

UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

Profesor Patrocinante:
Dr. Álvaro Suazo Schwencke



**CATASTRO DE LAS REJILLAS DE
SUMIDEROS DE AGUAS LLUVIAS EN
VÍAS COLECTORAS DEL CENTRO DE
CONCEPCIÓN**

Proyecto de Título presentado en conformidad a los requisitos para obtener el título
de Ingeniero Civil.

YEFERSON CASTRO ROJAS

VÍCTOR MUÑOZ PORTIÑO

Concepción, Marzo de 2019.

Dedicatoria:

*A mis padres los que siempre han
confiado en mis capacidades y me
apoyan en todo lo que me propongo.*

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradezco a mis padres Yasna y Heriberto, quienes siempre me han apoyado y confiado en mis capacidades, además de ser quienes me entregaron una sólida formación en valores lo que me ha permitido siempre actuar de forma correcta.

A Víctor, mi amigo y compañero, quien ha sido un apoyo fundamental durante estos últimos años.

Quiero agradecer primeramente a mis padres Sonia y Enrique por ser los principales impulsores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

A mis hermanas por apoyarme y ayudarme bajo cualquier condición en mi vida, brindándome ánimo, apoyo y complicidad.

A mi amigo y compañero Iván, quién es una de las personas importantes que la etapa universitaria sumó a mi vida, gracias por sus consejos, apoyo y paciencia.

Finalmente extender los agradecimientos a todos los compañeros y compañeras que fueron partícipes de este proceso, ya sea apoyando en algún mal momento o acompañando durante las largas tardes de estudio. Además agradecer al departamento de Ingeniería Civil y Ambiental por todo el apoyo y buena disposición entregada a lo largo de la carrera.

Índice

1	Introducción	3
1.1	Justificación del tema.....	4
1.2	Objetivos del proyecto de título.....	5
1.2.1	Objetivo general	5
1.2.2	Objetivos específicos.....	5
2	Descripción de la zona de estudio	5
3	Metodología	6
3.1	Clasificación de sumideros	7
3.2	Materialidad de rejilla sumideros.....	8
3.3	Ubicación de sumideros.....	8
3.4	Terminación de las rejillas de los sumideros	8
3.5	Dimensiones de las rejillas	9
3.6	Vías colectoras.....	10
3.7	Criterios de descripción de estado actual.....	11
3.8	Criterios de potencial falla.....	12
4	Resultados y análisis	13
4.1	Tipología de rejillas y sumideros.....	13
4.1.1	Tipos de rejillas	13
4.1.2	Tipos de sumideros según MINVU	15
4.1.3	Tipos de sumideros según SERVIU	15
4.1.4	Tipos de rejillas según materialidad y terminación	16
4.2	Fallas.....	16
4.2.1	Fallas asociadas a la clasificación MINVU.....	16
4.2.2	Fallas asociadas a la clasificación SERVIU	16
4.2.3	Fallas asociadas a rejilla del sumidero	17

4.2.4	Fallas asociadas a la materialidad.....	18
4.2.5	Fallas asociadas a la terminación.....	19
4.2.6	Fallas de la solera adyacente al sumidero.....	20
4.2.7	Fallas del pavimento adyacente al sumidero	21
5	Conclusiones	24
6	Recomendaciones	25
7	Bibliografía	26
8	Anexos	26

CATASTRO DE LAS REJILLAS DE SUMIDEROS DE AGUAS LLUVIAS EN VÍAS COLECTORAS DEL CENTRO DE CONCEPCIÓN

Autores: Yeferson Iván Castro Rojas

Víctor Manuel Muñoz Portiño

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío-Bío

Correos Electrónicos: yefcastr@alumnos.ubiobio.cl

vimmunoz@alumnos.ubiobio.cl

Profesor Patrocinante: Álvaro Suazo Schwencke

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío-Bío

Correo Electrónico: asuazo@ubiobio.cl

RESUMEN

Los sumideros son componentes importantes del sistema de evacuación de aguas lluvias, ya que son los encargados de recibir el agua superficial que escurre por las vías de la ciudad. Cabe destacar que para que el sumidero cumpla su función correctamente, es de gran relevancia el buen estado que la rejilla debe poseer. Debido al hecho de que no existe un registro actualizado del estado de las rejillas de los sumideros de aguas lluvias en Concepción, se realizó un catastro para obtener información relevante de cada sumidero. Por ejemplo, el tipo de sumidero más utilizado, cuál de estos cumple con las regulaciones vigentes que rigen los sumideros y el estado de cada uno. Para obtener la información, los sumideros ubicados en las vías colectoras fueron catastrados, tomando las medidas internas y externas de las rejillas, la profundidad y fotografías que mostraban el estado de cada rejilla. Finalmente, a través del análisis de resultados, se entregan sugerencias con respecto a la rejilla más adecuada para la demanda de cada vía. Además, se proporcionan respuestas a las preguntas previamente mencionadas.

Palabras claves: Sumidero, rejilla, vías colectoras, aguas lluvias.

7067 Palabras Texto + 10 Figuras/Tablas*250+ 1 Figuras/Tablas*500= 10070 Palabras aprox.

SURVEY OF THE GRATINGS OF STORM DRAINS IN COLLECTOR ROADS OF THE CENTER OF CONCEPCION

Authors: Yeferson Iván Castro Rojas

Víctor Manuel Muñoz Portiño

Department of Civil and Environmental Engineering, Universidad del Bío - Bío

Email: yefcastr@alumnos.ubiobio.cl

vimmunoz@alumnos.ubiobio.cl

Advisor: Álvaro Suazo Schwencke

Department of Civil and Environmental Engineering, Universidad del Bío - Bío

Email: asuazo@ubiobio.cl

ABSTRACT

Storm drains are important components of the evacuation system storms, since they are in charge of receiving the surface water that drains through the roads of the city. It is noteworthy to mention that for the drain to accomplish its function properly, it is of great relevance the good conditions that the grating must have. Due to the fact that, there is no updated data regarding the state of the gratings of storm drains in Concepcion, a cadastre of these was conducted. The cadastre allowed to obtain relevant information of the drains. Such as, the most used type of drain, which one accomplishes the current regulations that rule the drains, and the state of each one. In order to obtain the information, the drains located in the collector roads were registered, by taking the internal and external measures of the gratings, the depth plus photographs that exhibited the state of them. Finally, through the result analysis, suggestions are delivered in regard to the most appropriate grating for the demand of each road. Besides, answers to the questions previously mentioned are provided.

Key words: Drain, grating, collector roads, storm drains.

