

SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA

XVII CONGRESO CHILENO DE HIDRÁULICA

**ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL FUNCIONAMIENTO
DE SUMIDEROS DE AGUAS LLUVIAS**

**ENRIQUE KALISKI KRIGUER¹
RICARDO CORTEZ CONTRERAS²**

RESUMEN

El Instituto Nacional de Hidráulica, INH, en conjunto con la Dirección de Obras Hidráulicas y el Centro de Innovación Tecnológica, todas instituciones relacionadas con el Ministerio de Obras Públicas de Chile, realizó un estudio experimental del funcionamiento hidráulico de sumideros de aguas lluvias. Los principales logros de este estudio fueron el diseño y construcción de un Banco de Pruebas de Sumideros, actualmente en operación en el laboratorio del INH, y la experimentación de cinco sumideros y diagnóstico de su funcionamiento hidráulico, para las condiciones de pendientes de la calle más frecuentes y caudales de hasta 120 lt/s.

El Banco de Pruebas de Sumideros es suficientemente flexible como para experimentar diferentes sumideros. Comprende básicamente un circuito hidráulico y una plataforma de pendientes variables (Pendiente longitudinal hasta 10% y pendiente transversal hasta 5%) que representa una calle, en escala real (1:1), con una longitud total de 14 metros, ancho de 3,5 metros y peso aproximado de 18 toneladas.

Los resultados obtenidos de la experimentación realizada indican que la eficiencia de captación de los sumideros (Caudal captado / Caudal total de la calle) es baja y varía entre 25 y 50%. Esto explica, en gran medida, los caudales excedentes hacia aguas abajo y las inundaciones en las avenidas principales o sectores más bajos.

¹ Ingeniero civil del Instituto Nacional de Hidráulica y Académico U. de Chile. ekaliski@inh.cl

² Ingeniero civil del Instituto Nacional de Hidráulica y Académico U. Católica. rcortez@inh.cl

1. INTRODUCCIÓN

En 1970, el INH realizó el estudio denominado "Sumideros de aguas lluvias, estudio en modelo reducido", encomendado por la entonces Dirección de Obras Sanitarias. Su propósito fue proponer las modificaciones necesarias para el mejor funcionamiento hidráulico de sumideros en uso en esa época. Los resultados de los ensayos realizados permitieron proponer recomendaciones sobre aspectos de diseño de estos sumideros.

Debido a los numerosos cambios que han experimentado los sumideros de aguas lluvias y sus correspondientes características de diseño, se estimó aconsejable abordar un estudio actualizado en esta materia, que posibilite a los proyectistas lograr soluciones más seguras y disponer de antecedentes experimentales para fundamentar los diseños. A lo anterior se agrega que en Chile, en los últimos años, se ha verificado que en muchos casos, uno de los problemas de aguas lluvias habituales resulta ser la falta de capacidad de captación o mal funcionamiento de los sumideros.

En efecto, durante el desarrollo de los Estudios de Planes Maestros de Aguas Lluvias, redes primarias y redes secundarias, construcción de colectores y otras obras similares, se ha verificado que una parte importante de los problemas de inundación de las calles se debe a la mala captación de agua de los sumideros actuales.

En este contexto, tres entidades relacionadas con el Ministerio de Obras Públicas de Chile, a saber: la Dirección de Obras Hidráulicas, el Centro de Innovación Tecnológica y el Instituto Nacional de Hidráulica - ejecutor directo del proyecto - han abordado en conjunto el presente estudio experimental del funcionamiento hidráulico de sumideros de aguas lluvias, el cual tiene los objetivos siguientes:

- a) Diseñar y construir un Banco de Pruebas de Sumideros de Aguas Lluvias permanente, ubicado en el laboratorio del INH. Este banco de pruebas consiste en la representación de un tramo de calle en escala real (1:1), en el cual es posible variar los caudales que conduce, la pendiente transversal, la pendiente longitudinal y las características del sumidero.
- b) Utilizar el Banco de Pruebas mencionado para experimentación de un conjunto de sumideros de aguas lluvias de uso común en Chile, orientado a determinar su comportamiento hidráulico, para las condiciones de caudales y pendientes de la calle más habituales.

2. ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO

De acuerdo con la literatura especializada internacional que se analizó, las principales conclusiones sobre la experimentación de sumideros de aguas lluvias son las siguientes:

- a) Según la experiencia española (Nanía, 1999), se debe considerar flujos con alturas de agua no menores a 2 centímetros, para minimizar la influencia relativa de la tensión superficial.
- b) Los modelos de calles en escala 1:1 o escala real, señalados en la bibliografía consultada, tienen las siguientes ventajas:

- Se representa el fenómeno a estudiar sin efectos de interferencia por reducción de escala, en aspectos tales como la rugosidad, efectos de obstrucciones, tensión superficial, entre otros.
 - Se puede utilizar directamente los sumideros actuales, sin requerir la construcción de sumideros a escala.
 - La instalación del modelo puede ser utilizada posteriormente para verificación o experimentación de otros sumideros, como banco permanente de pruebas.
- c) Se debe cuidar y verificar que el flujo reproducido en el modelo sea unidimensional. Para esto, de acuerdo con la experiencia española, se consigue con una entrada del agua suave y con una longitud mínima de las calles.
- d) Se estima de interés determinar el *coeficiente de desagüe* (C_d) de cada sumidero que se ensaye, ya que representa la capacidad de captación de caudal, que dependería del diseño hidráulico del sumidero. De esta forma, sería posible comparar diferentes modelos o alternativas de sumidero a través de este coeficiente. Para esto, se requerirá medir en cada ensayo la altura de agua, inmediatamente antes de la entrada al sumidero.
- e) Para comparar el comportamiento hidráulico de diferentes alternativas de sumideros y sus características de ensayo, es conveniente introducir la variable *Eficiencia de Captación*, equivalente al cociente entre el caudal interceptado y el caudal total de la calle, expresado en porcentaje. La *Eficiencia de Captación* depende de las pendientes longitudinal y transversal y de las características del sumidero.
- f) De acuerdo con información proporcionada por Manuel Gómez de Universidad Politécnica de Catalunya, España, una gran mayoría de los sumideros norteamericanos tienen una depresión en la calzada / calle, que ayuda a concentrar el flujo sobre el sumidero.
- g) De acuerdo con experiencias en Chile (INH, 1970), los mejores resultados se obtuvieron con orificios en sentido longitudinal al escurrimiento. Además, se verificó que los sumideros con aristas redondeadas tienen mejor funcionamiento hidráulico.

3. DESCRIPCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE SUMIDEROS

El Banco de Pruebas, que se ilustra en la Figura 3-1 siguiente, es una instalación de tipo permanente, que comprende básicamente un circuito hidráulico y una plataforma que representa una calle, en escala real (1:1), en la cual es posible de modificar su pendiente longitudinal, “ i_L ” (hasta 10%) y transversal “ i_T ” (hasta 5%), el tipo y características del sumidero y los caudales que conduce la calle. El caudal máximo de experimentación es de 240 l/s.

La plataforma representa una calle con una longitud total de 14 metros y ancho de 3,5 metros (una pista de circulación). El peso aproximado total de la estructura es de 18 Toneladas. Se encuentra dividida en las zonas siguientes, ubicadas correlativamente desde el inicio hacia aguas abajo:



Figura N° 3-1: Vista General de la instalación experimental de sumideros de aguas lluvias.

Descripción:

1. Sector de alimentación y control hidráulico. Grupo de bombas centrífugas que entregan el caudal a un aforador triangular. El caudal máximo de bombeo es de 240 l/s.
2. Estanque quietador para traspasar el flujo uniforme a la plataforma de ensayo.
3. Plataforma experimental de pendientes variables. Representa una calle a escala real, de dimensiones 14,0 metros de largo por 3,5 metros de ancho. El rango de pendientes es: Longitudinal (iL) : 0 – 10% y transversal (iT): 0 – 5%.
4. Zona de sumideros. Permite la instalación de sumideros sobre la calle o vereda, con zonas de influencia o de acercamiento del flujo al sumidero.
5. Obra de recepción y registro del caudal no captado por los sumideros y retorno del agua.

- Zona 1: Alimentación: Grupo motobomba y registro de caudales, aquietadores de flujo y de ondas producto de la entrega del estanque de cabecera de la plataforma, de 0,50 m de longitud desde el inicio.
- Zona 2: Zona de estabilización del flujo, para asegurar un escurrimiento de tipo unidimensional en la aproximación a los sumideros. Su longitud es de 5,50 metros.
- Zona 3: Zona de sumideros (en la calle). En los 4,00 metros siguientes a la Zona de estabilización del flujo, se ubica una zona dividida en cuatro módulos de 1 metro cada uno, donde se ubica el sumidero y su respectiva zona de influencia a ensayar. Esta zona de la plataforma es flexible, según los objetivos de la experimentación.
- Zona 4: Zona de sumideros (en la vereda). Similar a la anterior, que se ubica inmediatamente hacia el lado izquierdo de la calle (en el sentido del flujo), donde es posible colocar hasta dos sumideros para ensayar en esta zona.
- Zona 5: Zona de fijación de las condiciones de aguas abajo, de 4,00 metros de longitud.

Para modificar la pendiente longitudinal, la plataforma tiene un pivote en su extremo superior y volantes regulables en los otros apoyos, de modo que en el otro extremo la variación máxima puede ser hasta de 1,40 metros, con lo cual, dada la longitud de 14,0 m, se puede lograr una pendiente longitudinal de hasta un 10%. En forma análoga, la plataforma puede girar con respecto a un eje en su lado derecho, con lo cual se puede lograr una pendiente transversal de hasta un 5%.

Para soportar la plataforma, se construyó tres marcos metálicos de 2.50 metros de altura, ubicados a 0.675 (m), 6.00 (m) y 12.00 (m), medidos desde el inicio. La plataforma está montada sobre cuatro vigas reticuladas longitudinales de 40 (cm) de altura por 14 (m) de largo. Sobre éstas, se instaló una placa de acero de 4 mm que soporta la losa de 5 (cm) de hormigón.

