

**XXII CONGRESO LATINOAMERICANO DE HIDRÁULICA
CIUDAD GUAYANA, VENEZUELA, OCTUBRE 2006**

**ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL FUNCIONAMIENTO
DE SUMIDEROS DE AGUAS LLUVIAS
CASO: SUMIDERO UBICADO FUERA DE LA CALLE (VEREDA)**

Ricardo Cortez Contreras - Enrique Kaliski Kriguer

Instituto Nacional de Hidráulica, Chile, rcortez@inh.cl - ekaliski@inh.cl

RESUMEN:

Este estudio experimental, realizado en el Banco de Pruebas de Sumideros de Aguas Lluvias del Instituto Nacional de Hidráulica de Chile, consideró un sumidero ubicado en la zona de vereda (fuera de la calle), con el propósito de analizar su eficiencia de captación y contrastar los resultados con un sumidero similar ubicado en la calle (caso referencia).

Las alternativas generales experimentadas fueron: Caso A: Sumidero en la vereda con un desnivel de 0.10m con respecto al nivel de la calle y talud de la solera hacia el sumidero de 1:1 (ancho:longitud); Caso B: Idem anterior con talud 1:2; Caso C: Idem anterior, con desnivel de 0.05m e incorpora zona de influencia de 0.5m de la calle hacia la zona de sumidero; Caso D: Idem anterior, con desnivel de 0.10m.

Los resultados obtenidos muestran que ubicar un sumidero en la vereda, con una configuración adecuada según las condiciones de diseño, puede lograr eficiencias de captación hidráulica similares e incluso superiores a un sumidero ubicado en la calle.

ABSTRACT:

This experimental study, done at the Instituto Nacional de Hidraulica of Chile full-size road surface drainage rig, considered an inlet situated on the side walk (out of the street) with the purpose of analyze the hydraulic catch efficiency and contrast the results with a similar case situated on the street (reference case).

The general experimental cases were: Case A: catchment situated on the side walk with a 0.10m drop from the street level and a 1:1 curb slope (wide:long); Case B: similar Case A with slope 1:2; Case C: similar Case B, with 0.05m drop and a 0.5m influence area on the street: Case D: similar case C, with 0.1m drop.

The obtained results show that a catchment situated on the side walk of a street, with an adequate configuration according to design aspects, can obtain hydraulic catch efficiency similar or better than a catchment situated on the road of a street.

PALABRAS CLAVES: sumideros, aguas lluvias, experimental

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Nacional de Hidráulica de Chile dispone en su laboratorio de Peñaflor de una instalación experimental denominada “Banco de Pruebas de Sumideros de Aguas Lluvias” que permite estudiar el funcionamiento hidráulico de estas estructuras, desde el punto de vista eficiencia de captación.

Esta facilidad se implementó dentro del contexto de solución y mejoramiento impulsado por el gobierno, a los problemas de drenaje urbano de aguas lluvias que históricamente han afectado a las principales ciudades de Chile.

Esta línea de investigación en desarrollo tiene por objetivo elaborar sobre la base de la experimentación desarrollada un manual de diseño que facilite al proyectista urbano la definición de estas obras y además permita uniformar los criterios de diseño entre los distintos organismos involucrados en el tema.

La estación experimental consiste básicamente en un circuito hidráulico y una plataforma de pendientes variables que representa una calle de hormigón, en escala real, de 14m de longitud total y 3.5 m de ancho. Esta instalación permite modificar la pendiente longitudinal y transversal en un 10 y 5% respectivamente con respecto al plano horizontal y dispone de una capacidad de bombeo de 180[lt/s]. Tiene implementado dispositivos que permiten registrar el caudal total o de alimentación y el caudal pasante, siendo la diferencia el caudal captado por el sumidero. La Figura 1 presenta una vista general de este banco de pruebas experimental.

La experimentación ya realizada, ha considerado distintos tipos de reja ubicado en la calle y la intervención de ésta para favorecer la conducción al sumidero. Esta ubicación del sumidero, sobre la vía de tránsito o calle, requiere que este elemento sea estructuralmente robusto, y la intervención de la calle mediante áreas de influencia afectan negativamente el tránsito vehicular.

De esta forma, esta nueva alternativa propuesta, motivo de este trabajo, desplaza al sumidero fuera de la calle, lo que reduce su sollicitación estructural y a los inconvenientes que esto provoca al no estar afecto al tránsito vehicular.

El ubicar el sumidero fuera de la calle presenta a la vista ventajas comparativas, pero desde el punto de vista hidráulico afecta su eficiencia de captación. Entonces este análisis experimental busca evaluar la eficiencia para esta condición y contrastarla con la situación sumidero en la calle para determinar el costo hidráulico de esta configuración.

A continuación se presenta aspectos relevantes de la experimentación de caso sumidero en la calle ya realizada como referencia y contraste. Luego se presenta la experimentación y resultados de la alternativa propuesta, contrastando los resultados con la situación de referencia y finalmente se emiten algunas conclusiones al respecto.



