

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
SEDE CONCEPCION REY BALDUINO DE BELGICA
CONCEPCION

**ANALISIS E INVESTIGACION PARA SOLUCION DE AGUAS
LLUVIAS SECTOR VILLA LAS VIOLETAS, COMUNA DE SANTA
JUANA**

SERGIO CUEVAS VALENZUELA

2022

**UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
SEDE CONCEPCION**

“REY BALDUINO DE BELGICA”

**ANALISIS E INVESTIGACION PARA SOLUCION DE AGUAS LLUVIAS
SECTOR VILLA LAS VIOLETAS, COMUNA DE SANTA JUANA.**

**TRABAJO PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO EN CONSTRUCCIÓN CON LICENCIATURA EN INGENIERIA.**

Alumno: Sergio Cuevas Valenzuela

Profesor Guía: Sergio Hernández.

2022

RESUMEN DEL PROYECTO

Este proyecto trata del análisis e investigación para dar una solución al problema de drenaje de aguas lluvias que afecta el sector Villa las Violetas de la comuna de Santa Juana.

El principal objetivo de este proyecto será diseñar un sistema que permita la correcta evacuación de aguas lluvias en el lugar.

Para realizar el diseño se deberá investigar las características geomorfológicas y pluviométricas del sector, con el fin de tener datos concretos que permitan seleccionar un sistema acorde a las características del lugar y que sea permitido por la normativa vigente.

La normativa que rige el diseño de estos sistemas es principalmente el "Manual de Drenaje Urbano" de la Dirección de Obras Hidráulicas, por lo cual gran parte del diseño se basará en este.

Luego de conocer las características geomorfológicas y pluviométricas del sector, se procederá a realizar un diagnóstico, mediante el cual se obtendrán los datos necesarios para obtener el caudal de diseño, el cual es necesario para realizar el cálculo final de la solución seleccionada.

Luego de conocer el caudal de diseño del sector, se procederá a seleccionar un sistema de recolección, almacenamiento y evacuación acorde con las características del sector en estudio.

Finalmente se realizarán los cálculos necesarios, basándose en el Manual de Drenaje Urbano, que permita una evacuación correcta de aguas lluvias en el sector. Para finalmente como conclusión dar los parámetros necesarios para la construcción de este sistema.

INDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCION.....	1
I. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	3
1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN.....	3
1.1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	7
1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	10
1.3.1 OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO.....	10
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
1.4 METODOLOGÍAS.....	11
1.5 MARCO NORMATIVO.....	12
1.6 MARCO TEÓRICO.....	14
II. CARACTERIZACIÓN DE ESTRUCTURA GEOMORFOLÓGICA Y PLUVIOMÉTRICA DEL SECTOR.....	22
1.1 MAPA GEOLÓGICO DE CHILE.....	22
2 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, EMPRESA “NEXO CONSULTORES”.....	23
2.1 DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA.....	23
2.2 CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DEL TERRENO.....	24
2.2.1 NIVEL FREÁTICO.....	24
2.2.2 ENSAYO PORCHET.....	26
2.2.3 CONCLUSIÓN.....	29
3 ANÁLISIS TOPOGRÁFICO.....	31
3.1 VISITA A TERRENO.....	31
3.1.1 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	31
3.1.2 ANTECEDENTES LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	32
3.1.2.1 ANTECEDENTES ADICIONALES.....	34
3.2 PLANIMETRÍA GOOGLE EARTH.....	37
III. DIAGNÓSTICO DE CONDICIONES HÍDRICAS DEL SECTOR.....	41
1.1 PARÁMETROS DE CÁLCULO.....	41
1.1.1 ÁREA DE DRENAJE.....	41
1.1.2 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA.....	42
1.1.3 INTENSIDAD MÁXIMA DE LLUVIAS.....	45
1.1.4 PERIODO DE RETORNO.....	47

1.1.5	CÁLCULO DE CAUDAL DE DISEÑO	48
IV.	PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....	50
1.	MANUAL DE DRENAJE URBANO.....	50
1.1.	FACTIBILIDAD Y CONDICIONES GENERALES.....	51
1.2.	ÁREA APORTANTE	52
1.3.	SELECCIÓN DE UNA LLUVIA DE DISEÑO.....	53
1.4.	MATERIAL DE RELLENO DE LA ZANJA	54
1.4.1.	LÍNEA DE PRODUCTOS CUBODREN.....	56
1.4.2.	INSTALACIÓN DEL CUBODREN.....	57
1.4.3.	GEOTEXTIL.....	58
1.4.4.	TUBERÍAS DE REPARTO DE FLUJO.....	59
1.5.	ASPECTOS LEGALES.....	59
V.	ANÁLISIS HÍDRICO Y ESTRUCTURAL.....	61
1.	PARÁMETROS A UTILIZAR.....	61
1.1.	PARÁMETROS INICIALES.....	61
1.2.	ÁREA APORTANTE Y COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA.....	62
1.3.	TASA DE INFILTRACIÓN.....	62
1.4.	VOLUMEN AFLUENTE ACUMULADO.....	62
1.5.	VOLUMEN INFILTRADO.....	63
1.6.	DIMENSIONAMIENTO DEL ESTANQUE.....	64
1.7.	VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO NECESARIO.....	65
VI.	CONCLUSIÓN.....	68
VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	72

INTRODUCCION

En el siguiente proyecto se abordará un problema existente en el sector Villa las Violetas de la comuna de Santa Juana, este sector se ve afectado por inundaciones producto de aguas lluvias producidas principalmente en temporada invernal, producto de esto se producen daños en viviendas, patios, se ve afectada la movilidad de las personas y disminuye la plusvalía del sector.

El principal objetivo será diseñar un proyecto de mejoramiento de evacuación, absorción y almacenamiento transitorio de aguas lluvias en el sector, para lo cual se deberá caracterizar la estructura geomorfológica y pluviométrica del sector, diagnosticar las condiciones hídricas existentes, seleccionar una solución acorde con las características del sector y permitida por la normativa vigente, para finalmente calcular los aspectos hídricos necesarios para el desarrollo de la solución.

Para realizar lo mencionado anteriormente se utilizaran metodologías como el método cualitativo, mediante el cual se recopila información a partir de manuales, páginas webs y artículos digitales con el fin de analizarla y evaluarla, el método racional mediante el cual se calcula el caudal de diseño necesario para determinar la demanda hidrológica del sector, también se realizaran visitas a terreno con el fin de realizar una evaluación visual del sistema de aguas existente y realizar un levantamiento topográfico del sector para conocer los desniveles existentes.

Finalmente, una vez reunida la información necesaria y realizados los cálculos necesarios, se dará a modo de conclusión una propuesta de solución acorde con las necesidades del sector y lo establecido en la normativa vigente.

I. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación.

1.1.1 Planteamiento del problema.

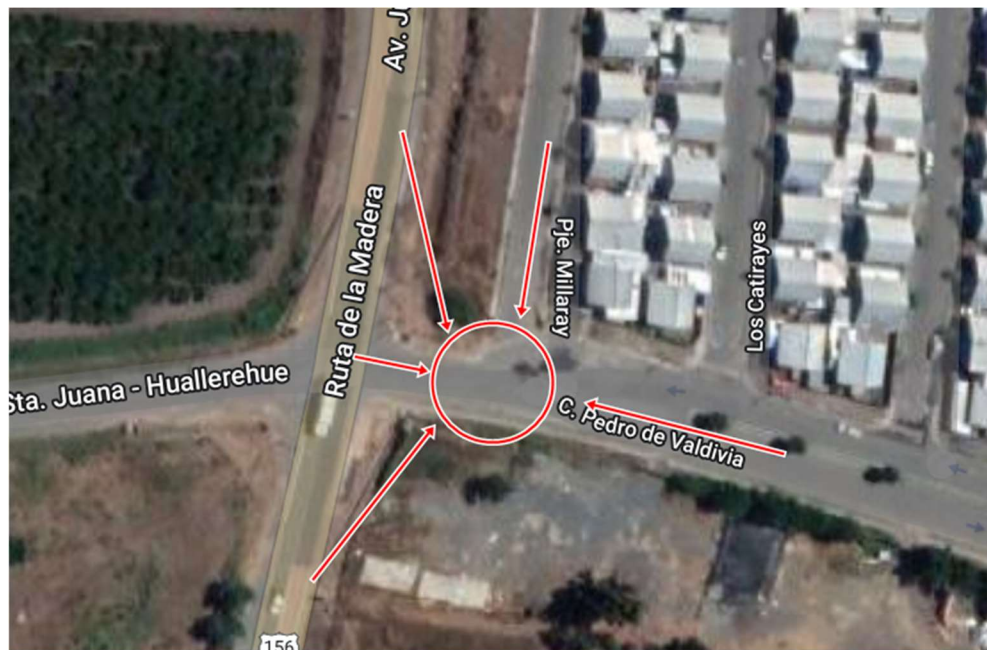
El proyecto trata de la solución de drenaje de aguas lluvias en el sector Villa Las Violetas de la comuna de Santa Juana. Este proyecto tendrá como principal objetivo diseñar un sistema que permita la correcta evacuación de las aguas lluvias en el lugar, para llevar esto a cabo se deberá investigar metodologías permitidas por la normativa vigente y ver la factibilidad de desarrollo de una de estas como solución.



Fuente: Fabián Riquelme Jara, concejal de Santa Juana.

1.1.2 Formulación del problema.

Producto de la configuración topográfica, el sector afectado es punto de encuentro de aguas provenientes desde Ruta De La Madera, calle Pedro De Valdivia y Pasaje Millaray. Adicional a esto el diseño del sistema de evacuación de aguas lluvias no es el óptimo, en el sector hay 3 sumideros, dos se encuentran sobre la menor cota y solo uno está ubicado en el punto más bajo. Además, los sumideros se encuentran 5 centímetros por sobre el nivel de la calle y la capacidad de evacuación hacia el colector es insuficiente para cubrir la demanda solicitada.



Las 42 familias del sector se ven afectadas principalmente en temporada invernal, periodo en el cual se producen precipitaciones de mayor volumen, las cuales generan inundaciones que en casos extremos superan los 10 centímetros sobre el nivel de solera. Producto de esta condición se han producido inundaciones en algunas viviendas, daños en los patios y comúnmente afecta la movilidad para transitar por las calles del sector.



Fuente: Fabián Riquelme Jara, concejal de Santa Juana.

1.2 Justificación del problema.

El proyecto que se presenta a continuación, se hace cargo de esta necesidad, en varios aspectos fundamentales a saber.