4. EXPERIMENTACIÓN REALIZADA

4.1 Sumideros utilizados

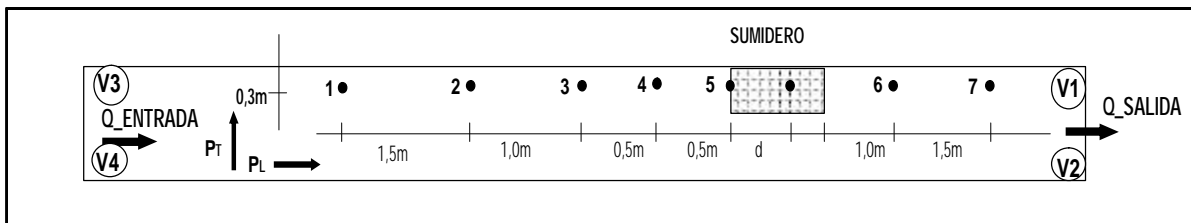
Se realizó la experimentación con cinco sumideros, cuyas principales características se indican en el Cuadro 4.1-1. Los sumideros 1 a 4 están conformados por rejas con barras de acero longitudinales y barras transversales. En cambio, la reja del sumidero 5 es de acero macizo.

**CUADRO 4.1-1
PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS SUMIDEROS UTILIZADOS**

Nº	Dimensiones Ancho x Largo (m)	Área Efectiva de Captación (%)	Ranura Tipo (mm)	Peso (Kg)	Proveedor	Obs.
1	0,7 x 1,0	50,9	67 x 65	143.5	DOH	Con ventana lateral
2	0.7 x 2,0	50,9	67 x 65	287.0	DOH	Dos sumideros tipo 1
3	0.4 x 1,0	68,5	40 x 90	50.0	SERVIU	Similar a tipo S1
4	0.5 x 1,4	66,0	1400 x 20	161.5	I. M. de Las Condes	Sólo pletinas longitudinales
5	0.8 x 1,0	58,7	70 x 70	200.0	DOH	Acero macizo

4.2 Mediciones realizadas en cada serie de experiencias

- a) Verificación de las pendientes de la plataforma: Para cada combinación de pendientes, se verificó las cotas de cuatro puntos de la plataforma, a partir de lo cual se determina y verifica las pendientes que se desea ensayar. En la Figura 4.2-1 siguiente, se ilustra la disposición en planta de los cuatro puntos fijos de verificación de cotas, denominados V1, V2, V3 y V4. Se ilustra además los puntos denominados del 1 al 7 para medición del eje hidráulico en torno al sumidero.



Esquema 4.2-1: Disposición en Planta de Puntos Característicos de Mediciones

- b) Caudal de Entrada: Se mide a través de un aforador triangular.
- c) Niveles de agua en 7 puntos de la plataforma: De acuerdo con lo ilustrado en el esquema anterior, se efectuó las mediciones de niveles de agua de los puntos denominados 1 a 7. De estos puntos, 4 se ubican aguas arriba de la reja, 1 se ubica en la entrada de la reja y los dos restantes aguas abajo de la reja.
- d) Caudal de Salida: El caudal no captado o de salida de la plataforma se mide en un canal receptor, que permite conducir y aquietar las aguas, hasta un vertedero de tipo triangular, similar al señalado anteriormente. De esta forma, el caudal captado por el sumidero se determina como la diferencia entre los dos caudales medidos.

4.3 Resultados Obtenidos

En cuadro incluido en anexo N° 1 se ha sintetizado los resultados de eficiencia de captación obtenidos, con cada uno de los cinco sumideros ensayados (Ver fotografías seleccionadas en anexo N° 2), para las diferentes combinaciones de pendientes longitudinales y transversales.

En las Figuras 4.3-1, 4.3-2 y 4.3-3 siguientes se ilustra las eficiencias de captación de los cinco sumideros ensayados, para el caudal total máximo de 120 l/s y pendientes longitudinales de 0,1 %, 1,0% y 3,0%.