1 INTRODUCCIÓN

El sistema de aguas lluvias cumple una función importante en sectores urbanos, ya que es el encargado del escurrimiento y drenaje del agua superficial en las vías de tránsito vehicular y peatonal. Existen múltiples elementos que permiten un funcionamiento adecuado de la evacuación de aguas lluvias. Uno de estos elementos son los sumideros, los que se encargan de drenar el agua que escurre por la superficie de las calzadas, además de evitar que se introduzca una cantidad considerable de material de arrastre a los colectores. Se ha observado sumideros con fallas estructurales por lo cual el desempeño de éstos no es constante a través del tiempo, a causa de múltiples factores que pueden limitar su eficiencia a la hora de la captación de agua para luego ser dirigida a la red primaria de aguas lluvias.

En los sectores urbanos las vías colectoras tienen un rol fundamental, debido a que unen las vías arteriales secundarias y las vías locales, y así distribuyen el tráfico de las áreas urbanas, facilitando el acceso a zonas residenciales, institucionales, de gestión y empleo.

En este marco, el presente proyecto de título tiene como finalidad el catastro de los sumideros ubicados en las vías colectoras del centro de Concepción, mediante una ficha técnica que describa las propiedades y el estado actual de los sumideros.

Por lo anterior es importante tener conocimiento de las características y propiedades relevantes de las rejillas de los sumideros, como lo son la materialidad y el diseño, puesto que, tienen relación directa con su eficiencia y el buen funcionamiento de éstos.

Cabe señalar que la información y conclusiones obtenidas en este proyecto de título consideran ciertos datos que pueden ser de utilidad en futuros proyectos e investigaciones.

1.1 JUSTIFICACIÓN DEL TEMA

La comuna de Concepción presenta un alto volumen de tráfico vehicular, el cual es mayor en el centro de ésta. Además de tener un alto escurrimiento de aguas lluvias dada las condiciones del clima e infraestructura del centro de la ciudad. Es por esto que es necesario hacer un catastro de sumideros, para saber en qué condiciones se encuentran sus rejillas en las vías colectoras y así poder conocer cuál es su estado. Con esto se pueden determinar las causas y/o factores que producen un deterioro o mal funcionamiento de la rejilla y sumidero, causando una baja eficiencia en la captación de aguas lluvias, lo que provoca una disminución de serviciabilidad para los usuarios. El análisis del catastro permitirá entregar sugerencias de qué tipo de rejilla puede ser la más recomendable para la necesidad de cada calle.

De acuerdo a la Guía de diseño y especificaciones de elementos urbanos de infraestructura de aguas lluvias (MINVU, 2005) los sumideros se seleccionan considerando aspectos de tránsito, seguridad de peatones y vehículos, operación, mantención y costos, los cuales se pueden dividir generalmente en tres tipos. Sin embargo después de su construcción pueden haber sido afectados por múltiples factores, por lo tanto se requiere conocer su estado actual.

El estudio para conocer el estado en que se encuentran los sumideros será del tipo descriptivo, donde mediante una ficha técnica se describirán las propiedades, el estado y la potencial falla de los sumideros ubicados en las vías colectoras del centro de Concepción que es donde se centrará la investigación.

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO DE TÍTULO

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

- Analizar el estado de las rejillas de los sumideros de aguas lluvias en las vías colectoras del centro de la comuna de Concepción.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar ficha técnica para el catastro de las rejillas correspondientes a los sumideros de aguas lluvias en las vías colectoras del centro de Concepción.
- Describir el estado actual de los sumideros en las vías colectoras del centro de Concepción.
- Determinar causas asociadas al mal estado de los sumideros catastrados en las vías colectoras del centro de Concepción.

2 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El proyecto será realizado en la comuna de Concepción, capital de la región del Biobío. La comuna tiene una superficie de 221,6 kilómetros cuadrados, la cual alberga a 223.574 habitantes (INE, 2017).

El estudio se centrará en el centro de la comuna de Concepción, el cual está completamente urbanizado, conformado principalmente por edificios de gran altura, entidades públicas y financieras, centros comerciales y educacionales. Las calles del centro de la comuna se encuentran en su totalidad pavimentadas, por lo que el escurrimiento de las aguas lluvias se produce sin grandes problemas salvo en algunos sectores con infraestructura más antigua conformada por adoquines, donde el escurrimiento no es óptimo, sumado a que el sistema de aguas lluvias no ha sido renovado para las necesidades actuales de drenaje.

Específicamente el catastro será en las vías colectoras que conforman el centro de la comuna (Figura 1), debido a que son las arterias que conectan las zonas residenciales con las industriales. Dado esto las calles estudiadas albergan en su mayoría casi la totalidad del tráfico del transporte público, por lo que presentan una mayor densidad vehicular.

La zona de estudio tiene un área de 4,5 Km² y está conformada por 16 vías colectoras, las que sumadas dan una extensión de 23,02 Km. La vía más representativa y de mayor longitud es Avenida Los Carrera

con un largo de 2,97 Km, ubicándose al centro de la zona de estudio y conectando directamente Concepción con San Pedro de la Paz.