Figura 1.- Vista General del Banco Experimental de Sumideros de Aguas Lluvias

2. EXPERIMENTACION CASO SUMIDERO EN LA CALLE

Este análisis experimental ya realizado, consideró el análisis de la eficiencia de captación de 5 tipos de sumideros, ubicados en la calle, de uso habitual en Chile. El sumidero denominado DOH fue la estructura que presentó un mejor comportamiento desde el punto de vista eficiencia de captación y, para este trabajo, es considerado como de referencia para contrastar nuevas configuraciones de sumideros.

Este sumidero consiste en una reja metálica de 0.7m de ancho y 1.0m de largo, en el sentido del escurrimiento, se ubica sobre la calle adyacente a la solera, sobre la cual se emplaza una ventana lateral de igual longitud al sumidero. La Figura 2 ilustra aspectos de esta configuración y de la experimentación desarrollada.

Los resultados obtenidos en cuanto a eficiencia de captación, relación entre caudal captado por el sumidero con el caudal total que evacua la calle, se presentan en la siguiente Tabla 1. Los resultados presentados en esta tabla están en función de la pendiente de la calle longitudinal, pendiente transversal y el caudal total o de alimentación. En esta etapa del estudio sólo se analizó las obras hasta un caudal máximo de 120[lit/s].

Tabla 1.- Eficiencia de Captación Caso Sumidero en la Calle (Referencia)

PENDIENTE CALLE (%)		EFICIENCIA CAPTACIÓN (%)					
LONG.	TRANS.	CAUDAL TOTAL (lit/s)					
		20	40	60	80	100	120
0.1	1	68.8	55.5	49.3	45.1	41.1	39.7
	2	86.3	72.6	64.5	57.9	52.6	49.7
	3	95.2	83.3	74.8	68.8	63.5	59.3
	5	-	-	-	-	-	-
1	1	59.7	50.3	45.8	42.3	38.9	37.0
	2	82.9	69.3	61	54.6	50.7	48.5
	3	94.4	82.1	74.4	68.2	62.3	57.8
	5	-	-	88.3	82.0	76	72.0
3	1	64.0	54.8	49.7	45.6	42.6	40.1
	2	91.8	73	69.2	65.7	61.5	57.2
	3	94.4	82.8	74.2	68.1	61.8	59.6
	5	-	-	-	-	-	-

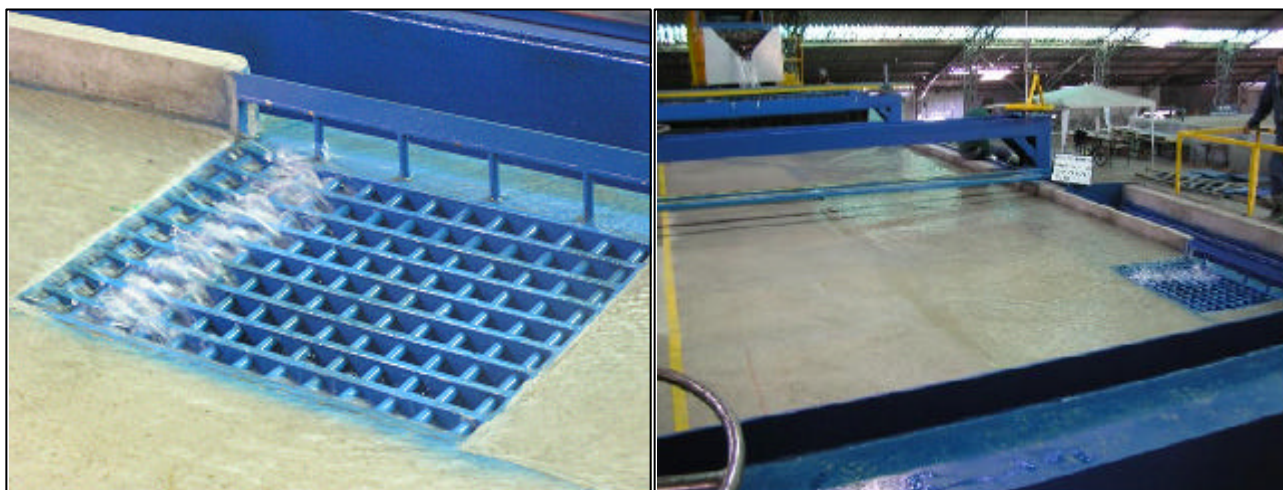


Figura 2.- Aspectos de la Experimentación con el Sumidero en la Calle (Caso Referencia)

3. EXPERIMENTACIÓN CASO SUMIDERO EN LA VEREDA

3.1. Introducción

Se habilitó la estación experimental disponible con el objeto de permitir la implementación de sumideros fuera de la calle, específicamente en un concavidad o entrada de forma trapecial en la vereda. Se consideró que esta configuración se sitúa al exterior de la línea delimitada por la solera o cuneta, donde no es factible tránsito vehicular.