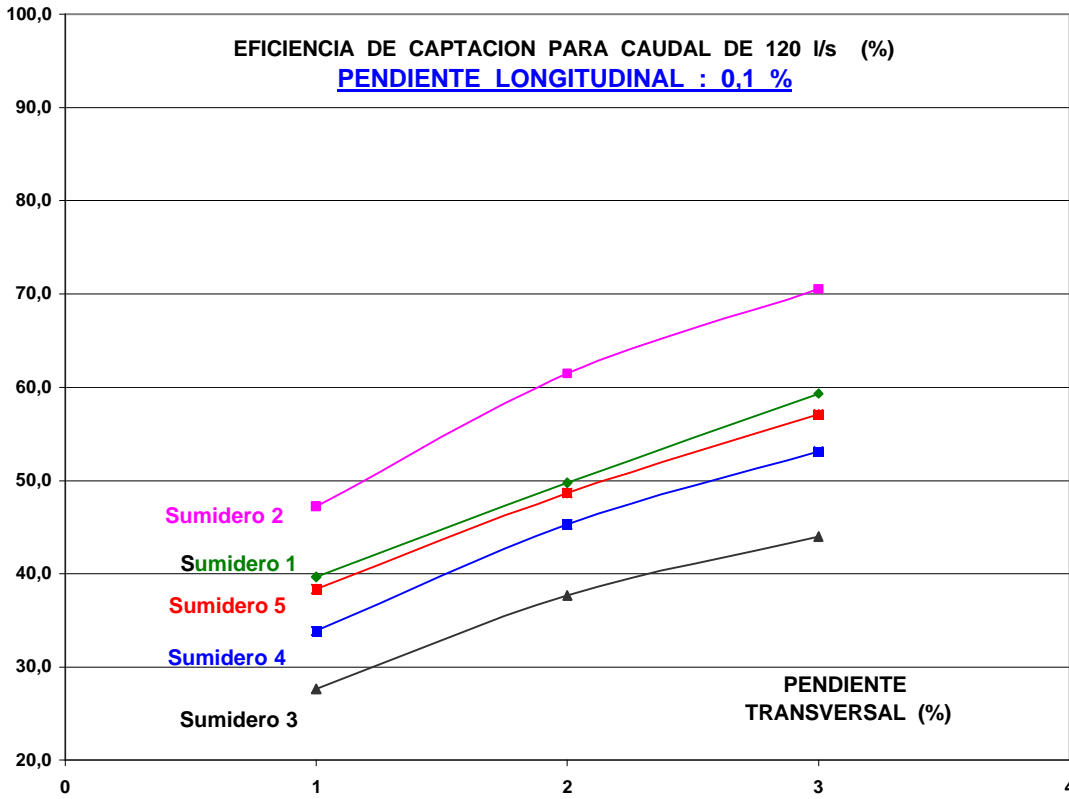


Figura 4.3-1 Eficiencias de captación para pendiente longitudinal de 0,1 %.

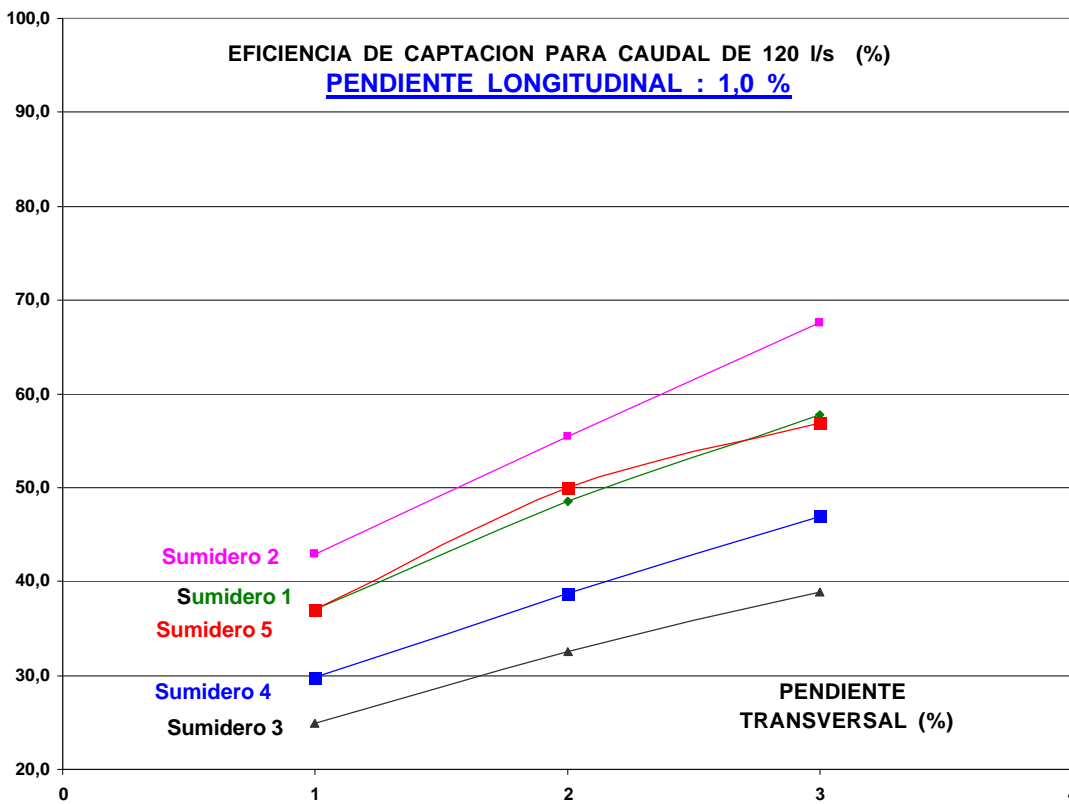


Figura 4.3-2 Eficiencias de captación para pendiente longitudinal de 1,0 %.