Familias afectadas: Debido al diseño inadecuado del sistema de evacuación de aguas lluvias del sector, 42 familias se ven afectadas, principalmente por lluvias que superan los 15mm/hora en temporada invernal. Producto de esta condición, se han producido daños a edificaciones y patios, se ve afectada la movilidad por calles y dificultad para salir de sus hogares.



Fuente: Fabián Riquelme Jara, concejal de Santa Juana.

Económico: Producto de esta condición se ha visto afectada la plusvalía del sector, disminuyendo el valor de las viviendas y haciéndolo un sector con poco potencial de inversión. El implementar una solución en el sector impactaría positivamente en la plusvalía del sector.

Avalúo fiscal de vivienda del sector

Dato Predial	
Catastro Legal	
Comuna	Rol Predial
SANTA JUANA	323-1
Dirección o Nombre de la propiedad	
PEDRO DE VALDIVIA 1536 MZA LT 1 VILLA GUADALCAZAR	
Ubicación	
URBANA	
Destino	
HABITACIONAL	
Catastro Valorizado	
Avalúo Total	\$11.697.987
Avalúo Afecto	\$0
Avalúo Exento	\$11.697.987

Cerrar

Fuente: www.sii.cl

Avalúo fiscal vivienda de similares características de un sector cercano.

Dato Predial	
Catastro Legal	
Comuna	Rol Predial
SANTA JUANA	65-12
Dirección o Nombre de la propiedad	
VALDIVIA 549 SANTA JUANA	
Ubicación	
URBANA	
Destino	
HABITACIONAL	
Catastro Valorizado	
Avalúo Total	\$17.383.959
Avalúo Afecto	\$0
Avalúo Exento	\$17.383.959

Cerrar

Fuente: www.sii.cl

Social: en este contexto, el implementar una solución que permita la correcta evacuación de aguas lluvias, tendría un impacto positivo en la calidad de vida de las familias que habitan el sector.

1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO.

1.3.1 Objetivo General del proyecto.

Diseñar un proyecto de mejoramiento de evacuación, absorción y almacenamiento transitorio de aguas lluvias en el sector Villa Las violetas, comuna de Santa Juana.

1.3.2 Objetivos Específicos.

Caracterizar la estructura geomorfológica y pluviométrica del sector.

Diagnosticar las condiciones hídricas del sector.

Proponer una solución de recolección, almacenamiento y evacuación de aguas lluvias acorde con lo investigado.

Calcular los aspectos Hidráulicos y estructurales para el desarrollo de la solución.

1.4 Metodologías.

Se utilizará método cualitativo el cual se implementará a partir de la recopilación de información desde normas, manual de drenaje urbano y páginas webs. Luego de recopilar la información se procederá a analizar y evaluar para finalmente dar una propuesta de la posible solución a la problemática.

También se utilizará el método racional, con el cual se calcula el caudal de diseño, el que es necesario para determinar la demanda hidrológica del sector en evaluación.

Realizar visitas a terreno para realizar una evaluación el sistema actual de aguas lluvias, y un levantamiento topográfico del sector para obtener información de niveles del sector.

Luego de contar con la información necesaria, se procederá a analizar y evaluar esta, para finalmente concluir cual es la solución óptima a proponer.

1.5 Marco Normativo.

Durante el año 1997 se aprobó la Ley N°19.525 que establece que “El Estado velará porque en las ciudades y en los centros poblados existan sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias que permitan su fácil escurrimiento y disposición e impidan el daño que ellas puedan causar a las personas, viviendas y, en general, a la infraestructura urbana”.

(MINVU, 1997)



 Biblioteca del Congreso Nacional de Chile / BCN | Ley Chile

Ley 19525
REGULA SISTEMAS DE EVACUACION Y DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

Fecha Publicación: 10-NOV-1997 | Fecha Promulgación: 24-OCT-1997
Tipo Versión: Única De : 10-NOV-1997
Url Corta: <http://bcn.cl/2et48>



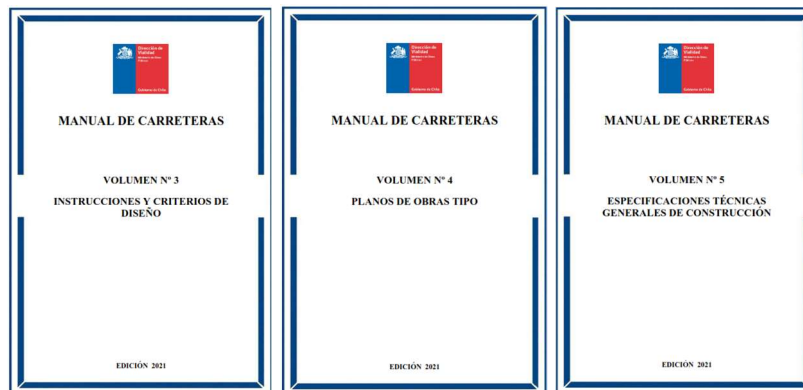
De acuerdo con esta ley será el Ministerio de Obras Públicas, a través de la Dirección de Obras Hidráulicas, es el encargado de la planificación, estudio, proyección, construcción, reparación, mantención y mejoramiento de la red primaria de sistema de evacuación y drenaje de aguas lluvias.

Bajo estos conceptos el marco normativo utilizado y como criterio será:

- Manual De Drenaje Urbano – Dirección De Obras Hidráulicas.



- Manual De Carretera 2018, Volúmenes N°3, N°4 y N°5– Dirección de Vialidad.



- Manual de técnicas alternativas de aguas lluvias -Minvu.

Como criterio de diseño:

- Estudios Hidrológicos realizados en el sector.
- Mecánica de suelos realizado en cercanías del sector.

1.6 Marco Teórico.

Aguas Lluvias

“Las aguas lluvias son una manifestación del ciclo hidrológico, y, por lo tanto, corresponden a una expresión del recurso hídrico”

(Dirección de Obras Hidráulicas, 2013)

Método cualitativo

“El método cualitativo es una forma de investigación que se basa en el lenguaje y engloba toda la lingüística que se suele usar en las ciencias sociales.”

(Sanz R. 2017)

Método Racional

“El método racional se utiliza en hidrología para determinar el Caudal Instantáneo Máximo de descarga de una cuenca hidrográfica”.

(Wikipedia, 2022)

Geomorfología

“La geomorfología es la rama tanto de la geología como de la geografía, que estudia las formas de la superficie terrestre, para comprender su origen, transformaciones y comportamiento actual”.

(Verstappen H.T. 2009)

Hidrología

“La hidrología es una rama de las ciencias de la Tierra que estudia el agua, su ocurrencia, distribución, circulación, y propiedades físicas, químicas y mecánicas en los océanos, atmósfera y superficie terrestre.”.

(Wikipedia, 2022)

Napa freática

“Superficie del agua subterránea en contacto con el aire y a presión atmosférica”.

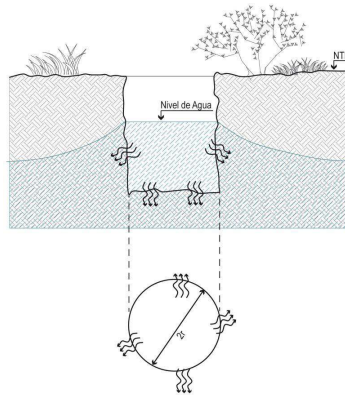
(Dirección de Obras Hidráulicas, 2013)

Coefficiente de escorrentía

“El coeficiente de escorrentía indica la proporción del agua lluvia que participa directamente en el escurrimiento cuando la lluvia es de duración indefinida”.

(Dirección de Obras Hidráulicas, 2013)

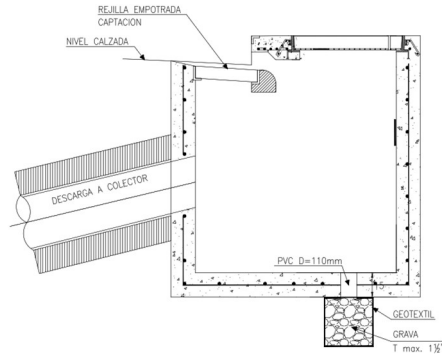
Ensayo Porchet.



“Entrega la capacidad de infiltración global en el suelo superficial cuando la napa esta profunda. Consiste en excavar una cavidad cilíndrica de diámetro igual al menos al ancho de la zanja o pozo que se desea construir. En el caso de una obra de infiltración importante es necesario excavar varias cavidades para obtener medidas representativas de la permeabilidad en toda la superficie. Las cavidades deben hacerse a la misma profundidad de la obra”.

(Dirección de Obras Hidráulicas, 2013)

Sumidero



“Elemento para captar y conducir el escurrimiento superficial, preferentemente de las calles, hacia otros elementos de la red secundaria, evitando el exceso de flujo superficial por las vías de circulación de la ciudad”.

(Dirección de Obras Hidráulicas, 2013)

Infiltración

“Es el proceso por el cual el agua penetra en el suelo a través de la superficie de la tierra. La capacidad de infiltración de un suelo es la máxima cantidad de agua que puede absorber en una unidad de tiempo bajo condiciones definidas previamente”.

(Dirección de Obras Hidráulicas, 2013)

Depósitos Aluviales



“Son depósitos producidos por el avance de residuos granulares que se extienden desde la base de la montaña hacia una zona llana ubicada en un nivel topográfico menor”.

(Bull, W.B. 1991)

Depósitos Coluviales



“Están presentes tanto en climas áridos como secos, tienen apariencia de conos o pequeños abanicos los que no cuentan con un espesor importante ya que corresponden a acumulaciones locales sin mucho transporte”.

(Explorock, 2015)

Depósitos de Remoción en masa

“Se caracterizan por estar en constante regeneración y ser un área de fuerte alteración hidrotermal, lo cual causa una coloración amarilla en las rocas que destacan fuertemente del entorno. La circulación de fluidos en esta zona esta facilitada por la presencia de una falla”.

(CEM. 2016)

Red Primaria

“Es la red encargada de recibir los excesos de la red secundaria y las redes domiciliarias. Normalmente recibe pocas aguas lluvias directamente ya que ocupa poca superficie sobre el suelo urbano. La entidad a cargo de esta red es el Ministerio de Obras Públicas, específicamente la División de Causas y Drenaje Urbano”.

(Dirección de Obras Hidráulicas, 2013)

Red Secundaria

“Es la red encargada de recibir los excesos de aguas lluvias de la red domiciliaria y además de cantidades adicionales que precipitan sobre las calles y espacios públicos. Es responsable de evitar la inundación en estos elementos, calles y espacios públicos. De acuerdo a la ley 19.525 debe ser planificada por el MINVU y mantenida por el SERVIU y las Municipalidades, las que colaboran con actividades como limpieza de calles y sumideros”.