Se consideró para este análisis el sumidero denominado DOH para contrastar los resultados obtenidos para situaciones similares del sumidero ubicado en la calle (situación de referencia).

La Figura 3 ilustra un esquema en planta de la configuración utilizada.

3.2. Objetivos

Evaluar experimentalmente la eficiencia de captación de distintas configuraciones de sumideros ubicados fuera de la calle. Específicamente se considero lo siguiente:

- Análisis de la eficiencia de captación con el sumidero con desnivel, respecto a la calle, de 0.10m, variando la geometría del talud de la solera de aguas arriba (longitud de captación lateral).
- Análisis de la eficiencia de captación considerando una intervención de la calle en un ancho de 0.5m (área de influencia).
- Contrastar los resultados obtenidos con la situación de referencia (reja en la calle).

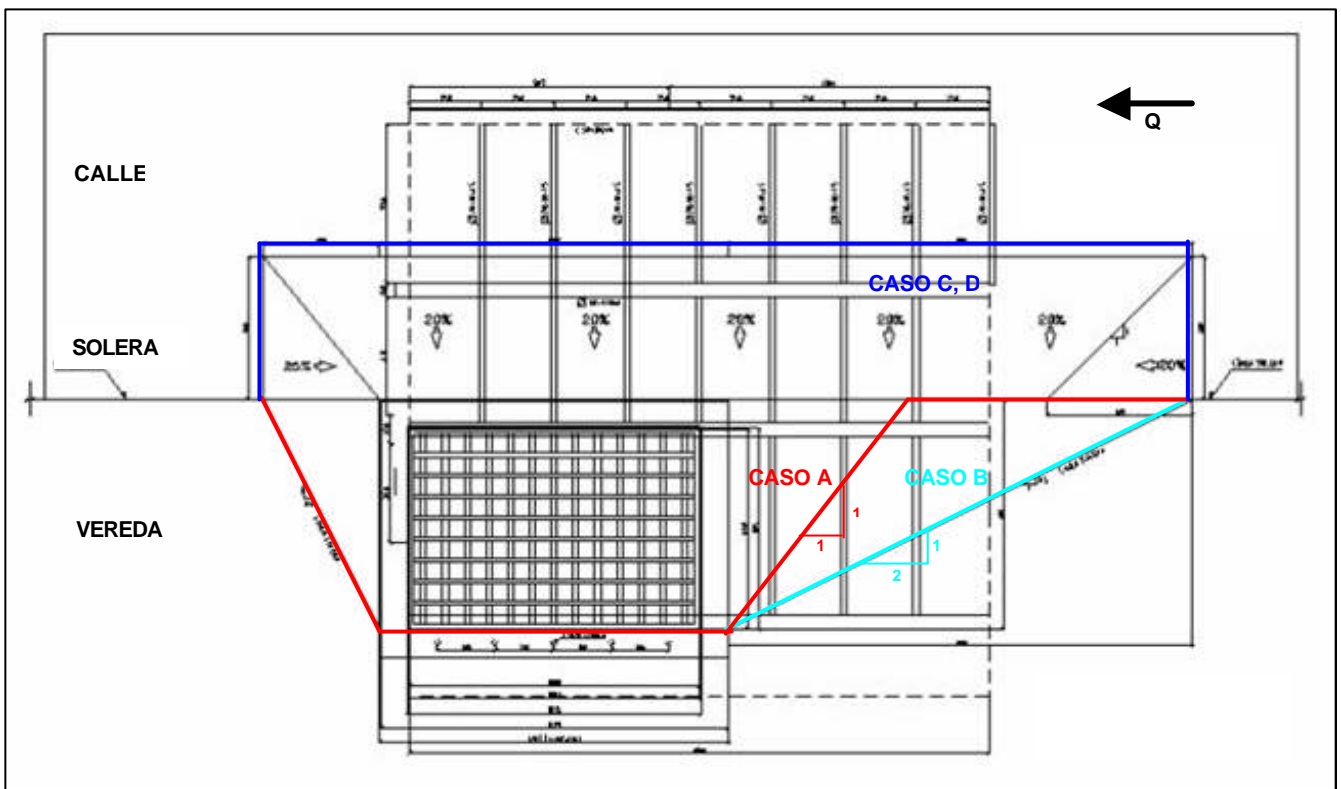


Figura 3.- Esquema en Planta de la Configuración de los Casos Considerados

3.3. Experiencias Consideradas

Para cumplir con los objetivos planteados, se desarrollaron series de experiencias variando el caudal total (Q_T) para distintas combinaciones de pendientes de calle: longitudinal (P_L) y transversal (P_T). Se analizaron las siguientes casos:

- Caso A: Desnivel del sumidero, respecto a la calle, de 0.1m, con talud de aproximación de 1:1 (ancho:largo).
- Caso B: Desnivel del sumidero, respecto a la calle, de 0.1m, con talud de aproximación de 1:2 (ancho:largo).
- Caso C: Desnivel del sumidero, respecto a la calle, de 0.05m, con talud de aproximación de 1:2 (ancho:largo), con área de influencia desde la calle de 0.5m.
- Caso D: Desnivel del sumidero, respecto a la calle, de 0.1m, con talud de aproximación de 1:2 (ancho:largo), con área de influencia desde la calle de 0.5m.