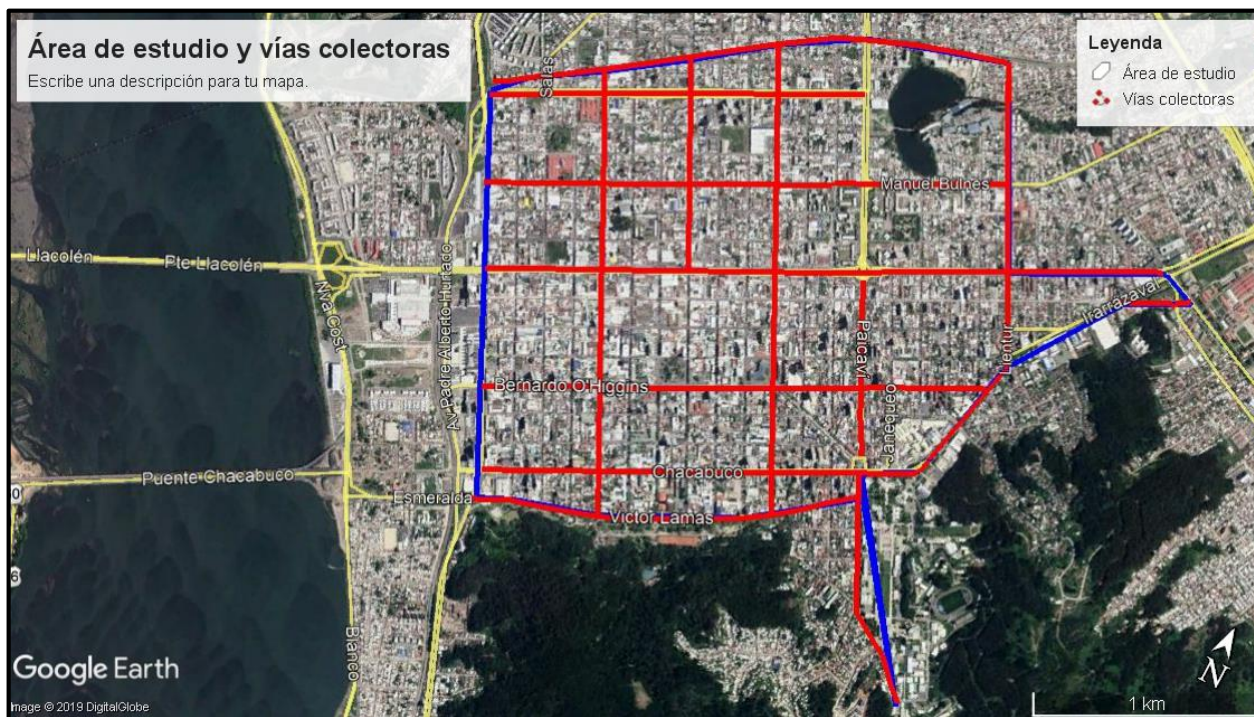


Figura 1. Área de estudio (línea azul) y vías colectoras (líneas rojas) (Fuente: Google Earth Pro, 2018).

3 METODOLOGÍA

En el presente proyecto de título se realizará el catastro de sumideros del sistema de aguas lluvias del centro de Concepción, el cual tiene como objetivo entregar información sobre el estado y potencial falla de los sumideros, para luego realizar un estudio de patrones de fallas que afectan a sus rejillas, disminuyendo su eficiencia. Finalmente se sugerirán tipos de rejillas que pueden ser recomendables para la necesidad de cada calle.

El estudio mediante el método de catastro debe contemplar las características y propiedades relevantes en el diseño de las rejillas de los sumideros, debido a que pueden ser las causantes de un deterioro o mal funcionamiento de ésta y por consecuencia del sumidero, causando una baja eficiencia en la captación de aguas lluvias.

Para realizar el estudio se analizaron los posibles métodos de catastros, dando como resultado que la opción más adecuada es una ficha técnica, que contemplará las características y propiedades relevantes en

las rejillas de los sumideros, como lo son la materialidad y diseño. Además, se considerarán datos de ubicación en coordenadas geográficas y según vías contempladas, adicional a la descripción de posibles fallas.

Los contenidos de la ficha técnica a utilizar serán descritos a continuación.

3.1 Clasificación de sumideros

Los sumideros a utilizar dependen de la demanda hidráulica del sector donde irán ubicados y de la calidad del agua que será drenada. Para realizar la clasificación de los sumideros se deben conocer las normativas que los clasifican, la normativa SERVIU y MINVU.

El SERVIU clasifica los sumideros mediante medidas establecidas en el Código de normas y especificaciones técnicas de obras de pavimentación, (MINVU, 2018). Para poder clasificar los sumideros mediante la normativa SERVIU se deben obtener, primeramente, las medidas exteriores de la rejilla, que definirán si el sumidero corresponde a uno grande o pequeño. Además mediante una inspección visual se corroborará si el sumidero presenta cámara decantadora. La clasificación se hará con un rango más amplio de medidas para así considerar rejillas con dimensiones cercanas a la normativa. Los intervalos correspondientes a cada clasificación según el estudio se detallan en la tabla 1.

Tabla 1. Intervalos de dimensiones normativa SERVIU (Fuente: Elaboración propia)

Tipo de sumidero	Dimensiones (mm)					
	Largo			Ancho		
	Mínimo	Norma	Máximo	Mínimo	Norma	Máximo
S1	860	980	1.100	290	410	530
S2	540	660	780	290	410	530
S3	860	980	1.100	290	410	530
S4	540	660	780	290	410	530

La clasificación según la normativa MINVU (2005) se realizará mediante una inspección visual de la ubicación del sumidero en la calzada y la forma de captar el flujo superficial, clasificando en:

- a) Sumideros horizontales, con rejilla, ubicados en la cuneta. Funcionan efectivamente dentro de un rango amplio de pendientes de la calle, pero las rejillas se obstruyen con facilidad y pueden generar inconvenientes para ciclistas y peatones. Corresponden a los tipos S3 y S4 del SERVIU, los que incluyen cámara decantadora.

- b) Sumideros laterales de abertura en la solera. Funcionan admitiendo objetos arrastrados por la corriente, pero su capacidad decrece con la pendiente, de manera que no se recomiendan para calles con pendientes longitudinales superiores al 3%. Pueden confeccionarse a partir del tipo S2 del SERVIU si se elimina la abertura horizontal en la cuneta. Cuando se utilice este tipo de sumidero se recomienda aumentar la pendiente transversal de la calzada en la zona de la cuneta.
- c) Sumideros mixtos. Combinan aberturas horizontales en la cuneta y laterales en la solera. Se recomiendan para un amplio rango de condiciones. Corresponden a los tipos S1 y S2 del SERVIU, los que se conectan a cámara.

3.2 Materialidad de rejilla sumideros

La materialidad recomendada para la fabricación de rejillas de sumideros es fierro fundido y acero laminado MOP (2013), no especificando los criterios considerados para la recomendación. Por ello es importante identificar en el catastro el material de cada rejilla, para luego mediante el análisis de estado, se puedan descubrir fallas asociadas a las rejillas de cierto tipo de material, correspondientes a fallas relacionadas a: fractura, flexión, empalmes y uniones, erosión, corrosión y grietas.

3.3 Ubicación de sumideros

La ubicación de los sumideros se rige mediante recomendaciones instauradas según MINVU (2005). Además de la necesidad que presente el sistema de evacuación de aguas lluvias de la zona urbana.

Por lo anterior, es indispensable tener un registro de la ubicación de cada sumidero, para así poder identificar cuales tienen alguna falla y poder aplicar la mantención adecuada. Se considerarán datos de ubicación en coordenadas geográficas y según vías contempladas, usando el programa Google Earth Pro (2018) se ubicará el punto de ubicación del sumidero, vinculado a su ficha técnica.

