetadero triangular	Vetadero trapezoidal
<p>Datos del vertedero:</p> <p>Longitud de cresta (L): <input type="text" value="1.5"/> m</p> <p>Carga sobre el vertedero (h): <input type="text" value=".426"/> m</p> <p>Número de contracciones (n): <input type="text" value="0"/></p> <p>Coefficiente de descarga (Cd): <input type="text" value="1.84"/></p>	<p>Tipo:</p> <p><input checked="" type="radio"/> Cresta aguda</p> <p><input type="radio"/> Perfil Creager</p> <p><input type="radio"/> Cresta ancha</p>	<p>Cresta aguda</p>  <p>C_d = 1.84</p>
 <p>Ecuación:</p> $Q = C_d (L - 0.1nh) h^{\frac{3}{2}}$ <p>donde:</p> <p>Q = caudal que fluye por el vertedero, m³/s</p> <p>L = longitud de cresta del vertedero, m</p> <p>h = carga sobre el vertedero, m</p> <p>n = número de contracciones (0, 1 ó 2)</p> <p>C_d = coeficiente de descarga</p>	<p>Resultados:</p> <p>Caudal (Q): <input type="text" value="0,7674"/> m³/s</p> <p><input type="text" value="767,403"/> l/seg</p>	

Tramo para cuenca A4.2

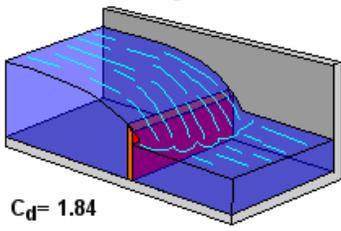
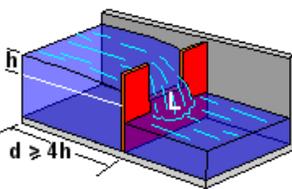
Vetadero rectangular	Vetadero triangular	Vetadero trapezoidal
<p>Datos del vertedero:</p> <p>Longitud de cresta (L): <input type="text" value="1.5"/> m</p> <p>Carga sobre el vertedero (h): <input type="text" value=".535"/> m</p> <p>Número de contracciones (n): <input type="text" value="0"/></p> <p>Coefficiente de descarga (Cd): <input type="text" value="1.84"/></p>	<p>Tipo:</p> <p><input checked="" type="radio"/> Cresta aguda</p> <p><input type="radio"/> Perfil Creager</p> <p><input type="radio"/> Cresta ancha</p>	<p>Cresta aguda</p>  <p>C_d = 1.84</p>
 <p>Ecuación:</p> $Q = C_d (L - 0.1nh) h^{\frac{3}{2}}$ <p>donde:</p> <p>Q = caudal que fluye por el vertedero, m³/s</p> <p>L = longitud de cresta del vertedero, m</p> <p>h = carga sobre el vertedero, m</p> <p>n = número de contracciones (0, 1 ó 2)</p> <p>C_d = coeficiente de descarga</p>	<p>Resultados:</p> <p>Caudal (Q): <input type="text" value="1,08"/> m³/s</p> <p><input type="text" value="1080,0398"/> l/seg</p>	

Tramo para cuenca A4.3 y Punto de descarga

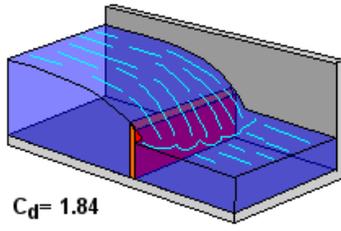
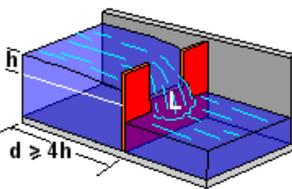
Vetadero rectangular	Vertedero triangular	Vertedero trapezoidal
Datos del vertedero:		
Longitud de cresta (L):	<input type="text" value="1.5"/> m	
Carga sobre el vertedero (h):	<input type="text" value=".637"/> m	
Número de contracciones (n):	<input type="text" value="0"/>	
Coefficiente de descarga (Cd):	<input type="text" value="1.84"/>	
Tipo:		
<input checked="" type="radio"/> Cresta aguda		
<input type="radio"/> Perfil Creager		
<input type="radio"/> Cresta ancha		
 <p>Ecuación:</p> $Q = C_d (L - 0.1nh) h^{\frac{3}{2}}$ <p>donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> Q = caudal que fluye por el vertedero, m³/s L = longitud de cresta del vertedero, m h = carga sobre el vertedero, m n = número de contracciones (0, 1 ó 2) C_d = coeficiente de descarga 		<p>Cresta aguda</p>  <p>C_d = 1.84</p>
Resultados:		
Caudal (Q): <input type="text" value="1.4032"/> m ³ /s		
<input type="text" value="1403.1957"/> l/seg		