Los dos primeros casos analizan la influencia del tamaño o longitud de la abertura en la vereda. Esto permitirá cuantificar eficiencia de captación según la longitud que es necesario intervenir la vereda para implementar esta configuración. Además, como se considera un desnivel entre la calle y el sumidero, el flujo captado cae al sumidero y luego es evacuado por la reja. Por lo anterior, este esquema también es válido para analizar sumideros compuestos sólo por ventanas laterales en la línea de cuneta.

Los dos casos siguientes, buscan cuantificar los mejoramientos que se pueden lograr en la eficiencia de captación al intervenir la calle para encausar el flujo al sumidero. La zona de influencia así definida enfrenta la zona del sumidero y considera un incremento de la pendiente hacia el sumidero afectando 0.5m de la calle. Para estos caso sólo se ha aceptado factible una intervención menor en la calle para no afectar el tránsito vehicular, objetivo de este trabajo.

Las Figuras 4 a 7 ilustran aspectos de la configuración y experimentación de los casos descritos respectivamente. Para cada caso se presentan dos fotografías y se indica la situación experimental a la que corresponde.



Figura 4.- Caso A: Izq. ($P_L=0.1\%$; $P_T=3\%$; $Q_T=80$ [lt/s]) – Der. ($P_L=0.1\%$; $P_T=1\%$; $Q_T=180$ [lt/s])



Figura 5.- Caso B: Izq. ($P_L=3\%$; $P_T=3\%$; $Q_T=180[\text{lt/s}]$) – Der. ($P_L=0.1\%$; $P_T=3\%$; $Q_T=60[\text{lt/s}]$)

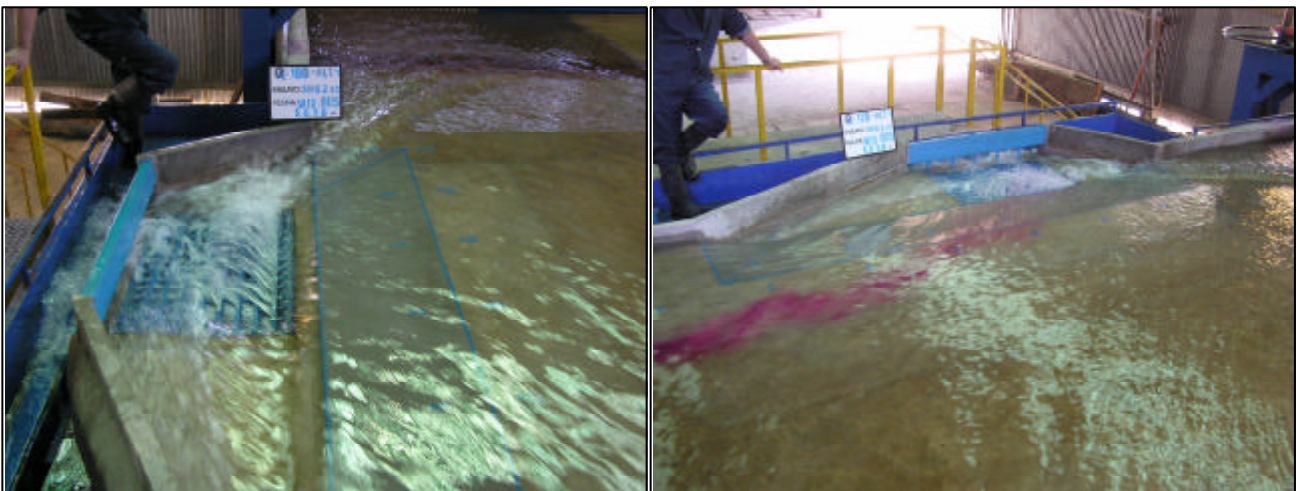


Figura 6.- Caso C: Izq. ($P_L=1\%$; $P_T=3\%$; $Q_T=180[\text{lt/s}]$) – Der. ($P_L=0.1\%$; $P_T=3\%$; $Q_T=120[\text{lt/s}]$)