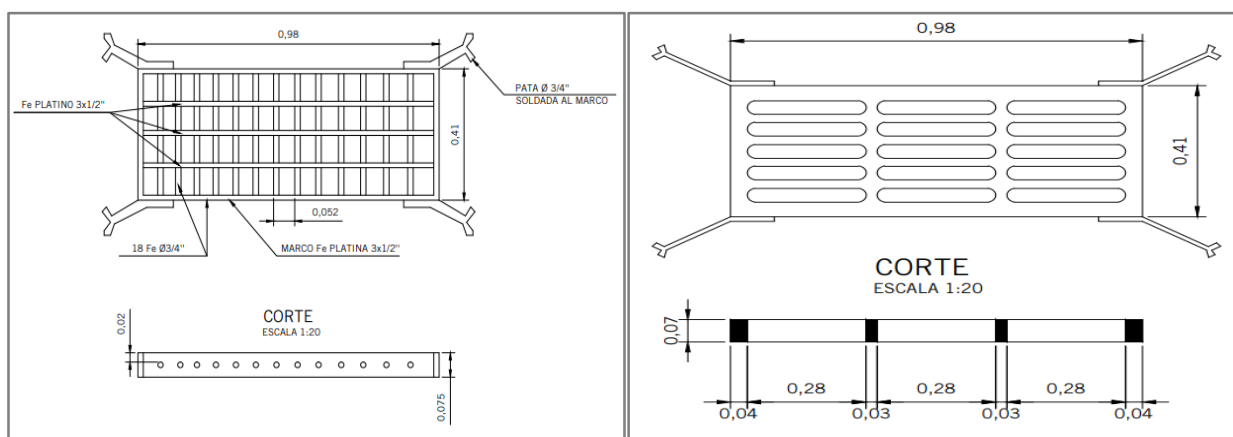
3.4 Terminación de las rejillas de los sumideros

Según las recomendaciones MINVU (2018) la terminación de las rejillas debe ser con patas de anclaje. Sin embargo mediante investigación en catálogos de empresas dedicadas a la fabricación de sumideros y rejillas se obtuvo que además de la terminación antes mencionada existen el marco abatible, marco fijo y rejilla removible (ACUSTERMIC, 2015).

La terminación de la rejilla tiene directa relación con el tipo de sumidero utilizado, ya que, si el sumidero no tiene cámara decantadora se debería buscar facilitar la limpieza y mantención del sumidero con alguna terminación que permita hacer esto. La identificación del tipo de terminación se hará mediante una inspección visual in situ durante el catastro del sumidero y se apuntará en la ficha técnica respectiva.

3.5 Dimensiones de las rejillas

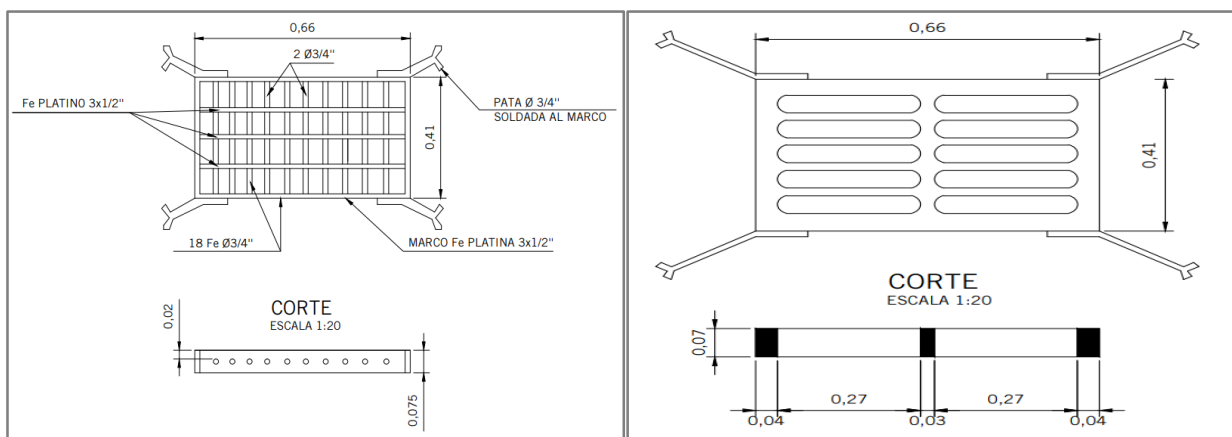
Los sumideros aprobados por el SERVIU (2018), se clasifican según tamaño y tipo de conexión. Las dimensiones de las rejillas varían mediante la necesidad de tamaño del sumidero, considerando el aporte hidráulico que tiene el caudal que captará. Según lo anterior es de primordial necesidad considerar las dimensiones en el catastro. Es por eso que mediante las normas MINVU (2018) se presenta dos rejillas tipos, con sus dimensiones externas, aperturas y espesores utilizados, los cuales ayudarán a formar criterios de comparación en terreno y se presentan en las figuras 2a, 2b, 3a y 3b.



a) Acero laminado

b) Fierro fundido

Figura 2. Rejilla tipo horizontal para sumidero grande (Fuente: MINVU, 2018)



a) Acero laminado

b) Fierro fundido

Figura 3. Rejilla tipo horizontal para sumidero pequeño (Fuente: MINVU, 2018)

En el caso de rejilla en los sumideros laterales, no existe recomendación. Es por eso que se medirá las dimensiones que se estimen pertinentes para el estudio de fallas asociadas a las rejillas.

3.6 Vías colectoras

Las vías seleccionadas para el catastro constituyen el centro de la comuna de Concepción y fueron identificadas siguiendo como guía la Ordenanza local del plan regulador comunal de Concepción (Municipalidad de Concepción, 2015).

Las vías colectoras correspondientes al estudio se detallan en la tabla 2.

Tabla 2. Vías colectoras centro de Concepción (Fuente: Municipalidad de Concepción, 2015)

Nombre	Tramo		Longitud Km	Número de cuadras
	Inicio	Fin		
Av. V. Mackenna	Amunategui	Lientur	2,28	18
Manuel Rodríguez	Av. Arturo Prat	Paicaví	1,64	13
Manuel Bulnes	Av. Arturo Prat	Lientur	2,29	18
Av. Los Carrera	Av. Arturo Prat	Av. Collao	2,97	24
Maipú	Irarrázaval	Av. Collao	0,34	3
Av. B. O'Higgins	Roosevelt	Av. Arturo Prat	1,40	17
Roosevelt	Lientur	Paicaví	0,32	8

Av. Chacabuco	Paicaví	Av. Arturo Prat	1,65	13
Víctor Lamas	Pedro de Valdivia	Edmundo Larenas	1,70	13
Lincoyán	Víctor Lamas	Av. V. Mackenna	1,95	16
Aníbal Pinto	Av. V. Mackenna	Av. Los Carrera	0,93	7
Tucapel	Víctor Lamas	Av. V. Mackenna	2,10	16
Victoria	Edmundo Larenas	Campus UdeC	0,47	5
Edmundo Larenas	Plaza Perú	Victoria	0,57	5
Paicaví	Av. Los Carrera	Plaza Perú	0,77	7
Lientur	Av. V. Mackenna	Roosevelt	1,64	14

3.7 Criterios de descripción de estado actual

Debido a que se necesita conocer el estado actual de los sumideros es que se deben definir criterios de estado y así poder establecer patrones de las condiciones en que se encuentran los sumideros en la actualidad. Dado que la rejilla del sumidero funciona en conjunto con el pavimento circundante y la solera es que mediante una inspección visual se evaluará el estado actual de cada parte y se definirá si en conjunto da que el sumidero esté en buen, regular o mal estado.