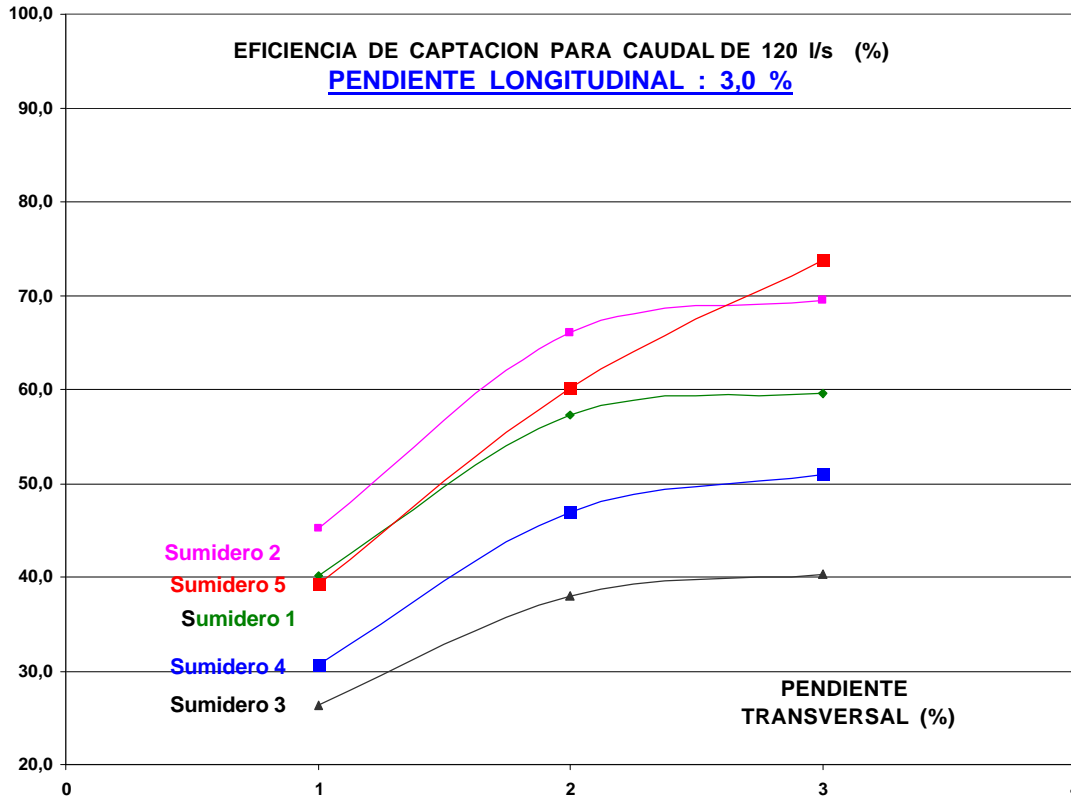


Figura 4.3-3 Eficiencias de captación para pendiente longitudinal de 3,0 %.

4.4 Experiencias adicionales realizadas con sumidero N° 1

a) Experimentación con ventana lateral sellada

El propósito de esta experimentación fue determinar el aporte de la ventana lateral en la captación de agua del sumidero. Para esto se realizó series de experiencias, con pendiente longitudinal de 0,5% y de 3,0%, sin la ventana lateral.

Los resultados obtenidos demostraron que la diferencia de Eficiencia de Captación promedio, entre las situaciones con y sin ventana lateral, varían entre 0,08% y 0,52%, es decir, prácticamente no hay diferencia apreciable entre ambas situaciones.

b) Experimentación con reja del sumidero sellada

El propósito de estas experiencias fue determinar la captación de sólo la ventana lateral del sumidero, con la reja del sumidero sellada (obstruida). Para esto, se realizaron experiencias con pendiente longitudinal de 0,5% y pendientes transversales de 1, 2, 3, 4 y 5%. En estas cinco condiciones de pendientes, se ensayó el caudal máximo de 120 lt/s.

En el Cuadro 4.4-1 siguiente, se entrega los resultados obtenidos con los correspondientes resultados con y sin ventana la reja del sumidero.

CUADRO 4.4-1
Resultados Sumidero N° 1 – Análisis ventana lateral con reja sellada
(caudal total de 120 lt/s y pendiente longitudinal iL de 0.5%)

PENDIENTE TRANSV. iT (%)	EFICIENCIA DE CAPTACION (%)	
	REJA SUMIDERO TAPADA	REJA SUMIDERO LIBRE
1	15.9	36.2
2	16.5	48.0
3	18.4	58.1
4	20.7	64.6
5	21.2	70.9

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En general, los resultados obtenidos de la experimentación realizada indican que la eficiencia de captación de los sumideros (Caudal captado / Caudal total de la calle) es baja y varía entre 25 y 50%. Esto explica, en gran medida, los caudales excedentes hacia aguas abajo y las inundaciones en las avenidas principales o sectores más bajos.