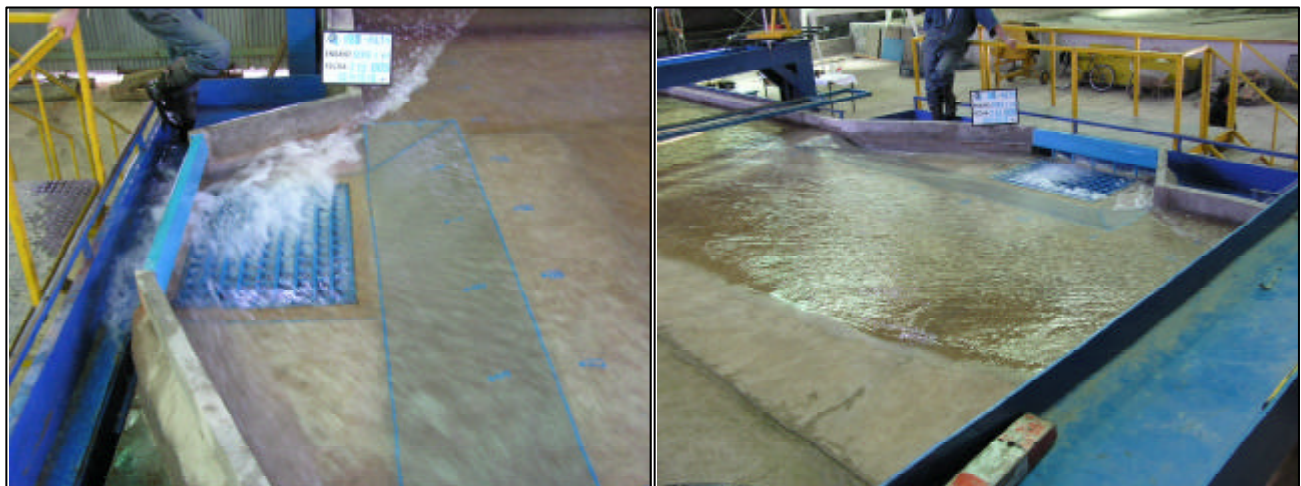


Figura 7.- Caso D: Izq. ($P_L=1\%$; $P_T=3\%$; $Q_T=180[\text{lt/s}]$) – Der. ($P_L=0.1\%$; $P_T=3\%$; $Q_T=180[\text{lt/s}]$)

3.4. Resultados

La siguiente Tabla 2 resume los resultados de eficiencia de captación de cada sumidero para los casos considerados.

Tabla 2.- Eficiencia de Captación

PENDIENTE CALLE (%)		Q _T (lt/s)	EFICIENCIA CAPTACIÓN (%)			
LONG.	TRANS.		CASO A	CASO B	CASO C	CASO D
0.10	1.0	60	41.1	52.9	65.8	65.9
		80	36.5	47.1	58.8	59.9
		120	31.0	39.7	51.0	52.2
		180	25.2	31.8	41.4	44.1
0.1	3.0	60	64.8	79.2	90.0	93.1
		80	59.8	74.4	83.9	87.2
		120	51.3	65.5	74.8	78.4
		180	41.9	54.2	63.4	68.2
1.0	1.0	60	23.8	34.0	50.9	55.7
		80	23.5	31.4	46.2	50.8
		120	20.3	27.3	39.8	43.7
		180	15.0	21.7	31.2	35.5
1.0	3.0	60	46.8	60.6	78.8	83.6
		80	39.5	52.5	68.7	73.4
		120	32.8	43.7	57.5	62.7
		180	26.4	36.9	47.7	54.0
3.0	1.0	60	20.0	26.3	48.6	52.5
		80	17.7	24.6	42.6	46.3
		120	16.1	21.1	35.1	39.9
		180	11.2	14.9	25.9	32.8
3.0	3.0	60	32.8	44.2	70.8	77.7
		80	29.7	41.1	63.2	72.7
		120	28.9	40.7	57.2	68.6
		180	26.2	35.8	48.7	59.3

3.5. Análisis de Resultados

Las Figuras 8 a 10 resumen gráficamente los resultados de eficiencia de captación de cada configuración de sumidero, en función del caudal total, para los caso considerados.

Del mismo modo, la Tabla 3 contrasta los valores de eficiencia de captación para un caudal total de 120[lt/s].

Tabla 3.- Contraste de Eficiencia de Captación para Q_T=120[lt/s] entre Casos y Referencia

PENDIENTE CALLE (%)		EFICIENCIA CAPTACIÓN (%)				
LONG.	TRANS.	CASO A	CASO B	CASO C	CASO D	REF.
0.1	1	31.0	39.7	51.0	52.2	39.7
	3	51.3	65.5	74.8	78.4	59.3
1	1	20.3	27.3	39.8	43.7	37.0
	3	32.8	43.7	57.5	62.7	57.8
3	1	16.1	21.1	35.1	39.9	40.1
	3	28.9	40.7	57.2	68.6	59.6