Los criterios que definen el estado del sumidero son:

- Si la rejilla no presenta deformaciones, el pavimento circundante se encuentra prolijo y la solera está sin grietas ni hormigón faltante, se considerará que el sumidero está en buen estado.
- Si la rejilla no presenta deformaciones, pero el pavimento circundante o la solera presentan grietas o le faltan trozos de hormigón, se considerará que el sumidero está en regular estado.
- Si la rejilla presenta deformaciones, fisuras o le faltan partes, además el pavimento circundante presenta grietas o fisuras y la solera presenta grietas o no se encuentra, se considerará que el sumidero está en mal estado.

3.8 Criterios de potencial falla

Completando la etapa de descripción del estado actual de las rejillas y los sumideros, se debe observar y analizar diversos casos de fallas que pueden afectar a corto o largo plazo el funcionamiento. Este criterio considerará tres subdivisiones de factores de los sumideros propensos a fallas que pueden afectar directamente la eficiencia, los cuales son: rejilla, pavimento y solera. En el caso de la rejilla se tomarán en cuenta daños directos a su materialidad, diseño y dimensiones en lo cual el daño, aunque sea menor, se deberá observar y estudiar el avance de esta falla.

En el caso de la solera y pavimento se debe observar diversas fallas que directa o indirectamente influyen en la rejilla y el sumidero, considerando factores como asentamiento, deformación, y problemas en las uniones de las rejillas.

Cabe destacar que mediante avance el catastro se irá repitiendo patrones de fallas, los cuales comenzarán a ser analizados para comprender la intervención de éstos en la eficiencia de los sumideros. Además de descubrir la causante principal de la falla, identificando si es un factor de mal diseño del sumidero como elemento del sistema de agua lluvias, o un factor externo que está interviniendo de forma negativa al funcionamiento.

4 RESULTADOS Y ANÁLISIS


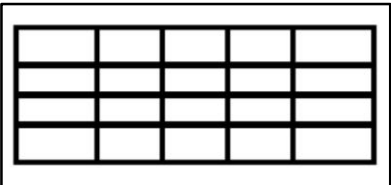
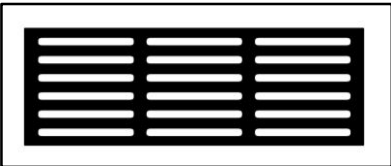
En el presente capítulo se presentará los datos obtenidos en el catastro de sumideros en el centro de la comuna de Concepción, realizando un análisis de resultados para obtener actuales y posibles fallas, además de un informe del estado existente.

4.1 Tipología de rejillas y sumideros

4.1.1 Tipos de rejillas

En las tablas 3 y 4 se presentan los tipos de rejillas encontrados en el catastro de las vías colectoras. Dos de ellas (R1 y R3) son las que aparecen en MINVU (2018). Las demás fueron encontradas en terreno mientras se realizaba el catastro.

Tabla 3. Rejillas horizontales (Fuente: Elaboración propia)

Tipo	Materialidad	Descripción	Esquema
R1	Acero laminado	Conformada por barras en vertical, pletinas en horizontal y marco exterior. Uniones soldadas, dimensiones varían en cada caso.	
R2	Acero laminado	Conformada por barras en horizontal, pletinas en vertical y marco exterior. Uniones soldadas, dimensiones varían en cada caso.	
R3	Fierro fundido	Dimensiones varían en cada caso, a excepción del espesor que en todos los casos era 3,5 cm.	

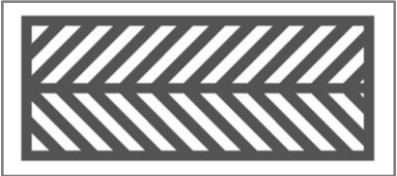

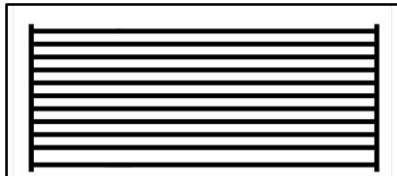
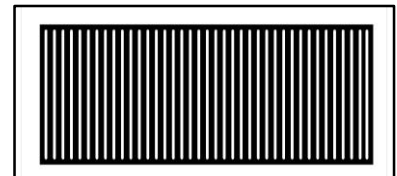


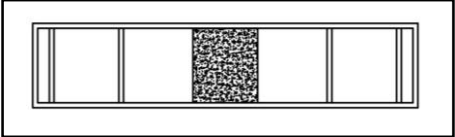

R4	Fierro fundido	Dimensiones varían en cada caso, uso en ciclovías para facilitar el tránsito de bicicletas, debido a su geometría.	
R5	Fierro fundido	Dimensiones varían en cada caso, uso en ciclovías para facilitar el tránsito de bicicletas, debido a su geometría.	
R6	Acero laminado	Dimensiones varían en cada caso, uso generalmente en estacionamientos y paraderos de locomoción colectiva.	
R7	Acero laminado	Dimensiones varían en cada caso, uso generalmente en estacionamientos y paraderos de locomoción colectiva.	

Tabla 4. Rejillas laterales (Fuente: Elaboración propia)

Tipo	Materialidad	Descripción	Esquema
L1	Acero laminado	Conformado generalmente por una pletina de soporte en la parte superior y barras de forma vertical. Dimensiones varían en cada caso.	
L2	Fierro fundido	Dimensiones varían en cada caso, ubicación en calles con infraestructura antiguas.	

L3	Acero laminado	Conformado generalmente por una pletina de soporte en la parte superior, barras de forma vertical y hormigón en su parte central. Dimensiones varían en cada caso.	
L4	Fierro fundido	Dimensiones varían en cada caso, ubicación en calles con infraestructura antiguas.	

4.1.2 Tipos de sumideros según MINVU

En el actual catastro se pudo corroborar la aplicación de los casos de tipos de sumideros según su ubicación en la calzada y la forma de captar el flujo superficial, con lo cual se puede afirmar que de 483 sumideros catastrados, 239 corresponden a horizontales, 52 a laterales, 192 a mixtos, considerando que en el caso de éstos últimos cada uno está compuesto por un horizontal y un lateral.

4.1.3 Tipos de sumideros según SERVIU

A partir del catastro es posible observar el uso de todos los tipos de sumideros encontrados en el Código de normas y especificaciones técnicas de obras de pavimentación, (MINVU, 2018). Mediante la tabla 5 se puede determinar que los sumideros más utilizados son el S1 y S3, correspondiente al 44,51% y 41% de los sumideros catastrados, respectivamente.