Se indica a continuación conclusiones sobre aspectos específicos observados en la experimentación realizada.

a) Influencia de las pendientes de la plataforma

- La pendiente longitudinal prácticamente no influye en la captación del sumidero.
- Lo que más influye en la eficiencia de captación es la pendiente transversal. Se verifica que a mayor pendiente transversal, es mayor la eficiencia de captación.
- Para la pendiente transversal menor a 3%, a mayor pendiente longitudinal disminuye la eficiencia de captación.

b) Influencia del caudal total de la calle

La eficiencia de captación disminuye con el aumento de caudal total de la calle.

c) Ventana lateral

Se verifica que la ventana lateral no coopera en la captación, resultando prácticamente la misma eficiencia de captación.

d) Reja obstruida

Con la reja completamente obstruida (tapada), la ventana lateral capta entre un 20 a un 40% menos que el sumidero completo, dependiendo de la pendiente transversal.

e) Aporte de una segunda reja

Se observó que en todos los casos, el aporte de la segunda reja, en términos de una mayor eficiencia de captación, no es sustancial. En efecto, la mayor eficiencia de captación es en promedio de aproximadamente un 10%, variando entre 5,1 y 17,7%.

f) Influencia del ancho que enfrenta el flujo.

Se observa que uno de los factores que más influye en la eficiencia de captación es el ancho de la reja que enfrenta el flujo. En particular, se observó que el sumidero N° 3 (ancho 0,40 m) arrojó las eficiencias de captación más bajas, en tanto que el resto de los sumideros, de anchos 0,70 (Sumideros N° 1, 2 y 4) tienen eficiencia de captación mayores y del mismo orden de magnitud. Por su parte, el sumidero N° 5, de ancho 0,80 m, tiene en general la mayor eficiencia de captación, debido al diseño especial de la reja y al mayor ancho que enfrenta el flujo.

g) Resultados comparativos de los sumiderosg.1) Para los resultados de caudal máximo ensayado (120 l/s)

Para la pendiente longitudinal baja, de 0,1 %, el sumidero de mejor eficiencia de captación resultó ser el N° 2 (Dos rejas tipo 1). A continuación, resulta de mayor eficiencia de captación el sumidero N° 1, seguido del N° 5. Lo anterior, se produce también para las pendientes longitudinales de 1% y 3%, siendo la única excepción la combinación de pendientes longitudinal 3% y transversal 3%, en cuyo caso el sumidero N° 5 supera levemente al N° 2.

En todos los casos estudiados, los sumideros N° 3 y N° 4 tienen las menores eficiencias de captación.

g.2) Para las experiencias con caudales entre 20 y 100 l/s

Se observa siempre una menor eficiencia de captación de los sumideros 3 y 4, en relación con los otros sumideros. Las eficiencias de captación del sumidero 2 (2 rejas) es siempre levemente superior al N° 1, en promedio un 10% más de eficiencia de captación. La eficiencia de captación del sumidero N° 5 (Reja diseño especial de la DOH), es siempre muy similar a la del sumidero N° 1.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo y financiamiento otorgado para este proyecto, a la Dirección de Obras Hidráulicas y al Centro de Innovación Tecnológica, ambas instituciones vinculadas al Ministerio de Obras Públicas de Chile.

REFERENCIAS

Gómez Manuel, Pablo Martínez, Javier González, 2000. Análisis del comportamiento hidráulico de rejillas y sumideros. XIX Congreso Latinoamericano de Hidráulica.

Gómez Manuel, González Javier y otros, 1998, "Una metodología de sumideros y de cálculo del caudal captado en viales urbanos". XVIII Congreso latinoamericano de Hidráulica Oaxaca, México.

Instituto Nacional de Hidráulica, 1970. Sumideros de aguas lluvias, Estudio en modelo reducido, Dirección de Obras Sanitarias.

Instituto Nacional de Hidráulica, INH, 2004. Estudio Experimental del Funcionamiento de Sumideros de Aguas Lluvias. Dirección de Obras Hidráulicas e Innovación Tecnológica – MOP.

Instituto Nacional de Hidráulica, INH, Sitio web www.inh.cl. Estudio Experimental del Funcionamiento de Sumideros de Aguas Lluvias. Resumen Ejecutivo. (Formato pdf).

Nanía, Leonardo Escobar, Gómez Manuel, Dolz José, 1998, Modelación de la escorrentía pluvial en cruces de calles, XVIII Congreso latinoamericano de Hidráulica Oaxaca, México.

Nanía, Leonardo Escobar, 1999. Metodología Numérico Experimental para el Análisis del Riesgo Asociado a la Escorrentía Pluvial en una Red de Calles. Tesis doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya.

Pezzaniti David, Linton Johnston and John R. Argue, 1999. Road Surface Stormwater drainage hydraulics new design information. Sydney, Australia.

S. C. Kranc and others, may 2001, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Hydraulic Performance of several curb and gutter inlets.

U.S. Department of Transportation, 2001. Hydraulic Engineering Circular N° 22, Second Edition (HEC-22). Urban Drainage Design Manual.