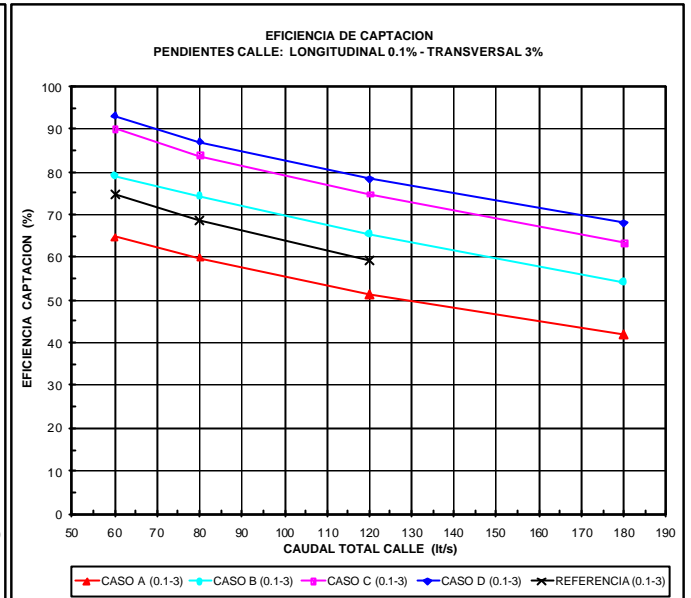
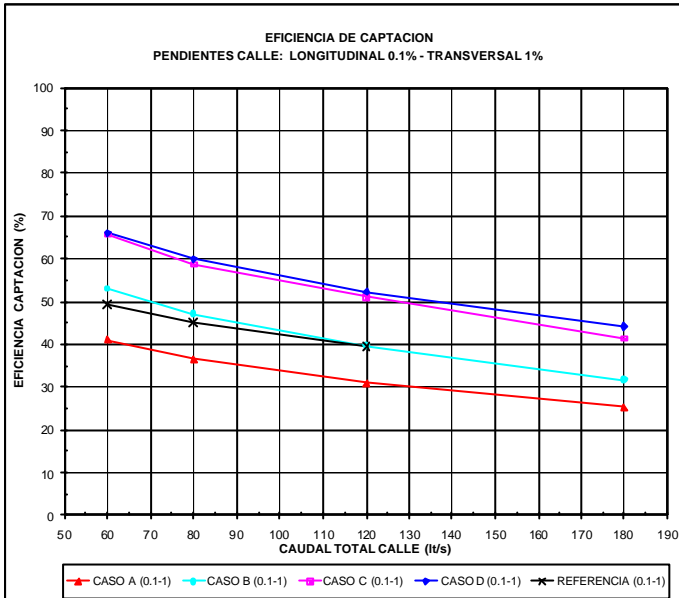


Figura 8.- Eficiencias de Captación en función del Caudal Total para Pendiente Longitudinal de 0.1%.

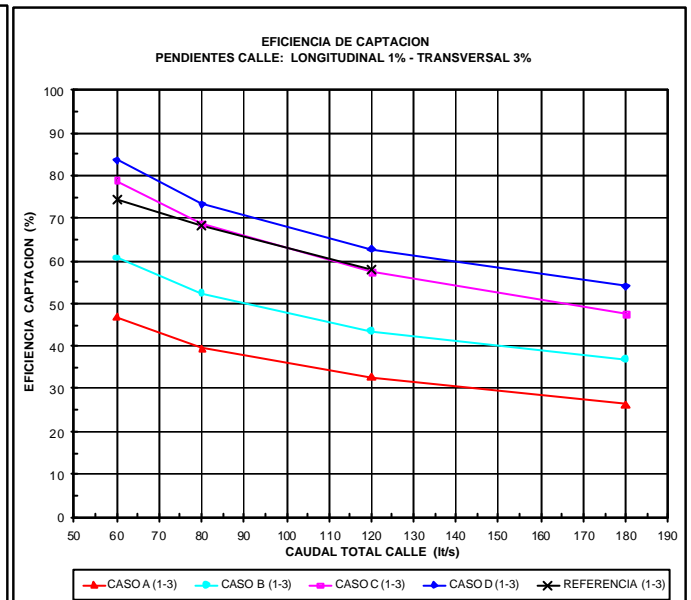
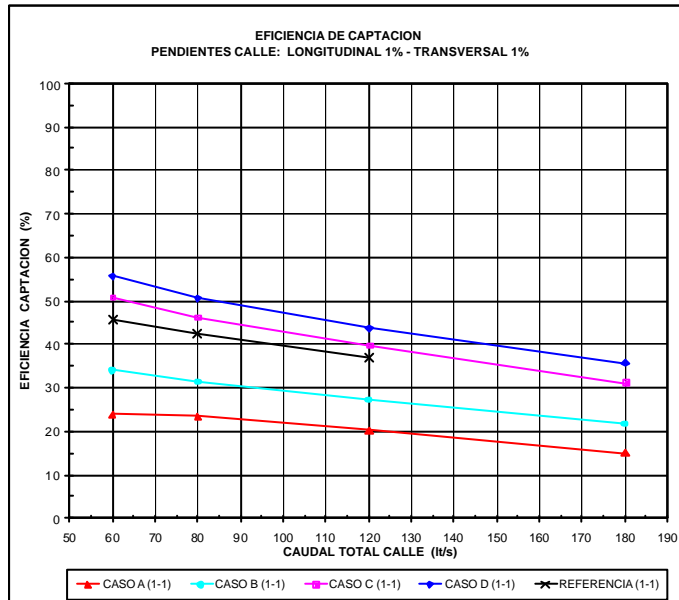


Figura 9.- Eficiencias de Captación en función del Caudal Total para Pendiente Longitudinal de 1%.