(Dirección de Obras Hidráulicas, 2013)

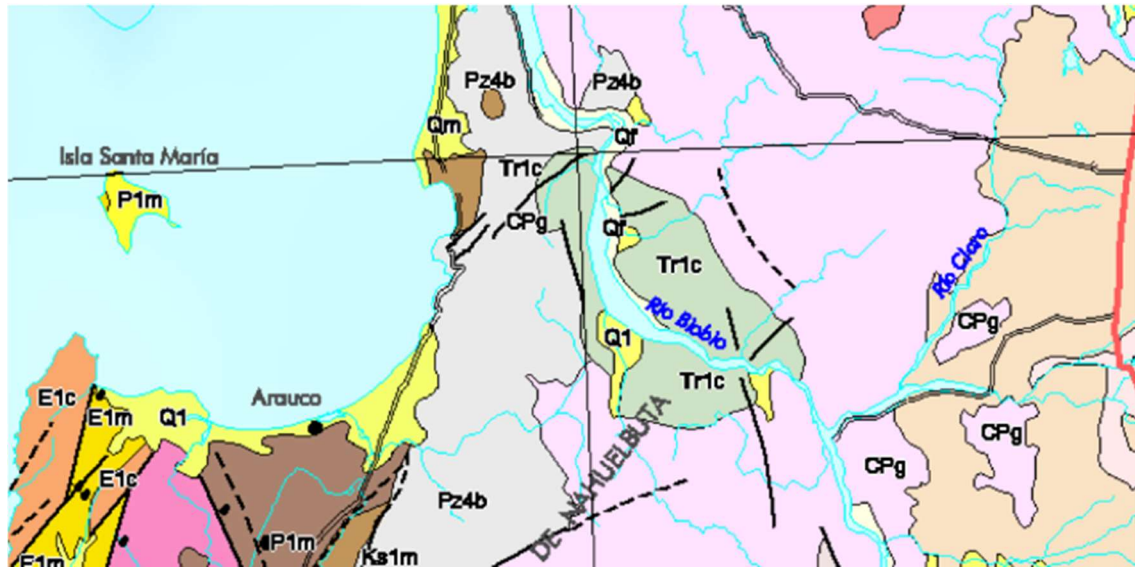
CAPITULO I

CARACTERIZACIÓN DE ESTRUCTURA GEOMORFOLÓGICA Y PLUVIOMÉTRICA DEL SECTOR.

II. CARACTERIZACIÓN DE ESTRUCTURA GEOMORFOLÓGICA Y PLUVIOMÉTRICA DEL SECTOR.

1.1 Mapa Geológico de Chile.

De acuerdo al mapa Geológico de Chile, el terreno en estudio se encuentra emplazado en la unidad Q1 según lo que se muestra en el Mapa Geológico de Chile.



(Sernageomin, 2003)

De acuerdo a lo indicado, la unidad Q1, se descubre como una secuencia sedimentaria de época Pleistoceno-Holoceno, caracterizada por depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa.

2 Estudio de mecánica de suelos, empresa “NEXO CONSULTORES”.

De acuerdo a la mecánica de suelos realizada por la empresa Nexo Consultores, realizada para el proyecto Villa Los Canelos ubicado en cercanías del sector, Se puede señalar lo siguiente:

2.1 Descripción Geotécnica.

Se señala que, a partir de prospecciones ejecutadas, ensayos de laboratorio, SPT y medición de Vs, realizados en el sector se determina lo siguiente

Horizonte	Profundidad	Descripción
H-1	0.00m – 0.31m	Capa vegetal
H-2	0.31m – 1.59m	Arena fina, con presencia de finos no plásticos, color gris a café, de humedad media y compacidad media, de acuerdo al sistema USCS clasifica como SM.
H-3	1.59m – 3.13m	Limo arenoso, sin plasticidad, color café oscuro a grisáceo, de humedad media y consistencia media, Según el sistema de clasificación USCS, califica como ML.

2.2 Capacidad de infiltración del terreno.

Para determinar si el terreno es apto para el diseño de sistemas de infiltración es necesario conocer el nivel Freático. De forma complementaria se debe determinar la tasa de infiltración, la cual se obtiene a partir del ensayo porche realizado en el sector por la empresa Nexo consultores. Reunidos estos datos se puede determinar si el terreno es apto o no para este tipo de sistemas.

2.2.1 Nivel Freático.

A la fecha de ejecución de la exploración, se detectó nivel freático en calicatas realizadas en el sector.

Control del nivel freático estático:

PROSPECCIÓN	NIVEL FREÁTICO
C-1	3,13
C-2	3,10
C-3	3,05
C-4	2,81
C-5	3,40
C-6	3,11
C-7	NO SE DETECTA
C-8	2,34
C-9	NO SE DETECTA
C-10	NO SE DETECTA

De acuerdo esto se puede estimar un nivel promedio del nivel freático donde:

$$\text{Nivel Freatico promedio} = \frac{3.13 + 3.10 + 3.05 + 2.81 + 3.40 + 3.11 + 2.34}{7}$$

Como resultado de la exploración realizada, el nivel freático promedio del sector se encuentra a 3.00 metros de la superficie.

2.2.2 Ensayo Porchet.

MÉTODO UTILIZADO

PROCEDIMIENTO INTERNO. ENSAYO DE PORCHET.

IDENTIFICACIÓN ÍTEM DE ENSAYO

Id. Perforación : CALICATA N°2 Fecha ejecución : 31-08-2016
Ubicación : INDICADA POR EL CLIENTE.

RESULTADOS ENSAYOS

Nivel del Agua	Velocidad de Infiltración	
	(cm/s)	(mm/h)
(cm)		
27,0	-	-
26,0	2,58E-02	927,60
25,0	1,99E-02	716,47
24,0	2,46E-02	886,22
23,0	2,31E-02	831,24
22,0	2,02E-02	726,42
21,0	2,47E-02	887,60
20,0	2,34E-02	842,19
19,0	1,45E-02	523,69
18,0	1,78E-02	639,37
17,0	2,09E-02	753,04
16,0	1,92E-02	691,57
15,0	2,62E-02	942,86

Diámetro de Perforación	Profundidad de Perforación
(cm)	(cm)
32	31

Máxima Velocidad de Infiltración	2,62E-02 (cm/s)
	942,86 (mm/h)

Mínima Velocidad de Infiltración	1,45E-02 (cm/s)
	523,69 (mm/h)

Velocidad de Infiltración Promedio	2,17E-02 (cm/s)
	780,69 (mm/h)

MÉTODO UTILIZADO

PROCEDIMIENTO INTERNO. ENSAYO DE PORCHET.

IDENTIFICACIÓN ÍTEM DE ENSAYO

Id. Perforación : CALICATA N°5

Fecha ejecución : 01-09-2016

Ubicación : INDICADA POR EL CLIENTE.

RESULTADOS ENSAYOS

Nivel del Agua (cm)	Velocidad de Infiltración	
	(cm/s)	(mm/h)
27,0	-	-
26,0	9,43E-03	339,44
25,0	7,52E-03	270,70
24,0	8,29E-03	298,34
23,0	7,52E-03	270,57
22,0	6,41E-03	230,60
21,0	5,30E-03	190,79
20,0	6,53E-03	235,17
19,0	5,37E-03	193,20
18,0	5,18E-03	186,49
17,0	4,95E-03	178,24
16,0	4,77E-03	171,74
15,0	4,17E-03	150,02

Diámetro de Perforación (cm)	Profundidad de Perforación (cm)
31	30

Máxima Velocidad de Infiltración	9,43E-03 (cm/s)
	339,44 (mm/h)

Mínima Velocidad de Infiltración	4,17E-03 (cm/s)
	150,02 (mm/h)

Velocidad de Infiltración Promedio	6,29E-03 (cm/s)
	226,28 (mm/h)

2.2.3 Conclusión.

De acuerdo al Manual de Drenaje Urbano, dictado por la Dirección de Obras Hidráulicas, establece que la capacidad de infiltración mínima para proyectos de infiltración en terreno natural es la siguiente.

Tabla 4.3.11
Valores representativos para capacidad mínima de infiltración. Fuente SWMM.

Grupos de tipo de suelo	Capacidad mínima de infiltración (mm/h)
A	> 36,0
B	36,0 – 14,5
C	14,5 – 1,50
D	1,50 - 0,00

Tabla 4.3.12
Valores representativos para capacidad máxima de infiltración. Fuente SWMM.

A. Suelo Seco (con poca o nula vegetación)	Suelo Arenoso: 127,0 mm/hr
	Suelo limoso: 76,2 mm/hr
	Suelo arcilloso: 25,4 mm/hr
B. Suelo Seco (con vegetación densa)	Suelo Arenoso: 254 mm/hr
	Suelo limoso: 152,4 mm/hr
	Suelo arcilloso: 50,8 mm/hr
C. Suelos Húmedos	Suelo que ha drenado pero que aún no se seca (es decir, capacidad de campo): Dividir los valores de A y B por 3
	Suelos cerca de la saturación: Escoger valores cerca a tasas de infiltración mínimas que aparecen en Tabla 4.3.11 y/o en Tabla 4.3.14.
	Suelos que se han desecado parcialmente: Dividir A y B por 1,5-2,5

Tabla 4.3.13
Valores representativos de altura de agua almacenada (Bedient, P. B. & Huber, W. C., 2002).

Suelo	Altura de agua almacenada (mm)
Permeable	6,25
Impermeable	1,55
Arenoso	5,00
Limoso	3,75
Arcilloso	2,50

Tabla 4.3.14
Parámetros típicos de infiltración para distintas texturas de suelo.

Suelo	Porosidad	Porosidad efectiva	Potencial capilar (ψ)	Conductividad hidráulica saturada (K)	θ	θ Punto de Marchitez
	(η)	(θ_e)	(cm)	(cm/h)	Capacidad de campo	
Arena	0,43	0,42	5	11,80	0,062	0,024
Arena francosa	0,43	0,40	6	3,00	0,105	0,047
Franco arenosa	0,45	0,41	11	1,10	0,19	0,085
Franca	0,46	0,43	9	0,40	0,232	0,116
Franco limosa	0,50	0,49	17	0,70	0,284	0,135
Franco arcillo arenosa	0,39	0,33	22	0,20	0,244	0,136
Franco arcillosa	0,46	0,30	20	0,10	0,310	0,187
Franco arcillo arenosa	0,47	0,43	27	0,10	0,342	0,210
Arcilla arenosa	0,43	0,32	24	0,10	0,321	0,221
Arcilla limosa	0,47	0,42	29	0,05	0,371	0,251
Arcilla	0,47	0,39	32	0,03	0,378	0,265

Según los datos de las tablas anteriores, el terreno en estudio dispone de las características mínimas para el desarrollo de un proyecto de infiltración de aguas lluvias en el terreno natural.