ANEXO N° 1: EFICIENCIAS DE CAPTACION OBTENIDAS DE LA EXPERIMENTACION (%)

N° SUMIDERO	P. Transv (%)	P. Longitudinal = 0,1 %						P. Longitudinal = 1,0 %						P Longitudinal = 3,0 %					
		Caudales en lt / s						Caudales en lt / s						Caudales en lt / s					
		20	40	60	80	100	120	20	40	60	80	100	120	20	40	60	80	100	120
1 (DOH 0,70 x 1,00 m)	1,0	68,8	55,5	49,3	45,1	41,1	39,7	59,7	50,3	45,8	42,3	38,9	37,0	64,0	54,8	49,7	45,6	42,6	40,1
	2,0	86,3	72,6	64,5	57,9	52,6	49,7	82,9	69,3	61,0	54,6	50,7	48,5	81,8	73,0	69,2	65,7	61,5	57,2
	3,0	95,2	83,3	74,8	68,8	63,5	59,3	94,4	82,1	74,4	68,2	62,3	57,8	94,4	82,8	74,2	68,1	61,8	59,6
	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	88,3	82,0	76,0	72,0	-	-	-	-	-	-
2 (Dos sumideros N° 1)	1,0	-	-	59,4	54,5	49,7	47,2	-	-	53,2	49,3	45,1	42,9	-	-	57,4	52,8	48,3	45,2
	2,0	-	-	77,7	71,1	65,7	61,5	-	-	71,1	64,1	59,4	55,5	-	-	74,5	71,2	68,4	66,1
	3,0	-	-	87,4	80,6	75,0	70,5	-	-	86,0	79,1	72,4	67,5	-	-	81,5	75,1	71,5	69,5
	5,0	-	-	99,1	95,0	90,3	86,3	-	-	98,4	93,7	88,7	84,6	-	-	98,4	94,1	88,0	81,2
3 (SERVIU 0,40 x 1,00 m)	1,0	53,5	41,4	-	32,7	-	27,6	43,3	35,3	-	29,4	-	24,9	47,5	39,0	-	31,8	-	26,4
	2,0	71,8	57,1	-	45,0	-	37,7	64,2	51,9	-	37,9	-	32,5	64,8	52,7	-	46,0	-	37,9
	3,0	82,7	67,0	-	53,2	-	44,0	76,7	62,6	-	49,8	-	38,9	77,7	61,7	-	47,8	-	40,4
	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	93,2	81,2	-	61,6	-	45,9
4 (I.M. Las Condes 0,50 x 1,40 m)	1,0	60,8	48,7	-	39,7	-	33,9	49,7	41,1	-	34,8	-	29,8	51,7	43,7	-	35,2	-	30,6
	2,0	80,9	66,4	-	53,1	-	45,3	72,3	59,0	-	45,3	-	38,8	69,9	59,7	-	52,3	-	47,0
	3,0	91,2	77,8	-	62,7	-	53,1	86,0	71,5	-	58,2	-	47,0	84,8	68,9	-	55,3	-	50,9
	5,0	99,3	91,0	-	76,4	-	65,9	-	89,1	-	71,6	-	61,5	97,4	89,0	-	73,9	-	59,2
5 (DOH acero macizo 0,80 x 1,00 m)	1,0	66,9	55,5	-	44,0	-	38,4	63,8	53,6	-	43,2	-	37,0	72,1	57,6	-	46,1	-	39,3
	2,0	85,2	70,1	-	57,6	-	48,7	82,5	69,0	-	56,9	-	50,0	92,9	81,5	-	70,4	-	60,1
	3,0	94,1	81,4	-	67,4	-	57,1	93,9	83,0	-	66,3	-	56,8	96,3	87,7	-	78,0	-	73,8
	5,0	99,7	94,0	-	80,1	-	69,9	-	94,9	-	83,4	-	72,0	99,0	96,6	-	82,7	-	73,7