Tabla 5. Distribución de sumideros según clasificación SERVIU (Fuente: Elaboración propia)

TIPO DE SUMIDERO	CANTIDAD
S1	215
S2	2
S3	200
S4	8
Conectado a cámara, pero no cumple con S1 o S2.	3
Con cámara decantadora, pero no cumple con medidas S3 o S4.	3
Sumidero lateral conectado a cámara.	16

Sumidero lateral con cámara decantadora.	36
--	----

4.1.4 Tipos de rejillas según materialidad y terminación

Las materialidades utilizadas corresponden a las indicadas (MOP, 2018). Del total de sumideros catastrados 431 corresponden a horizontales, de los cuales 271 corresponden a marco fijo, 52 son con marco abatible, 93 tienen patas de anclaje y 14 son rejilla removible. La materialidad predominante en éstos es el fierro fundido, con un total de 250 sumideros, mientras que 181 son de acero laminado. Por otra parte en el caso de los laterales sólo 7 son de fierro fundido y 237 son de acero laminado.

4.2 Fallas

4.2.1 Fallas asociadas a la clasificación MINVU.

Los sumideros laterales de abertura en la solera, tiene una falla recurrente la cual provoca que se desprenda la rejilla, dejando expuesto el sumidero a que se tape producto de sedimentos y material de arrastre. La unión de los fierros con el pavimento adyacente y la solera es un factor clave en la falla de este caso, debido a que por lo general el hormigón comienza a deteriorarse dejando a la vista parte de los fierros que deberían ir cubiertos por éste, sirviendo de anclaje. Las cargas sometidas sobre las rejillas producto de vehículos que transitan en curvas o por la conducción inadecuada también afectan a la estabilidad de la rejilla del sumidero provocando que se deforme al punto de desprenderse parcial o completamente.

En el caso de los sumideros horizontales, con rejilla, ubicados en la cuneta las fallas están asociadas a la posición de éstos, siendo una ubicación crítica la de los sumideros que están en el centro de la calzada o en los bordes de las islas de los paraderos las cuales están sometidas a las cargas de los buses que transitan sobre ellas produciendo un asentamiento con respecto al nivel del pavimento, que en el peor de los casos puede producir el desprendimiento de la rejilla o del sistema de soporte que tiene el marco de la rejilla (terminación).

4.2.2 Fallas asociadas a la clasificación SERVIU

En el caso de los sumideros tipo S3 y S4, la falla más recurrente está asociada a la tapa de la cámara decantadora, la cual tiene muy poca resistencia debido a su material. Por lo general la falla se presenta

cuando los vehículos se suben a la solera y pasan sobre la tapa ocasionando que ésta se salga de su posición y finalmente se rompa. Por otra parte cuando la tapa de la cámara está posicionada en la calzada se produce un leve asentamiento debido al tránsito vehicular, lo que genera que no quede fija como debería.

Los sumideros pequeños son poco utilizados y generalmente se encuentran con basura acumulada sobre la rejilla, dado que el largo de sus aberturas no permite el paso de ésta, además la pendiente utilizada no permite que el agua arrastre estos sedimentos. Cabe señalar que estos sumideros en algunos casos están ubicados en zonas propensas a generar basura, por lo que su falla está asociada a una mala decisión en la ubicación de éstos.

4.2.3 Fallas asociadas a rejilla del sumidero

Las rejillas tipo R3, R4 y R5 no presentan fallas estructurales, debido a que como están hechas en una sola pieza no tienen uniones que podrían ceder ante la aplicación de cargas. Además que su espesor está en el orden de los 3,5 centímetros, lo que las convierte en una pieza maciza de fierro difícil de deformar. En el caso de las dos últimas son utilizadas en ciclovías debido al diseño de sus aberturas, por lo que no están sometidas a mucho esfuerzo. Esto permite que todas ellas se encuentren en buen estado y no presenten fallas. La única falla que presenta este tipo de rejillas es por la geometría de su diseño, dado que sus aberturas son muy largas y de poco ancho se tapan fácilmente con sedimento, lo que dificulta el escurrimiento del agua hacia el interior del sumidero.

Los tipos R1 y R2 son utilizados en vías colectoras de infraestructura actual. Además, según su geometría las secciones interiores (aberturas) están dentro del orden 4,5 a 9,5 y 2,0 a 5,5 centímetros, lo que en ocasiones afecta a la captación de aguas superficiales, debido a que el material de arrastre supera las medidas en su longitud. Por otra parte, su materialidad influye directamente en el funcionamiento eficiente del sumidero, puesto que, como se señaló anteriormente el uso de barras que atraviesan la pletina unidas mediante sus soldaduras, están propensas a un fácil desprendimiento. Como se pudo corroborar un 15,4% del total de rejillas R1 y R2 es afectado por esta falla. Además, la cantidad de barras deformadas, en ambos casos, supera a los demás tipos, debido a que las dimensiones de la pletina y la barra son menores a las de la geometría de las demás rejillas.

Las rejillas del tipo R6 y R7 son utilizadas, generalmente, en paraderos de locomoción colectiva, islas, centro de la calzada y estacionamientos. Usualmente sus dimensiones externas superan a las de las otras rejillas, en cambio, en las internas su separación no supera los 2 centímetros. Su materialidad de acero laminado evita el desprendimiento en secciones interiores de la rejilla. La falla más recurrente en este tipo

de rejilla es la separación o desprendimiento de la totalidad de la estructura con respecto al marco de soporte (marco de terminación), lo que se produce por las cargas asociadas debido al tránsito de vehículos o el posicionamiento de vehículos durante un tiempo prolongado.

4.2.4 Fallas asociadas a la materialidad

Se pudo observar factores de deterioro asociadas a la materialidad lo cual se puede relacionar directamente con fallas existentes en las rejillas. La presencia de grietas, fisuras y corrosión en el fierro fundido son las principales fallas presentes en este tipo de rejilla, asociadas al desgaste del fierro ya sea por fricción o condiciones del ambiente. La fricción y soporte de cargas pesadas se relaciona principalmente al tránsito de vehículos sobre la rejilla provocando desgaste y deterioro en el fierro fundido. Además la exposición de la rejilla sin un tratamiento adecuado para condiciones de ambientes extremos como lo son cambios de temperaturas y lluvias que provocan fisuras y corrosión.

Por otra parte los sumideros con rejillas de acero laminado presentan una falla característica asociada a la unión de secciones mediante la soldaduras la cuales ceden hasta separar los fierros. Lo anterior se presenta principalmente en las uniones de barras con pletinas como se puede apreciar en las figuras 4 y 5.



Figura 4. Fotografía de sumidero N° 469
(Fuente: Elaboración propia).



Figura 5. Fotografía de sumidero N° 330
(Fuente: Elaboración propia).