3 Análisis Topográfico

Para este análisis se realizó un levantamiento topográfico en el sector, con el fin tener antecedentes de los desniveles existentes en las calles del sector afectado. Adicional a esto se utilizó la herramienta de Google Earth, con la cual se realizaron perfiles longitudinales más amplios para saber el desnivel de calles existentes, con el fin de disponer de un análisis topográfico más completo.

3.1 Visita a terreno

Durante la visita a terreno realizada, se realizó el levantamiento topográfico con el fin de reunir datos de desniveles existentes y conocer la elevación exacta en la que se encuentran los sumideros existentes.

3.1.1 Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se realizó el día sábado 5 de noviembre del año 2022 en la comuna de Santa Juana. Se utilizó un Nivel Óptico modelo Pentax AL-241, proporcionado por el departamento de Construcción de la Universidad Técnica Federico Santa María.



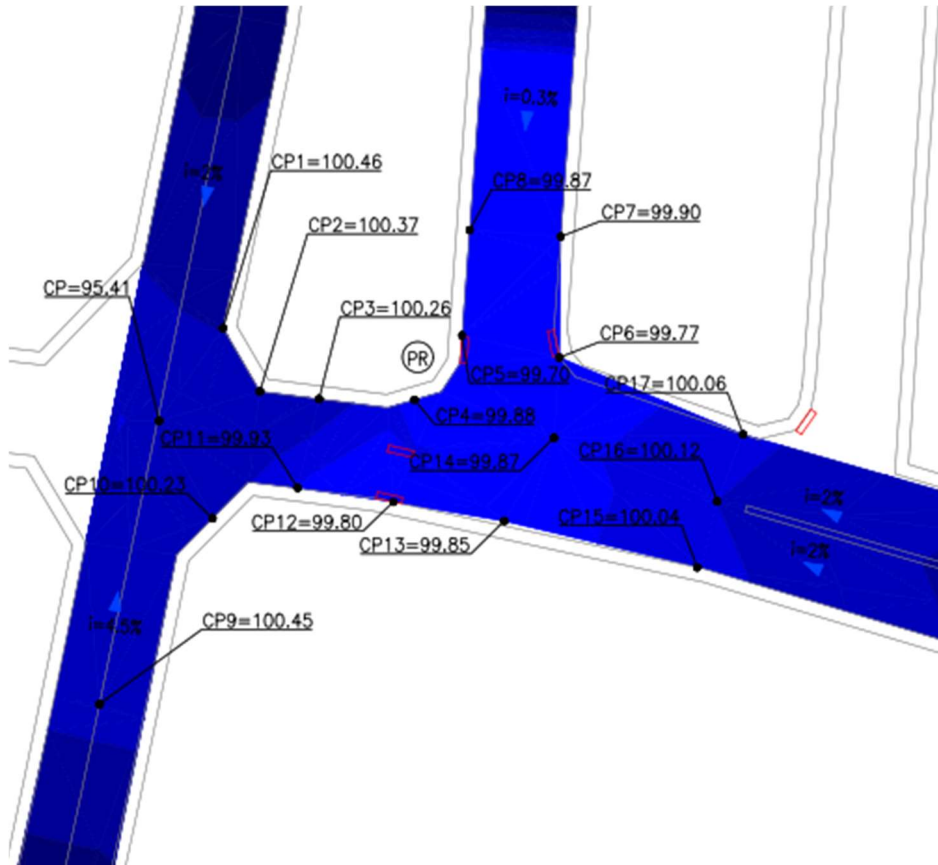
3.1.2 Antecedentes levantamiento topográfico

PUNTO	PROGRESIVAS	VISTA ATRÁS	ALTURA INSTRUMENTO	VISTA ADELANTE	COTA
0	BM-1	1.4235	101.42		100.00
1	20m		101.42	0.968	100.46
2	16.8m		101.42	1.055	100.37
3	13m		101.42	1.161	100.26
4	1.3m		101.42	1.545	99.88
5	6.7m		101.42	1.724	99.70
6	13.2m		101.42	1.655	99.77
7	17m		101.42	1.525	99.90
8	14.5m		101.42	1.55	99.87
9	24.1m		101.42	0.975	100.45
10	16.3m		101.42	1.196	100.23
11	10.7m		101.42	1.493	99.93
12	14.2m		101.42	1.6254	99.80
13	26.81m		101.42	1.5714	99.85
14	25.4m		101.42	1.558	99.87
15	25.63m		101.42	1.38456	100.04
16	23.53m		101.42	1.30142	100.12
17	36.16m		101.42	1.364896	100.06

Medidas en metros

De acuerdo a los datos del levantamiento, existe una diferencia de 76 centímetros entre el punto más alto ubicado en Carretera Ruta de la Madera (CP=100.46) y el punto más bajo ubicado en Calle Millaray (CP=99.70).

En el siguiente plano topográfico se puede apreciar la disposición de alturas del sector, acompañado de las curvas de nivel, donde el color azul oscuro representa la cota más alta y azul claro la cota más baja.



A continuación, se deja registro fotográfico del levantamiento realizado en el sector.



3.1.2.1 Antecedentes adicionales

A demás de realizar el levantamiento topográfico se realizó una evaluación visual de las condiciones de los sumideros existentes en el lugar, los cuales se encuentran parcialmente obstruidos por basura y tierra acumulada probablemente por falta de mantención, dos se encuentran 1 centímetro por sobre el nivel del pavimento y adicional a esto no se encuentran en la cota más baja del sector afectado.



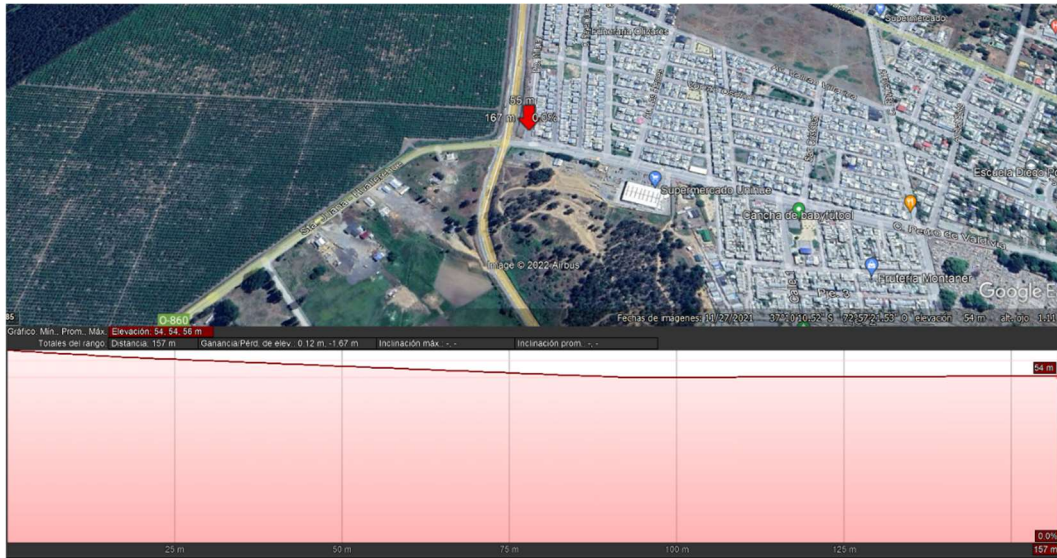
3.2 Planimetría Google Earth.

La planimetría obtenida a partir de la aplicación Google Earth sirve de referencia para saber desniveles e inclinación topográfica aproximada de calles del sector.

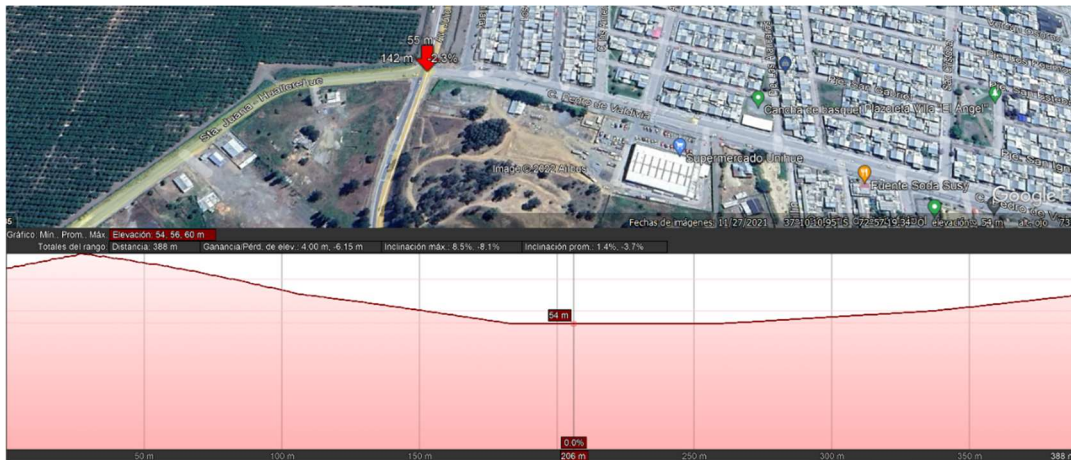
Calle Pedro de Valdivia, de acuerdo al perfil longitudinal obtenido esta calle se encuentra con una pendiente variable entre el 2 y 3%, ubicándose en la parte más baja la zona afectada.



Calle Millaray, el perfil longitudinal obtenido muestra que esta calle tiene una leve inclinación de 0.3%, la cual al igual que calle Pedro de Valdivia deja en la parte más baja la zona afectada.



Ruta de la Madera, de acuerdo al perfil longitudinal, el punto afectado es la zona más baja, por lo cual aguas lluvias provenientes desde las zonas norte y sur de la carretera llegan al sector afectado.



En conclusión, la zona afectada es el punto más bajo de calle Pedro de Valdivia, ruta de la Madera y calle Millaray, lo cual respalda el levantamiento topográfico realizado en el sector.

CAPITULO II

DIAGNOSTICO DE CONDICIONES HIDRICAS DEL SECTOR

III. Diagnóstico de condiciones hídricas del sector.

Para diagnosticar las condiciones hídricas del sector se utilizó el método racional, con el cual se pueden obtener datos sobre el caudal de diseño para el sistema implementado en el sector. A partir de este dato se puede hacer un diagnóstico de cuál es la deficiencia existente.