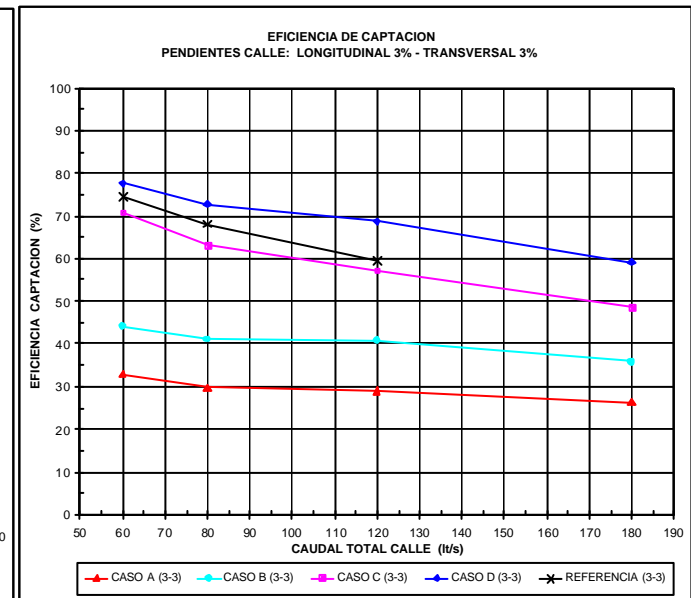
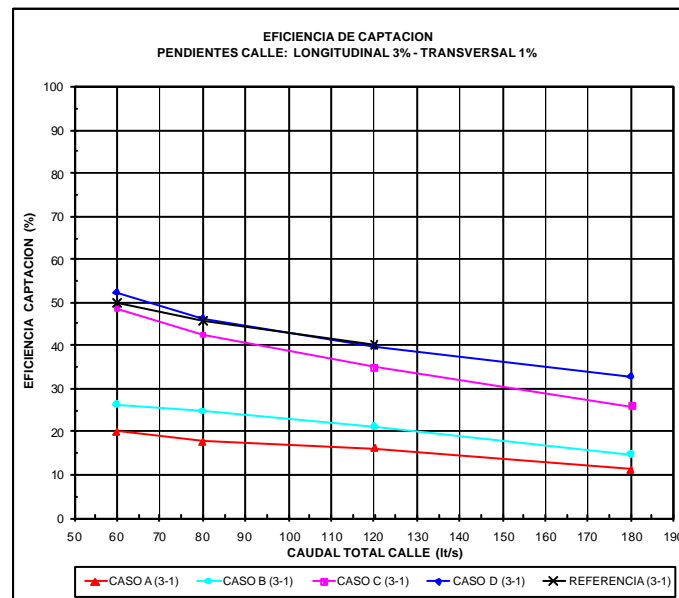


Figura 10.- Eficiencias de Captación en función del Caudal Total para Pendiente Longitudinal de 3%.

Sobre la base de los resultados obtenidos se puede expresar lo siguiente:

Se confirma en general, en todos los casos, que la eficiencia de captación de los sumideros disminuye al incrementarse el caudal que escurre por la calle. Del mismo modo, la eficiencia disminuye con el aumento de la pendiente longitudinal de la calle y ésta aumenta a mayor pendiente transversal de la calle.

Con respecto a los Casos A y B, en que se analiza la longitud de vertido de la calle al sumidero, muestra lo siguiente:

- El Caso A, presenta, para todas las combinaciones de pendientes, eficiencias de captación menores que las correspondientes al sumidero en la calle (referencia), siendo mayor esta diferencia para pendientes longitudinales más altas. Para $Q_T=120[\text{lt/s}]$, según la pendiente longitudinal, la eficiencia de captación para $P_T=1\%$ varía aproximadamente entre el 15 y 30% y para $P_T=3\%$ entre el 30 y 50%.
- El Caso B, presenta sólo para la pendiente longitudinal baja (0.1%) eficiencias superiores al caso de referencia. Para $Q_T=120[\text{lt/s}]$, según la pendiente longitudinal, la eficiencia de captación para $P_T=1\%$ varía aproximadamente entre el 20 y 40% y para $P_T=3\%$ entre el 40 y 65%.
- Se observa que la Caso B logra en promedio un 10% de mayor eficiencia de captación que el Caso A. Esto se explica por la mayor longitud para el vertido del agua desde la calle hacia el sumidero (0.8m adicionales).