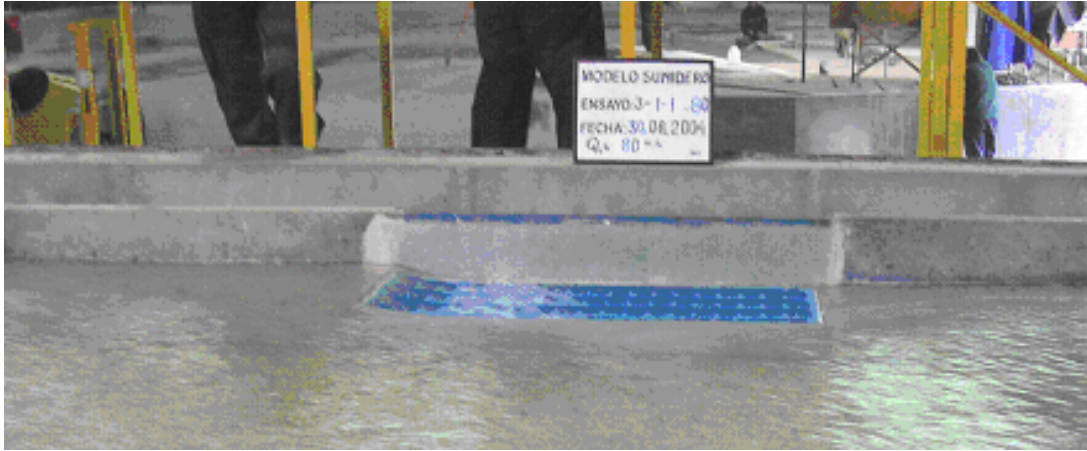
ANEXO N° 2: FOTOGRAFIAS



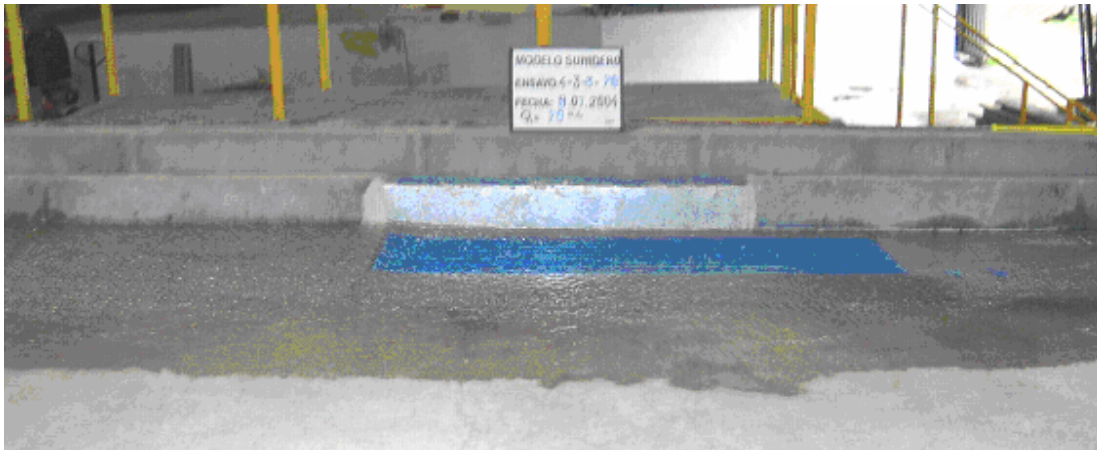
Sumidero N° 1 – i L= 0.5% – i T= 2% – Q= 80 lt/s



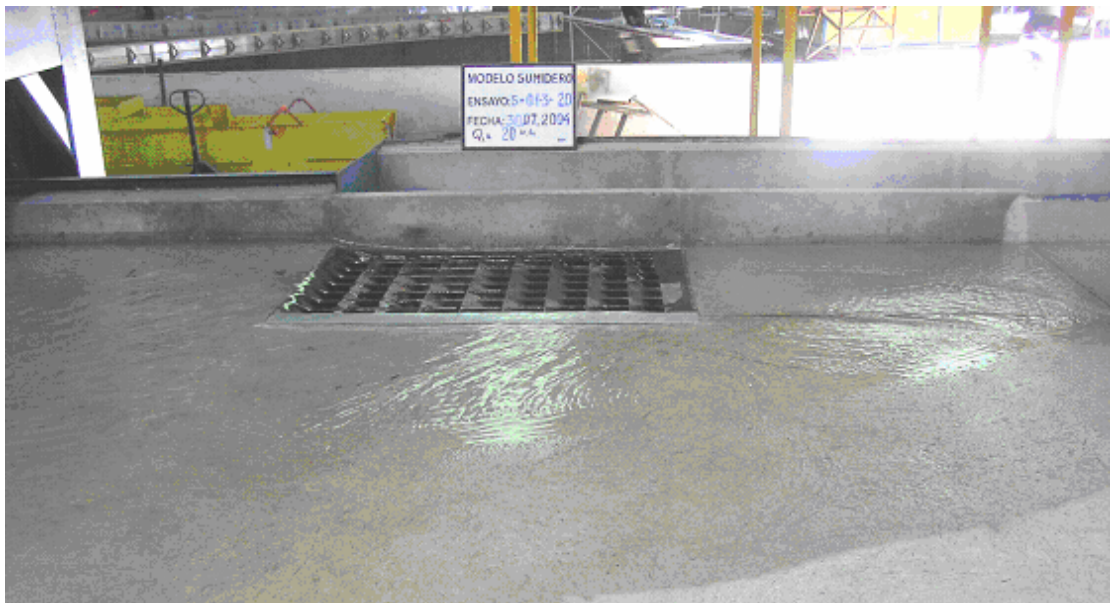
Sumidero N° 2 – i L= 3% – i T= 5% – Q= 120 lt/s



Sumidero N° 3 – i L= 1% – i T= 1% – Q= 80 lt/s



Sumidero N° 4 – i L= 3% – i T= 3% – Q= 20 lt/s



Sumidero N° 5 – i L= 0.1% – i T= 3% – Q= 20 lt/s