1.1 Parámetros de cálculo

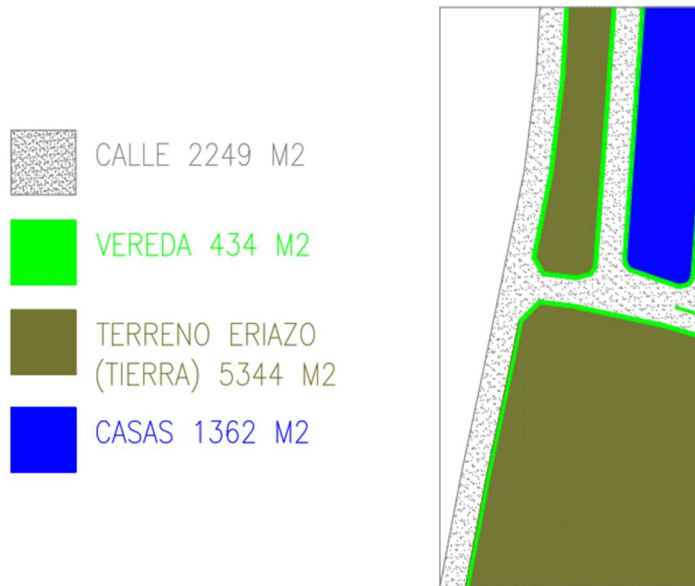
Se han adoptado las siguientes bases de cálculo en consideración de las características topográficas e hidrológicas del sector

1.1.1 Área de drenaje.

Como área a drenar se considerará como limite el último sumidero desde el cual no se tiene antecedente de mal funcionamiento, lo cual da como resultado 0.94 hectáreas.

Del total del área de drenaje, es posible distinguir dos tipos de condiciones del suelo y que corresponden a: terrenos descubiertos, como terreno eriazo y terrenos cubiertos como calle, techumbre, veredas.

A continuación, se presenta la vista en planta de las áreas mencionadas anteriormente.



1.1.2 Coeficiente de escorrentía.

Se calculó el coeficiente de escorrentía del sector en función de los coeficientes característicos relacionados a cada tipo de superficie, tales como techos, calles, veredas y terrenos eriazos.

El área tributaria seleccionada para este cálculo está determinada a partir del último sumidero que no presenta problemas de evacuación de aguas lluvias, debido a que se encuentra en una zona más alta a la afectada.

El coeficiente representativo del sector en estudio se calculó como el promedio ponderado de los coeficientes tabulados por las superficies homogéneas, según la siguiente ecuación.

$$C = \frac{\sum C_i * A_i}{A_r}$$

Donde:

C = Es el coeficiente de escorrentía representativo.

C_i = es el coeficiente de escorrentía tabulado para las características que representa el área A_i.

A_i = Es el área con características que determinan un coeficiente de escorrentía tabulado C_i.

A_T = área total del loteo

Como resultado de los cálculos realizados dio un coeficiente de escorrentía representativo de 0.71, para estudio se utilizará un C=0.7

Determinación coeficiente de escorrentía.

Coeficiente de escorrentía		
Tipo de superficie	Área m ²	Coeficiente de escorrentía
Calzada	2249	0.82
Tierra	5344	0.6
Cubiertas	1362	0.9
Vereda	434	0.87
Total	9389	0.71

Para realizar este cálculo se utilizó en coeficiente de escorrentía medio, el cual fue obtenido desde la siguiente tabla obtenida desde el Manual de Drenaje Urbano.

Tipo de superficie	Coeficiente		
	Mínimo	Medio	Máximo
Calles			
Asfalto no poroso	0,70	0,82	0,95
Hormigón	0,80	0,87	0,95
Adoquín de cemento sobre arena	0,50	0,60	0,70
Maicillo, ladrillo	0,30	0,40	0,50
Techos			
Zinc, latón, metálicos en general	0,85	0,90	0,95
Tejas, pizarras, cemento asbesto	0,70	0,80	0,90
Patios			
Baldosas, hormigón	0,80	0,87	0,95
Tierra, sin cobertura	0,50	0,50	0,70
Parques, plazas y jardines			
Prados, suelo arenoso	0,05	0,12	0,20
Prados, suelo arcilloso	0,15	0,25	0,35

1.1.3 Intensidad máxima de lluvias.

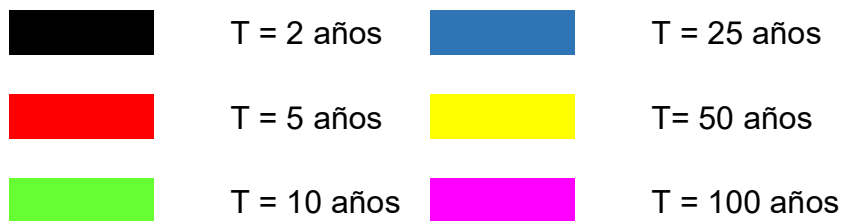
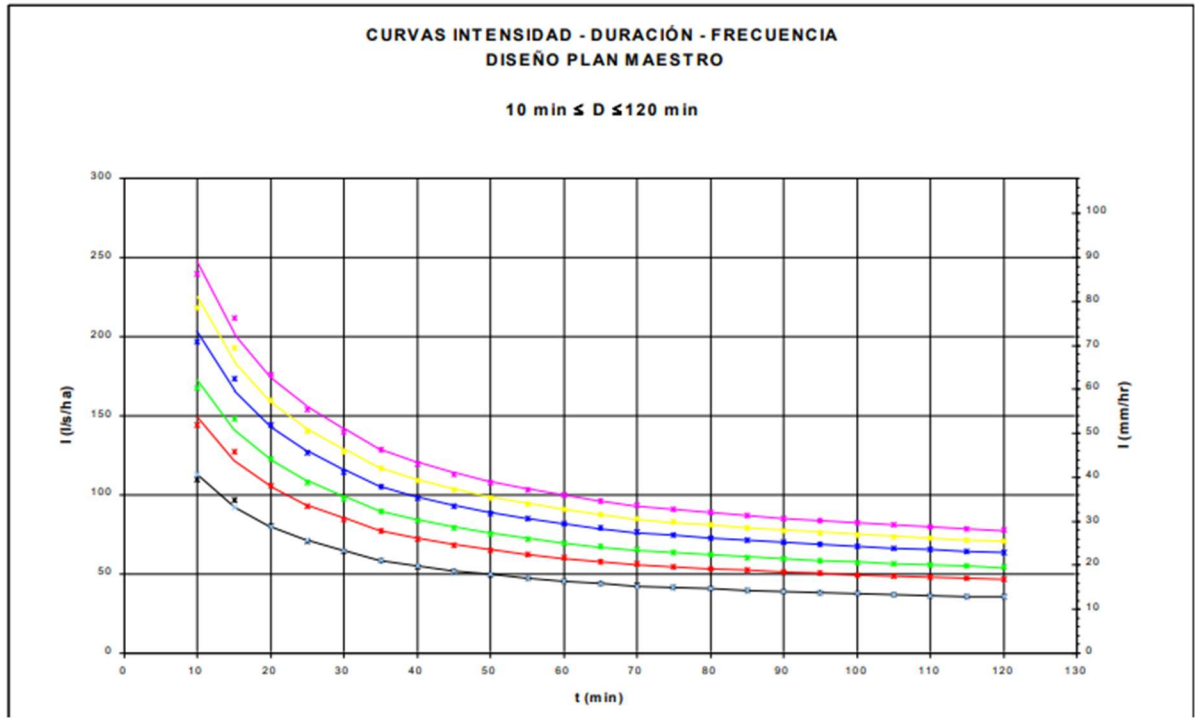
Según lo dictado por el Manual de Drenaje Urbano, la intensidad máxima de lluvias debe obtenerse desde el Plan Maestro Comunal del sector.

De acuerdo a la página oficial de la Dirección de Obras Hidráulicas, Santa Juana no cuenta con plan maestro de aguas lluvias, A continuación, se presenta el listado de planes maestros existentes en Chile.

Dirección de Obras Hidráulicas
SITUACION PLANES MAESTROS AGUAS LLUVIAS 2022

Nro. Plan Maestro	Localidades	Región	Año	Resumen Ejecutivo	Planos red primaria
PM – 01	Gran Santiago	Región Metropolitana		Link R.E.	Link Planos
PM – 02	Punta Arenas	Magallanes		Link R.E.	Link Planos
PM – 03	Viña del Mar	Valparaíso		Link R.E.	Link Planos
PM – 04	Concepción	Biobío	2001	Link R.E.	Link Planos
PM – 06	Rancagua y Machalí	O'Higgins	2001	Link R.E.	Link Planos
PM – 07	Temuco y Padre Las Casas	Araucanía	2002	Link R.E.	Link Planos
PM – 08	Gran Valparaíso	Valparaíso	2002	Link R.E.	Link Planos
PM – 09	Talca	Maule		Link R.E.	Link Planos
PM – 10	Valdivia	Los Ríos	2013	Link R.E.	Link Planos
PM – 12	Chacabuco	Metropolitana		Link R.E.	Link Planos
PM – 13	Chillán y Chillán Viejo	Ñuble	2002	Link R.E.	Link Planos
PM – 15	Curicó, Sarmiento y Romeral	Maule	2002	Link R.E.	Link Planos
PM – 19	Los Ángeles	Biobío	2004	Link R.E.	Link Planos
PM – 20	Lota y Coronel	Biobío	2004	Link R.E.	Link Planos
PM – 21	Penco Tomé	Biobío		Link R.E.	Link Planos
PM – 32	Puerto Aysén y Puerto Chacabuco	Aysén		Link R.E.	Link Planos
PM – 35	Alerce	Los Lagos	2013	Link R.E.	Link Planos
PM – 41	Puerto Varas	Puerto Montt		Link R.E.	Link Planos
PM – 43	Concon	Valparaíso		Link R.E.	Link Planos

Debido a esto se utilizan las curvas de intensidad duración frecuencia indicadas en el Plan Maestro de Concepción, debido a que el sector se encuentra ubicado en la comuna de Santa Juana que posee características homogéneas en cuanto a su hidrología a la comuna de Concepción.



Para este caso se utilizará la intensidad de 148 litros/segundo/hectárea.

1.1.4 Periodo de retorno

Para un evento de gran magnitud tiene un periodo de retorno de T años, si este es igualado o superado una vez cada T años, esta selección depende de la vida útil de la infraestructura diseñada y un riesgo de falla aceptable, este riesgo depende de factores económicos, sociales y técnicos que disponga la organización a cargo.

En el Plan Maestro utilizado, para situaciones como la en estudio, se considera un periodo de retorno de 2 años, sin embargo, a fin de aumentar la seguridad se adoptará un periodo de diseño de $T= 10$ años.

1.1.5 Cálculo de caudal de diseño

Se utiliza el método de la formula racional, debido a que esta entrega resultados aceptables para cuencas pequeñas, dada por la siguiente expresión:

$$Q = C * I * A$$

Donde:

C = Coeficiente de esorrentía.