4.2.5 Fallas asociadas a la terminación

Se puede observar deterioro en las rejillas asociado al tipo de terminación, lo que va de la mano con fallas encontradas en terreno. La poca estabilidad que entrega la terminación removible permite que exista daño producido principalmente por los vehículos que circulan sobre la rejilla, los que ocasionan deformaciones por su carga, al no estar fija se genera desgaste por fricción entre el marco y la rejilla, además de la latente posibilidad de ser robada. Al igual que en la terminación antes mencionada con el marco abatible se produce desgaste entre la rejilla y el hormigón, lugar en donde se genera un espacio que permite que se acumulen sedimentos y aumenta la posibilidad de sufrir asentamientos, además de deformaciones en los extremos contrarios a las bisagras, falla que se aprecia en la figura 6.

En rejillas con patas de anclaje la principal falla es la poca adherencia que se genera entre las patas y el pavimento, debido al ángulo de inclinación quedan cubiertas con poco hormigón. Si el pavimento tiene grietas generalmente las patas quedan expuestas haciendo que la rejilla no se mantenga fija, como se observa en la figura 7.

El marco fijo mantiene a la rejilla bien posicionada, además de entregarle mayor rigidez a la estructura. Encontrándose mayoritariamente las rejillas en buen estado, sólo se presentan fallas en rejillas de acero laminado que en situaciones de mayor esfuerzo son más propensas a sufrir deformaciones debido a la poca posibilidad de adaptarse al movimiento de la carga, factor que está más relacionado a su materialidad.



Figura 6. Fotografía de sumidero N°43
(Fuente: Elaboración propia).



Figura 7. Fotografía de sumidero N°32
(Fuente: Elaboración propia).

4.2.6 Fallas de la solera adyacente al sumidero

Mediante el catastro se puede corroborar que las soleras cumplen su función para un acabado definitivo o como base para recibir otro tipo de pavimentos. Sin embargo tiene varias deficiencias las cuales hacen que no cumpla su función completamente o influya de forma negativa a elementos cercanos como lo es el pavimento o sumideros.

La solera está directamente relacionada con los sumideros laterales los cuales tienen su abertura en ella. Las principales fallas encontradas en estos sumideros están relacionadas a un deterioro progresivo de ésta al estar expuestas a cargas asociadas que superan su resistencia, como lo es el paso de vehículos de dimensiones mayores los cuales al virar se posicionan sobre la solera, la ubicación más propensa a estos daños son las curvas en donde se presenta un radio de giro pequeño (Figura 8).

La destrucción de la solera influye en la estabilidad y sistema de anclaje que tienen los sumideros laterales los cuales llevan su marco o enfierradura anclados o fijados en las uniones con la solera, provocando que al destruirse, se desprenda la rejilla lateral (Figura 9).

Un 30,8% de las soleras adyacentes a sumideros laterales se encuentran en mal estado. La solera al ser la base para unir tipos de pavimentos, está expuesta a fallas relacionadas a grietas de borde al presentarse diferencias de niveles los cuales no contemplan una unión correspondiente para presentar una mejor estabilidad.

Un factor determinante en la solera es la pletina que se encuentra en el borde de su parte superior evitando que se desgaste el hormigón y se produzcan fallas de borde. En varios casos no se encuentra pletina, ya que por la técnica de adherencia o por sus dimensiones se desprende fácilmente, dejando expuesta la solera a daños por cargas o fricción, lo cual provoca las fallas de borde que dan inicio al deterioro del hormigón.

Los sumideros horizontales igual se ven afectados por fallas relacionadas a la solera debido a que como se presentó anteriormente deja expuestos los límites de pavimentos que une la solera (vereda - calzada) provocando daños y luego afectando la estabilidad de la rejilla en el pavimento.



Figura 8. Fotografía de sumidero N° 399
(Fuente: Elaboración propia).



Figura 9. Fotografía de sumidero N° 467
(Fuente: Elaboración propia).

4.2.7 Fallas del pavimento adyacente al sumidero

Durante la realización del catastro fue posible observar distintas formas de cómo se comporta el pavimento, con lo cual se pueden determinar las fallas sufridas y sus posibles causas. Las principales fallas observadas son las fisuras y grietas, las que se clasifican mediante los patrones vistos en terreno, además de su incidencia en los soportes de la rejilla que tienen como función aportar resistencia a ésta. Un 10,6% del total de sumideros catastrados presentan grietas de borde en el pavimento adyacente, las que se generan por la falta de confinamiento lateral debido a la carencia de bordillos y a la diferencia que existe entre el nivel del sumidero y el nivel de la calzada, sumado a que el tránsito circula muy cerca o sobre la superficie del sumidero. Un ejemplo de esto ocurre en los paraderos de buses donde los sumideros se encuentran ubicados al centro de la isla, lugar por donde transitan los buses posicionándose sobre éstos. Debido a estas cargas es que el tramo de hormigón que une la superficie del sumidero con la calzada sufre asentamiento provocando que la rejilla baje y exista una diferencia de altura con la calzada, lo que se presenta en la figura 10.

Dada la zona donde se encuentran ubicados los sumideros y la cantidad de tráfico que existe en el lugar, además de las variaciones de temperatura que producen contracción del pavimento es que se generan fisuras y grietas en bloque estando presentes en un 8,4% de los sumideros catastrados. Un 5,7% presenta fisuras y grietas por fatigamiento las que se ubican donde existen repeticiones de carga y se producen principalmente por la fatiga de la estructura debido a un espesor insuficiente y deformaciones en la subrasante, lo que se presenta en la figura 11.



Figura 10. Fotografía de sumidero N° 176
(Fuente: Elaboración propia).



Figura 11. Fotografía de sumidero N° 48
(Fuente: Elaboración propia).

La totalidad de fallas según el criterio de estado evaluando solera, pavimento y rejilla en el actual catastro, es de 224 fallas, especificándose el porcentaje de cada factor en la figura 12.

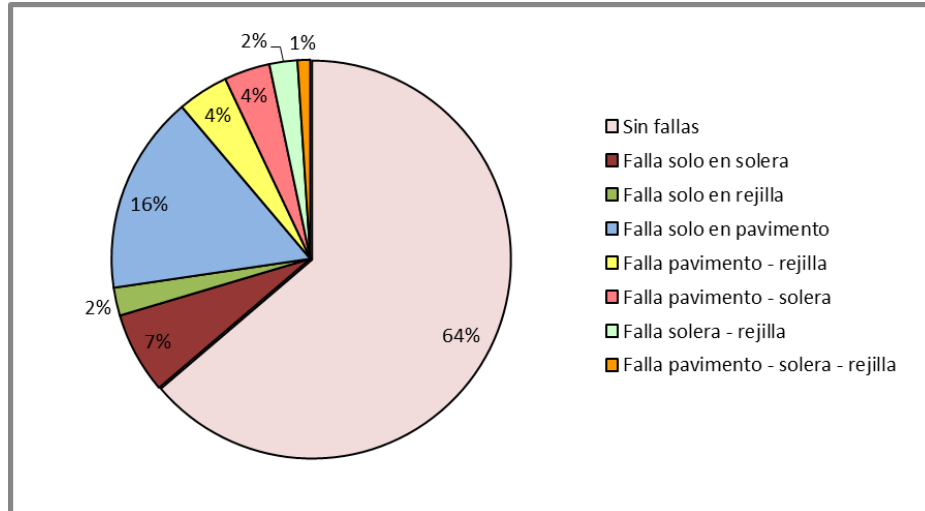


Figura 12. Gráfico según criterio de estado. (Fuente: Elaboración propia).