Con respecto a los Casos C y D, en que se analiza la incorporación de áreas de influencia en la calle para favorecer la conducción del agua al sumidero, se observa lo siguiente:

- El Caso C, para pendiente longitudinal baja (0.1%) presenta eficiencias de captación similares al caso D y superiores entre un 10 y un 20% que la situación de referencia. Para pendiente longitudinal media (1%) la eficiencia es similar al caso de referencia y para pendiente longitudinal alta (3%) la eficiencia de este caso es menor. Para $Q_T=120[\text{lt/s}]$, según la pendiente longitudinal, la eficiencia de captación para $P_T=1\%$ varía aproximadamente entre el 35 y 50% y para $P_T=3\%$ entre el 60 y 75%.
- El Caso D, presenta siempre mejor eficiencia de captación que el Caso C y que la situación de referencia. Para $Q_T=120[\text{lt/s}]$, según la pendiente longitudinal, la eficiencia de captación para $P_T=1\%$ varía aproximadamente entre el 40 y 50% y para $P_T=3\%$ entre el 70 y 80%.

Las altas velocidades desarrolladas sobre la calle para pendientes longitudinales altas, afecta la captación del sumidero lateral (en la vereda, adyacente a la calle). El flujo impacta sobre los contornos y reja del sumidero provocando gran turbulencia, especialmente sobre el talud de aguas abajo del sumidero (1:1). Esto se puede mejorar con geometrías adecuadas y/o incorporación de ventanas de captación en el sector de impacto.

El desnivel o caída entre el sumidero y el nivel de la calle favorece la disipación de energía del flujo entrante, lo que provoca una evacuación ordenada a través de la reja del sumidero. En la caída se produce una independencia del flujo captado por el sumidero.

Como se indicó previamente, este análisis y resultados son aplicables a un sumidero compuesto por una ventana lateral, de longitud igual a la intervención en la vereda, ubicada en la línea de solera.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este estudio experimental permite como principal conclusión que ubicar un sumidero fuera de la calle, con una intervención menor de ella, es posible conseguir eficiencias hidráulicas de captación comparables, e incluso mayores en algunos casos, que un sumidero similar ubicado en la calle (caso referencia).

Lo anterior permite que el diseño estructural de este sumidero sea de menor exigencia al tradicional, al no estar expuesto a la sollicitación vehicular que se desarrolla sobre la calle.

La pendiente transversal desarrolla un rol importante en el funcionamiento del sumidero. Es así como la eficiencia de captación varía del orden de un 20% al considerar pendientes de 1 o 3%.

Considerar un desnivel o caída entre el sumidero y el nivel de la calle favorece la captación, al independizar el flujo captado del de la calle y favoreciendo la disipación de energía.

El sumidero en la vereda, en un longitud y geometría adecuada, es recomendable en calles con pendiente longitudinal baja. Para mejorar la captación del sumidero, y en calles con pendiente longitudinal mayor, es recomendable considerar áreas de influencia en la calle que favorezcan o encausen el flujo al sumidero, teniendo cuidado de no afectar el tránsito vehicular.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo contó con el apoyo y financiamiento del Departamento de Aguas Lluvias de la Dirección de Obras Hidráulicas y el Centro de Innovación Tecnológica, ambas entidades pertenecientes al Ministerio de Obras Públicas de Chile.

REFERENCIAS

Gómez Manuel, Martínez Pablo y González Javier, (2000). "Análisis del comportamiento hidráulico de rejas sumideros". *XIX Congreso Latinoamericano de Hidráulica*.

Instituto Nacional de Hidráulica, INH, (2004). "Estudio experimental del funcionamiento de sumideros de aguas lluvias". Dirección de Obras Hidráulicas e Innovación Tecnológica – MOP. Resumen Ejecutivo disponible en formato pdf, en el sitio web www.inh.cl

Instituto Nacional de Hidráulica, INH, (2004). "Análisis de zonas de influencia para sumideros de aguas lluvias – primera parte"

Instituto Nacional de Hidráulica, INH, (2005). "Estudio experimental para mejorar la captación de sumideros de aguas lluvias - Etapa I" Dirección de Obras Hidráulicas e Innovación Tecnológica – MOP.

Kaliski Enrique y Cortez Ricardo, (2004). "Plataforma de pendientes variables para la experimentación de sumideros de aguas lluvias" *XXI Congreso Latinoamericano de Hidráulica, São Pedro, Estado de São Paulo, Brasil*.

Kaliski Enrique y Cortez Ricardo, (2005). "Estudio experimental del funcionamiento de sumideros de aguas lluvias". *XVII Congreso Chileno de Hidráulica, Valparaíso, Chile*.