I = intensidad media en el tiempo de concentración TC y Periodo de retorno (T), en litros/segundos/hectárea.

A = Superficie en estudio en Hectáreas.

Caudal de diseño	
C=	0.7
I=	148 litros/segundo/hectárea
A=	0.94 Hectáreas
Q=	97.27 litros/segundo

Como resultado del cálculo, el caudal de diseño para el sector en estudio es de 97.27 litros/segundo.

Debido a los antecedentes reunidos, se puede afirmar que los sumideros ubicados en el sector tienen una deficiencia en el caudal de evacuación, ante esto como criterio de diseño se utilizara todo el caudal obtenido en el cálculo anterior.

CAPITULO II

PROPUESTA DE SOLUCIÓN

IV. Propuesta de solución.

En base a los datos obtenidos en capítulos anteriores, se determinó a partir de lo establecido por el Manual de Drenaje Urbano, que la solución más óptima para la problemática que afecta el sector es una zanja de infiltración con material de relleno CuboDren, debido a su alta porosidad, fácil acoplamiento al sistema actual, bajo coste de construcción, poco invasivo y amigable con el medio ambiente.

1. Manual de Drenaje Urbano.

Según el Manual de Drenaje Urbano, las zanjas de infiltración son obras de infiltración longitudinales, con profundidades recomendables entre 1 y 3 metros. Estas reciben el escurrimiento ya sea desde la superficie o mediante tuberías perforadas que pueden entrar desde cada extremo. De esta última forma pueden ser tapadas, lo cual permite otro uso de la superficie como terraza o estacionamiento. El volumen de almacenamiento de las zanjas puede materializarse con distintos elementos porosos tales como piedras o gravas, tuberías, cámaras o elementos prefabricados de polipropileno como las celdas Atlantis, nidaplast o similares, que tienen porosidades cercanas al 90%.

Figura 5.2.6

Estanque de infiltración, con filtro superficial y alimentación desde los bordes.



1.1. Factibilidad y condiciones generales.

No es recomendable la instalación de estas obras en terrenos que posean alguna de las siguientes características.

- Pendiente del terreno mayor que un 20%.
- Nivel máximo de la napa subterránea o estrato impermeable a menos de 1.2 metros bajo el fondo de la zanja.
- Suelos superficiales o inferiores con tasas de infiltración equivalentes a suelos tipo C o D según la clasificación SCS, o con tasas de infiltración menores que 7 milímetros hora.
- Suelos con más de 30% de arcilla.

De acuerdo a lo anterior el sector en estudio sí posee las características requeridas para el desarrollo de un proyecto de zanja de infiltración, debido a que:

- El sector posee pendientes entre 0.3% y 4.5%.
- La capa freática se encuentra a 2.99 metros bajo la superficie.
- La tasa de infiltración, determinada por un ensayo Porchet realizado, en promedio es de 428.58mm/hora.
- La composición del suelo no posee arcilla en su estructura.

1.2. Área aportante

El área aportante se estima como la suma de las superficies impermeables que drenan hacia la zanja de infiltración. Para ello se determina un coeficiente de escurrimiento del conjunto como la suma ponderada de los coeficientes respectivos para el área de cada uno.

En este caso el coeficiente de escorrentía determinado mediante los cálculos realizados es de 0.71, por lo cual se usará un coeficiente de 0.70.

1.3. Selección de una lluvia de diseño

Para la lluvia de diseño debe usarse lo siguiente:

- Una lluvia de dos horas de duración con intervalos cada 10 minutos, concentrada a inicio y con un periodo de retorno $T = 2$ años, si la zanja de infiltración atiende solo terrenos privados, y cuenta con mantención regular
- Una lluvia de 24 horas de duración total con intervalos de tiempo variables, concentrada al inicio y con un periodo de retorno $T = 10$ años, si se atiende superficies de acceso público como edificios comerciales u oficinas, o la zanja se encuentra en la vía pública como parte de la red secundaria.

Para este caso se utilizará el segundo criterio, debido a que el sector en estudio es de acceso público y la proyección de la zanja de infiltración se encontrara en la vía pública como parte de la red secundaria.

1.4. Material de relleno de la zanja

Las opciones de relleno establecidas en el manual de drenaje urbano son las siguientes:

- Piedra o Grava.
- Tuberías o elementos prefabricados.
- Elementos de polipropileno de porosidades cercanas al 90%

En general estos rellenos deben estar asentados en arena o rellenos artificiales de gran porosidad, Es conveniente utilizar rellenos que aprovechen el volumen excavado al máximo pero que también aseguren la estabilidad de las paredes y permita cubrir la zanja de manera segura.

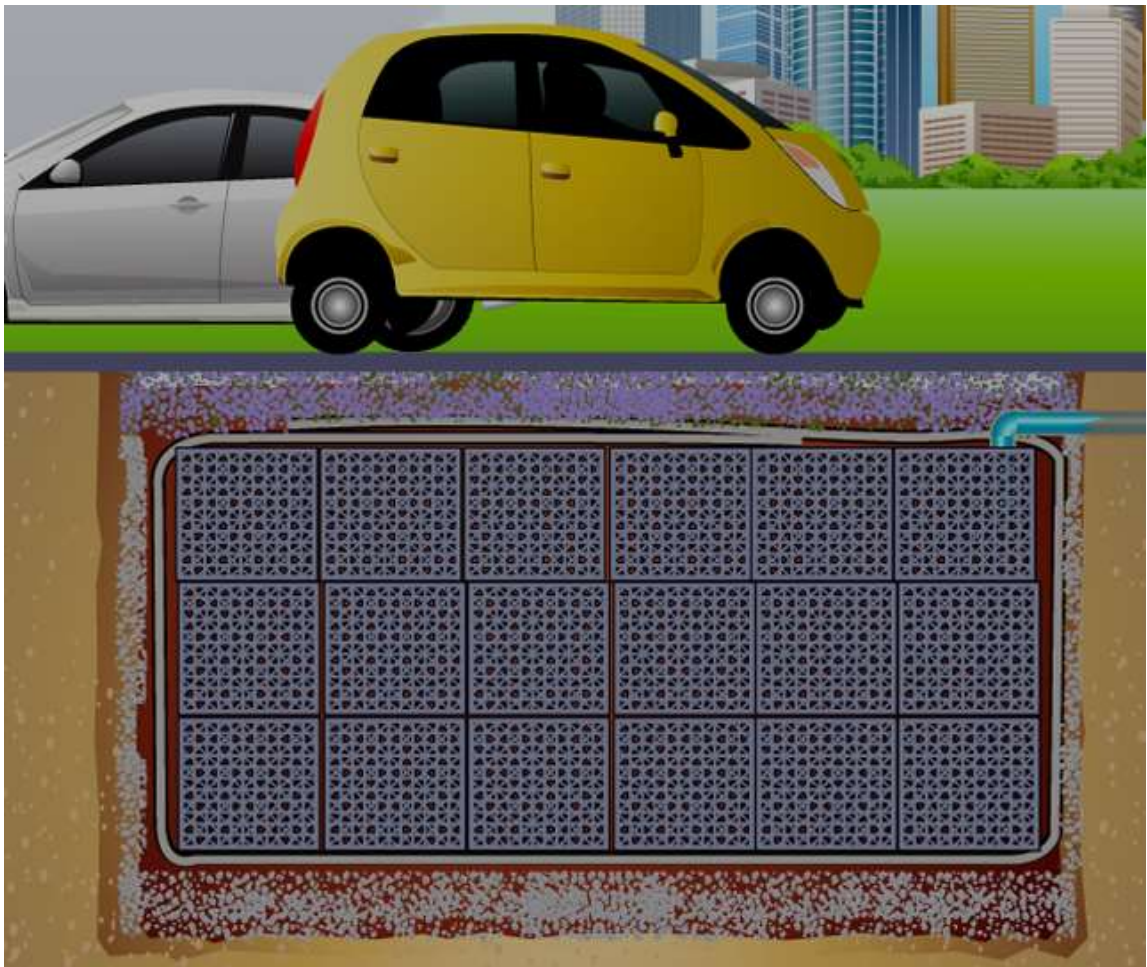
De acuerdo a lo anterior el material seleccionado como relleno de la zanja de infiltración es el CuboDren, el cual es un producto que cuenta con certificación LEED, DICTUC, aprobado por el MINVU-SERVIU y cuenta con patente en el ministerio de Economía.

Las ventajas de este material es que es capaz de almacenar y realizar infiltración de aguas lluvias al terreno natural.

Es una mejor opción al bolón de drenaje, debido a que el factor de porosidad de bolón tradicional es de 0.3 en comparación al del cubo dren que es de 0.9, lo cual permitiría proyectar una zanja de infiltración de menor tamaño.

Permite aprovechar de mejor manera el volumen excavado en comparación a otros rellenos y asegura la estabilidad de paredes y la superficie de la zanja debido a su alta resistencia.

La materialidad del Cubodren es de 100% de Plástico Reciclado, lo cual está avalado por certificación LEED.



1.4.1. Línea de productos CuboDren.

CuboDren tiene un producto específico para cada obra, dependiendo de las necesidades que se necesite cubrir y la cantidad de toneladas que se ejercerán sobre la zanja de infiltración.

Las líneas disponibles, de acuerdo al tonelaje requerido son las siguientes:



Las dimensiones:

CuboDren Livien, Pluss y Ultra = 60 cm largo, 45cm alto y 42cm ancho.

CuboDren Mac = 45,5cm de largo, 45 cm alto y 42 cm ancho.

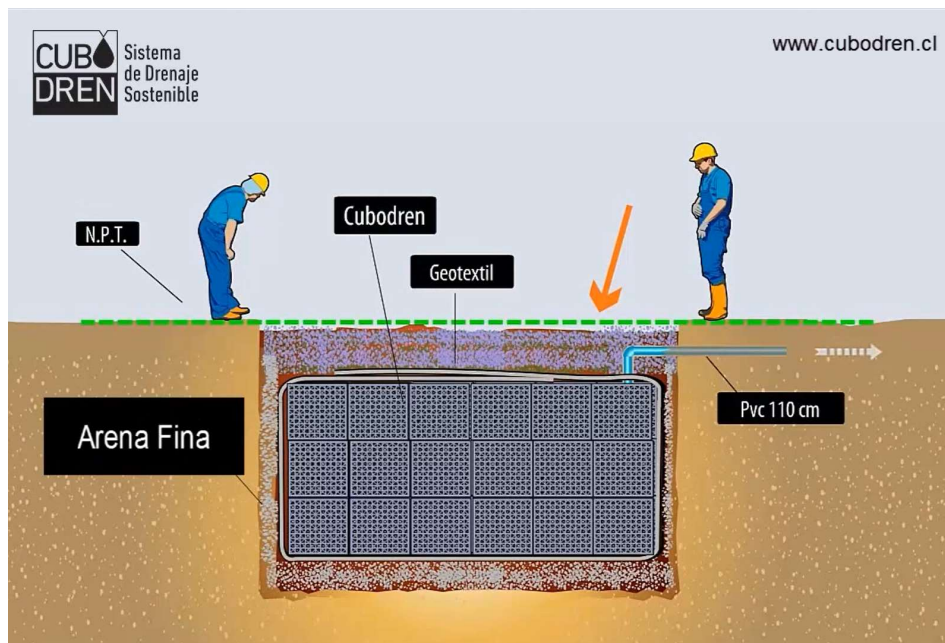
Para este proyecto se utilizará la línea CuboDren Livien ya que no estará sometido a grandes cargas.