La cantidad total de sumideros catastrados en este proyecto de título fue de 483 sumideros, los cuales se distribuyen en las vías colectoras como lo indica la tabla 6. La vía que concentra mayor porcentaje de sumideros en mal estado es Aníbal Pinto con un 83% de sus sumideros en mal estado. Cabe destacar que Aníbal Pinto presenta en su totalidad sumideros laterales, de los cuales cinco están en mal estado. Esto se

relaciona a las fallas asociadas a esta clasificación de sumideros, además de la utilización de la vía como estacionamiento, produciendo constantes golpes y esfuerzos sobre la rejilla con la ruedas de los automóviles. Por su parte Roosevelt tiene una longitud de 0,32 kilómetros, en los cuales presenta siete sumideros en mal estado, lo que indica que es la vía con mayor cantidad de sumideros en mal estado respecto a su longitud.

Tabla N° 6 Estado de sumideros según vía colectora (Fuente: Elaboración propia.)

Nombre	Longitud Km	Buen estado	Regular estado	Mal estado	% sumideros mal estado	Nº/ Km	% sumideros regular estado	Nº/ Km
Av. V. Mackenna	2,28	11	5	2	11	0,88	28	2,19
Manuel Rodríguez	1,64	7	8	5	25	3,05	40	4,88
Manuel Bulnes	2,29	3	5	3	27	1,31	45	2,18
Av. Los Carrera	2,97	117	44	10	6	3,37	26	14,81
Maipú	0,34	5	0	0	0	0	0	0
Av. B. O`Higgins	1,40	57	11	0	0	0	16	7,86
Roosevelt	0,32	14	5	7	27	21,88	19	15,63
Av. Chacabuco	1,65	8	10	3	14	1,82	48	6,06
Víctor Lamas	1,70	24	7	7	18	4,12	18	4,12
Lincoyán	1,95	5	4	1	10	0,51	40	2,05
Aníbal Pinto	0,93	1	0	5	83	5,38	0	0
Tucapel	2,10	3	4	5	42	2,38	33	1,90
Victoria	0,47	4	1	1	17	2,13	17	2,13
Edmundo Larenas	0,57	12	8	1	5	1,75	38	14,04
Paicaví	0,77	22	6	0	0	0	21	7,79
Lientur	1,64	15	2	4	19	2,44	10	1,22

5 CONCLUSIONES

- Mediante el catastro realizado se pudo verificar que un 11% de los sumideros se encuentran en mal estado y un 25% de los sumideros se encuentra en estado regular en su estructura superficial considerando los factores de criterios de estado establecidos.
- El estado de las rejillas de los sumideros ésta directamente relacionado con el flujo vehicular y el tipo de vehículo que transita en las vías colectoras, siendo los camiones y microbuses los más desfavorables debido a sus dimensiones y peso, afectando principalmente a los sumideros laterales. Cabe destacar que un total de 41% de los sumideros laterales se encuentran en mal estado.
- Es cierto que los sumideros deben ir ubicados en los puntos más bajos para que sean capaces de captar el agua, pero la mayor parte de las fallas encontradas se generan por una mala elección de la ubicación. A esto se suma el uso de un tipo incorrecto de rejilla que dado su geometría y materialidad no soportan la alta densidad de tráfico vehicular del lugar.
- La falta de un registro actualizado del estado de los sumideros y su ubicación dificulta la mantención adecuada, además de la detección de posibles fallas antes que comprometan la eficiencia de los sumideros en su totalidad.
- Las fichas técnicas de los sumideros y el archivo de ubicación de éstos (Kmz) elaborados, fueron de gran utilidad en el análisis del presente proyecto de título.

6 RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso de rejillas de fierro fundido dado que, mediante el análisis de resultados del catastro es la materialidad que presenta menos fallas en el diseño debido a la resistencia de este material al ser sometido a cargas externas. Cabe destacar que las rejillas de este material al ser de una pieza no presenta desprendimiento de sus secciones, como sí ocurre con las de acero laminado.
- En curvas y sectores cercanos a una intersección se recomienda limitar el uso de sumideros laterales, ya que, son más propensos a sufrir fallas por vehículos que se suben sobre ellos al virar.
- Dado la cantidad de sedimentos que arrastra el flujo superficial a los sumideros, se recomienda utilizar sumideros con cámara decantadora y así decantar los sedimentos y extender la vida útil considerando ciertas mantenciones.
- Se recomienda no utilizar patas de anclajes como terminación debido a que al desprenderse el pavimento de esa zona, quedan descubierto este tipo de anclaje sin soporte, produciendo asentamiento o en el peor de los casos, desprendimientos completo o parcial de la rejilla. Se recomienda utilizar marco abatible debido a que facilita la limpieza del sumidero, además que brinda un soporte al marco completo de la rejilla.

7 BIBLIOGRAFÍA

- Guía de diseño y especificaciones de elementos urbanos de infraestructura de aguas lluvias. MINVU, 2005.
- Código de normas y especificaciones técnicas de obras de pavimentación. MINVU, 2018.
- Miranda Rebolledo, Ricardo Javier, 2010. Deterioro en pavimentos flexibles y rígidos. Proyecto de título, Universidad Austral de Chile.
- Municipalidad de Concepción, 2015. Ordenanza local del plan regulador comunal de Concepción.
- Manual de carreteras volumen III. MOP, 2013
- Planos de obra tipo, sumideros. SERVIU. Disponible en:
http://pavimentacion.metropolitana.minvu.cl/manuales_normativas.asp
- Censo. INE, 2017.
- Socodren S.A, 2016. Portafolio de rejillas. Disponible en:
http://www.socodren.com/portfolio_page/rejillas-y-sumideros/
- Acustermic S.A, 2015. Catálogo de parrillas de piso sumideros. Disponible en:
<http://www.acustermic.com/wp-content/uploads/2015/01/Catalogo-Sumideros-2015.pdf>
- Google Earth Pro, 2018. Imágenes aéreas.

8 ANEXOS

- Anexo N°1 Fichas catastro sumideros de aguas lluvias.
- Anexo N°2 Posicionamiento de sumideros.