Canal Oriente

Tramo para cuenca A5.1

Vetadero rectangular	Vetadero triangular	Vetadero trapezoidal
<p>Datos del vertedero:</p> <p>Longitud de cresta (L): <input type="text" value="0.5"/> m</p> <p>Carga sobre el vertedero (h): <input type="text" value=".2876"/> m</p> <p>Número de contracciones (n): <input type="text" value="0"/></p> <p>Coefficiente de descarga (Cd): <input type="text" value="1.84"/></p>	<p>Tipo:</p> <p><input checked="" type="radio"/> Cresta aguda</p> <p><input type="radio"/> Perfil Creager</p> <p><input type="radio"/> Cresta ancha</p>	<p>Cresta aguda</p>  <p>$C_d = 1.84$</p>
 <p>Ecuación:</p> $Q = C_d (L - 0.1nh) h^{\frac{3}{2}}$ <p>donde:</p> <p>Q = caudal que fluye por el vertedero, m³/s</p> <p>L = longitud de cresta del vertedero, m</p> <p>h = carga sobre el vertedero, m</p> <p>n = número de contracciones (0, 1 ó 2)</p> <p>C_d = coeficiente de descarga</p>		<p>Resultados:</p> <p>Caudal (Q): <input type="text" value="0.1419"/> m³/s</p> <p><input type="text" value="141.8963"/> l/seg</p>

Tramo para cuenca A5.2

Vetadero rectangular	Vetadero triangular	Vetadero trapezoidal
<p>Datos del vertedero:</p> <p>Longitud de cresta (L): <input type="text" value="0.5"/> m</p> <p>Carga sobre el vertedero (h): <input type="text" value=".4803"/> m</p> <p>Número de contracciones (n): <input type="text" value="0"/></p> <p>Coefficiente de descarga (Cd): <input type="text" value="1.84"/></p>	<p>Tipo:</p> <p><input checked="" type="radio"/> Cresta aguda</p> <p><input type="radio"/> Perfil Creager</p> <p><input type="radio"/> Cresta ancha</p>	<p>Cresta aguda</p>  <p>$C_d = 1.84$</p>
 <p>Ecuación:</p> $Q = C_d (L - 0.1nh) h^{\frac{3}{2}}$ <p>donde:</p> <p>Q = caudal que fluye por el vertedero, m³/s</p> <p>L = longitud de cresta del vertedero, m</p> <p>h = carga sobre el vertedero, m</p> <p>n = número de contracciones (0, 1 ó 2)</p> <p>C_d = coeficiente de descarga</p>		<p>Resultados:</p> <p>Caudal (Q): <input type="text" value="0.3062"/> m³/s</p> <p><input type="text" value="306.2363"/> l/seg</p>

Tramo para cuenca A5.3 y Punto de descarga

Vertedero rectangular	Vertedero triangular	Vertedero trapezoidal
<p>Datos del vertedero:</p> <p>Longitud de cresta (L): <input type="text" value="0.5"/> m</p> <p>Carga sobre el vertedero (h): <input type="text" value=".6519"/> m</p> <p>Número de contracciones (n): <input type="text" value="0"/></p> <p>Coefficiente de descarga (Cd): <input type="text" value="1.84"/></p> <div data-bbox="293 541 597 737"> </div> <p>Ecuación:</p> $Q = C_d (L - 0.1nh) h^{3/2}$ <p>donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> Q = caudal que fluye por el vertedero, m³/s L = longitud de cresta del vertedero, m h = carga sobre el vertedero, m n = número de contracciones (0, 1 ó 2) C_d = coeficiente de descarga 	<p>Tipo:</p> <p><input checked="" type="radio"/> Cresta aguda</p> <p><input type="radio"/> Perfil Creager</p> <p><input type="radio"/> Cresta ancha</p> <div data-bbox="997 331 1414 611"> <p>Cd= 1.84</p> </div> <p>Resultados:</p> <p>Caudal (Q): <input type="text" value="0.4842"/> m³/s</p> <p><input type="text" value="484.2385"/> l/seg</p>	