1.4.2. Instalación del CuboDren

La instalación se realiza por etapas:

1. Se realiza la excavación, con las dimensiones que tendrá la zanja de infiltración.
2. Como base se coloca una capa de 30 cm de arena fina.
3. Se instala el Geotextil en base y laterales.
4. Se procede con la instalación del CuboDren.
5. Se Termina la instalación del Geotextil en la parte superior del cubodren.
6. Luego se procede a instalar las cañerías de reparto de flujo que llevaran las aguas lluvias desde sumideros a la zanja de infiltración.
7. Finalmente se cubre espacios libres con arena fina.

La siguiente imagen representa los pasos mencionados anteriormente.



CuboDren y Geotextil ya instalados:



1.4.3. Geotextil.

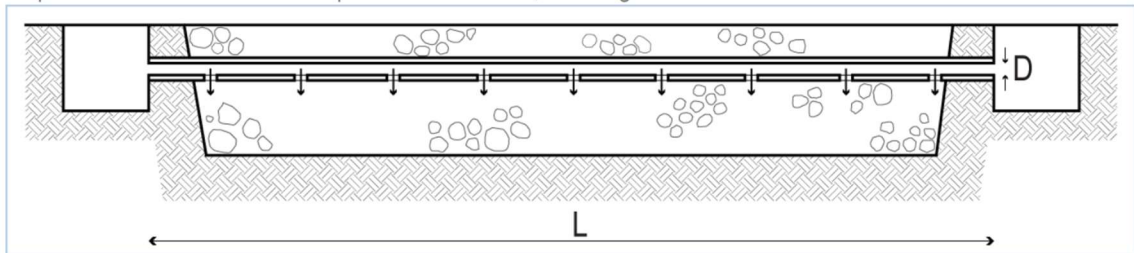
Entre el fondo y las paredes de la excavación y el relleno se coloca un geotextil, cubriendo el relleno una vez colocado en su parte superior. Se recomienda emplear geotextiles de materiales sintéticos, no tejidos, de permeabilidad al menos igual a 10 veces la permeabilidad del suelo. Los paños laterales se deben traslapar por lo menos 50 cm.

1.4.4. Tuberías de reparto de flujo.

Si la zanja es alimentada desde un extremo, y ha sido rellena con material pétreo o arena, es necesario instalar una tubería de reparto del agua a lo largo de la zanja, por su parte superior, inmediatamente bajo la cubierta y sobre el geotextil. Esta tubería debe ser recta, horizontal y estar conectada a cámaras de inspección tanto de entrada como a una de salida en cada extremo, para facilitar su mantención y limpieza.

Figura 6.3.38

Disposición de una tubería de reparto. D.- Diámetro, L.- Longitud.



1.5. Aspectos legales

Debido a que la zanja de infiltración se proyecta en la vía pública será parte de la red secundaria, debido a esto la entidad responsable de la tuición de esta obra será el Ministerio De Obra y Urbanismo según lo establecido por la ley 19.525 del año 1997.

CAPITULO IV

Análisis Hídrico y estructural.

V. Análisis hídrico y estructural.

Para el diseño de la zanja de infiltración se utilizará como criterio de diseño lo establecido en el Manual de drenaje Urbano y los datos obtenidos en anteriores capítulos.

1. Parámetros a utilizar.

El periodo de retorno a utilizar para el diseño y cálculo de la zanja será de 10 años, según lo mencionado en el capítulo anterior, debido a las características de emplazamiento y uso que tendrá esta.

1.1. Parámetros iniciales.

Como parámetros iniciales se utilizarán los siguiente:

P^{10}_{24} = El cual es la lluvia de retorno de 10 años y duración de 24 horas.

CF^{10}_{10} = Coeficiente de frecuencia, Obtenido desde Manual de Carretera Volumen 3 – tabla 3.702.403.A

CD^{10}_t = Coeficiente de duración para 24 horas, obtenido desde manual de carretera Volumen 3 – tabla 3.702.403.B

P^{10}_1 = Lluvia de retorno 10 años y duración 1 hora. ($CD^{10}_t * P^{10}_{24}$)

f = Infiltración mecánica del suelo, obtenida a partir de ensayo Porchet.

Cs = Coeficiente de seguridad

A_{per} = Área permeable, obtenida a partir del dimensionamiento de la zanja de infiltración.

Parámetro	Valor	
$P^{10}_{24} =$	130.90	mm
$CF^{10}_{10} =$	1.0	
$CD^{10}_t =$	0.19	para 1 hora
$P^{10}_1 =$	27.36	mm
$f =$	428.58	mm/hr
$C_s =$	0.50	
$A_{per} =$	196.80	m ²

1.2. Área aportante y coeficiente de escorrentía.

El área aportante determinada es de 9389 m² con un coeficiente de escorrentía promedio de 0.7.

1.3. Tasa de infiltración.

La tasa de infiltración fue determinada a partir de ensayos Porchet realizados en promedio es de 428.58 mm/hora.

1.4. Volumen afluente acumulado.

El volumen de afluente acumulado se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$V_{afl}(t) = 0.001 * C * A * P^{10}_t$$

Donde:

C = es el Coeficiente de escorrentía medio → 0.7

A = Es el área aportante → 9389 m²

Lo cual da como resultado un Volumen de Afluente Acumulado de $6.57 P^{10}_t$

1.5. Volumen infiltrado.

El volumen infiltrado se puede determinar a partir de la siguiente ecuación:

$$V_{inf}(t) = 0.001 C_s * f * A_{perc} * t$$

Donde:

C_s = Coeficiente de seguridad para la infiltración → 0.5

f = Capacidad de infiltración del suelo en mm/hora → 428.58 m/h

A_{perc} = Área total de percolación de la zanja, en m² → 196.80 m²

t = Tiempo de percolación en horas.

Lo cual da como resultado un Volumen infiltrado de 42.17 t

De acuerdo a esto $P^{10}t$ para 24 horas es de 144.0 $CD^{24}t$, para 1 hora es de 27.4

CD^1t .

Resumen de lo mencionado anteriormente

AREA =	9389	m²
C_{medio}=	0.7	

$V_{afi}(t)=0,001*C*A*P^{10}_t$		
$V_{inf}(t)=0,001*f*C_s*A_{per}*t$		
$P^{10}_t=1,1*P^{10}_{24}*CD^{24}_t*CF_{10}$		
$P^{10}_t =$	158.4 CD^{24}_t	para 24 horas >t>1 hora
$P^{10}_t =$	30.1 CD^1_t	para 1 horas >t>0 hora
$V_{afi}(t)=$	6.57 P^{10}_t	
$V_{inf}(t)=$	45.03 t	

1.6. Dimensionamiento del estanque.

Como parámetro de cálculo para la profundidad, se adoptó una profundidad máxima a 1.2 metros de la napa freática, y 0.7 metros de la superficie debido a que debe estar bajo el nivel de salida desde los sumideros, el cual es de 0.6 metros.

Parámetro	Valor	
Largo	42.0	m
Ancho	4.50	m
Área Infiltración	189.0	m ²
Profundidad (h)	1.10	m
Porosidad (η_p)	0.9	
Volumen Almacenamiento Requerido (Vr)	199.6	m ³
Volumen Estanque Diseño	207.9	m ³
Volumen Útil (Vu)	187.11	m ³
Relación de volúmenes (Vu/Vr)	0.94	

Superficie Estanque:	189	m²
-----------------------------	------------	----------------------

Según el dimensionamiento dado a la zanja de infiltración, bajo los coeficientes establecidos por la porosidad del material de relleno utilizado, el volumen del estanque útil para el almacenamiento de aguas lluvias es de 207.9 m³, lo cual está sobre el volumen de almacenamiento requerido.

1.7. Volumen de almacenamiento necesario.

Existen varios métodos de diseño, basados en criterios similares a los de otras obras de infiltración, los que varían en cuanto a las estimaciones de los volúmenes de diseño y las tasas de infiltración. El volumen necesario de almacenamiento en la zanja (V_{alm}) se puede determinar gráficamente como la máxima diferencia entre el volumen acumulado afluente (V_{afl}) y el volumen acumulado infiltrado (V_{inf}), ambos en función del tiempo.

El volumen total de la zanja está dado por:

$$V_{zanja} = L \cdot h \cdot b$$

Para mejorar la estabilidad, se rellena de material pétreo de porosidad p , luego el volumen de la zanja está relacionado con el volumen de almacenamiento necesario mediante la expresión:

$$V_{alm} = p \cdot V_{zanja} = p \cdot L \cdot b \cdot h$$

Debido a que el volumen infiltrado, empleado para estimar el volumen de almacenamiento, también depende de la dimensión de la zanja, se debe proceder por aproximaciones sucesivas, empleando como variables de diseño el valor del largo de la zanja L , suponiendo valores conocidos de b y h ya que pueden estar condicionadas por restricciones constructivas y del terreno.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente el volumen de almacenamiento se calculó de la siguiente manera:

DURACIÓN		CD ¹ _t	P ¹⁰ _t	V _{af}	V _{inf}	Volumen almacenamiento (m ³)
Minutos	Horas					
0	0.00	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.08	0.307	8.4	55.3	3.5	51.8
10	0.17	0.460	12.6	82.8	7.0	75.7
20	0.33	0.642	17.6	115.4	14.1	101.4
30	0.50	0.764	20.9	137.3	21.1	116.2
40	0.67	0.858	23.5	154.3	28.1	126.2
60	1	0.190	27.4	179.8	42.2	137.6
120	2	0.300	43.2	283.9	84.3	199.6
240	4	0.380	54.7	359.6	168.7	190.9
360	6	0.470	67.7	444.8	253.0	191.7
480	8	0.560	80.6	530.0	337.4	192.6
600	10	0.640	92.2	605.7	421.7	183.9
720	12	0.700	100.8	662.4	506.1	156.4
840	14	0.770	110.9	728.7	590.4	138.3
1,080	18	0.890	128.2	842.2	759.1	83.1
1,440	24	1.000	144.0	946.3	1012.1	-65.8
Volumen Almacenamiento (m³)						199.6

Lo cual da como resultado que el Volumen de Almacenamiento necesario es de 199.6 m³

Conclusión

VI. Conclusión.

De acuerdo a lo investigado para el desarrollo del proyecto es posible realizar una solución para cubrir la demanda hídrica que se produce en el sector.

A partir del levantamiento topográfico y perfiles longitudinales obtenidos desde Google Earth se establece que el sector en estudio es un punto de encuentro de aguas, con un desnivel de 76 centímetros de diferencia entre el punto más alto ubicado en Ruta de la Madera y el punto más bajo en Calle Millaray, debido a esto se produce una demanda hídrica mayor a la que pueden cubrir los sumideros y colector existentes en el sector.

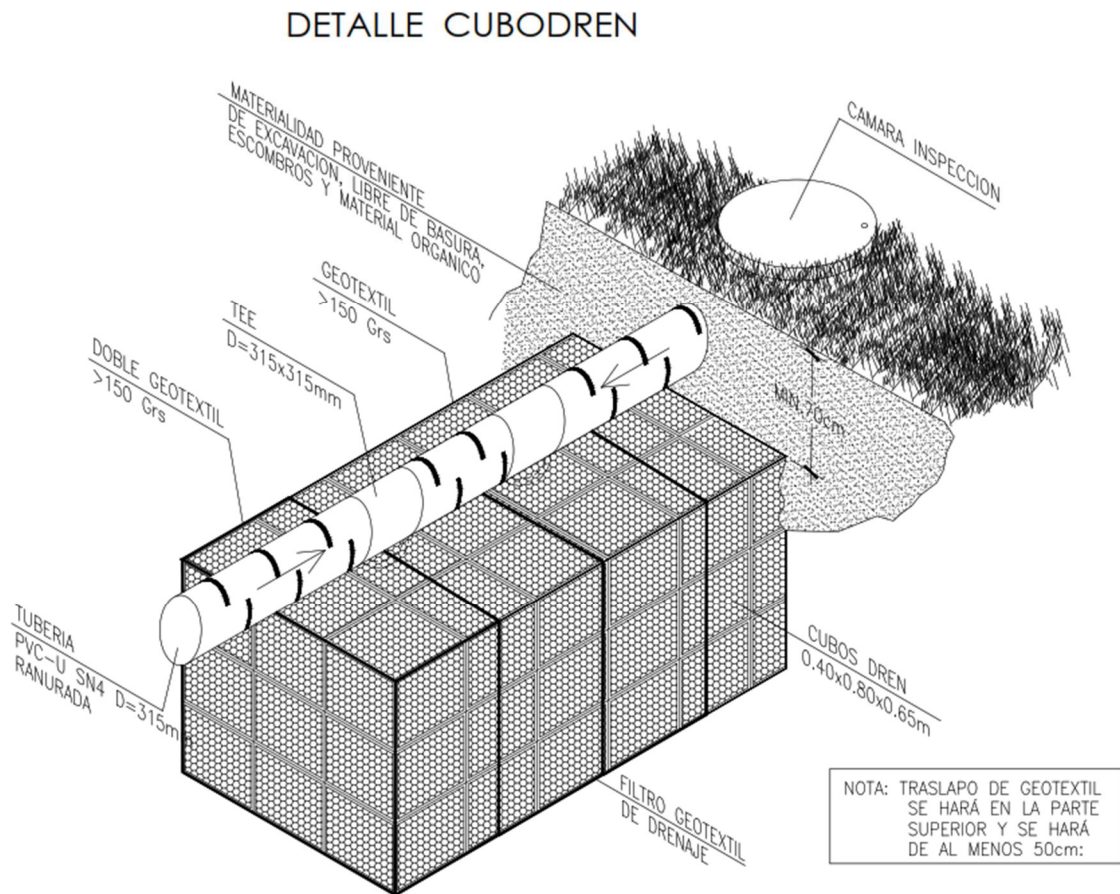
A partir de esto se calculó un sistema de recolección, almacenamiento e infiltración que complementa el sistema de evacuación de aguas lluvias existente en el sector, Es por esto que se diseñó un sistema de evacuación de aguas lluvias complementario el cual tiene la capacidad de almacenar, regular e infiltrar al 100% la demanda hídrica del sector, con el fin de eliminar cualquier riesgo de inundación al producirse lluvias de gran envergadura.

Este sistema está diseñado con la línea CuboDren Livien el cual soporta hasta 11 toneladas ya que esta estructura no estará sometida a grandes cargas, se recomienda disponer áreas verdes sobre el estanque de regulación con el fin de que sea un proyecto amigable con el entorno.

La recolección de las aguas lluvias se realizará desde el sumidero con menor cota del sector, con el fin de que este proyecto no sea invasivo, sea de construcción rápida y económica.

Se dispondrá una cámara de inspección prefabricada de $\varnothing 800$ entre el sumidero existente y la zanja de infiltración proyectada con el fin de realizar una fácil mantención al sistema diseñado.

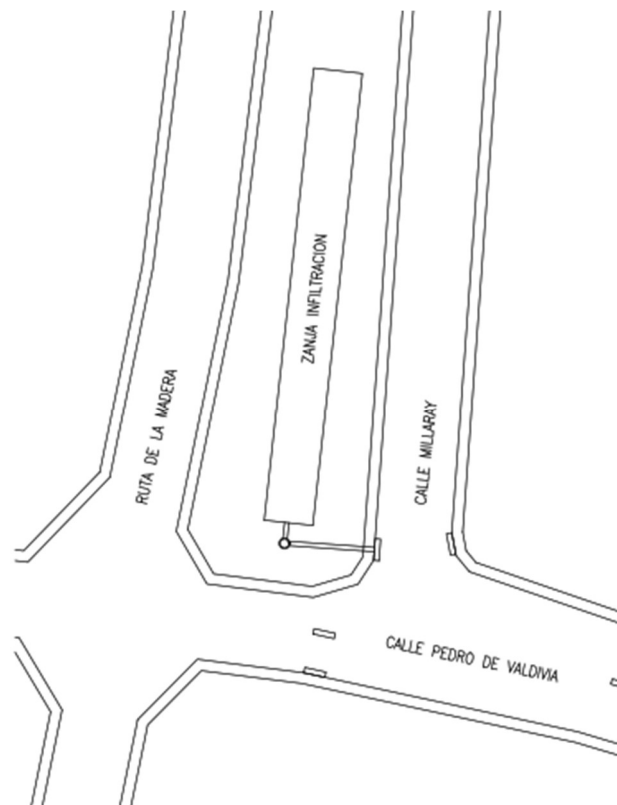
La tubería de repartición será de HDPE $\varnothing 400$ se instalará siguiendo el siguiente detalle, en el cual se muestra la conexión desde la cámara de inspección proyectada y la zanja de infiltración con relleno de cubodren.



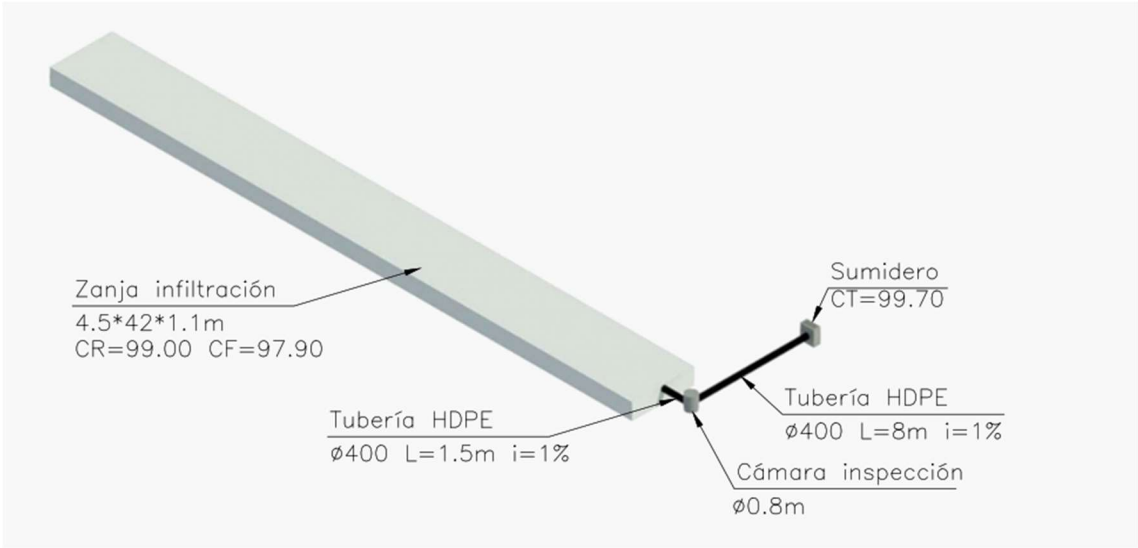
Las dimensiones de la zanja de infiltración según los cálculos realizados son de 4.5m de ancho, 42m de largo y 1.1m de profundidad, cota de corona CR=99.00 y Cota de Fundación de CF=97.9. De acuerdo a estas dimensiones se cumple el nivel mínimo establecido de 1.2 metros sobre la napa subterránea existente que establece el Manual de Drenaje Urbano.

De acuerdo a esto, la disposición de la zanja de infiltración se realizará entre Ruta de la Madera y Calle Millaray, en un terreno eriazo de propiedad fiscal, cuidando la restricción mínima de 2 metros entre la zanja de infiltración las calles laterales para evitar sobrecargas sobre esta.

De acuerdo a lo anterior, la disposición en planta de la zanja de infiltración será la siguiente:



En la siguiente vista Isométrica del sistema proyectado, se pueden observar con mayor detalle las disposiciones de cañerías, cámara de inspección y zanja de infiltración.



VII. Bibliografía

Biblioteca del Congreso Nacional. (n.d.). Biblioteca del Congreso Nacional. www.bcn.cl/leychile. Retrieved October 23, 2022, from <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=76725>

Dirección De Obras Hidráulicas, (2013). Manual De Drenaje Urbano.

Sanz, R. (2017, mayo 3). ¿Qué es el método cualitativo? Cursos.com. <https://cursos.com/blog/metodo-cualitativo/>

(S/f). Wikipedia.org. Recuperado el 2 de octubre de 2022, de [https://es.wikipedia.org/wiki/Método_racional_\(hidrología\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Método_racional_(hidrología))

Verstappen, H. T. (2009). Geomorfología. *Quaternary Science Reviews*, 28(27–28), 3459–3460. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2009.07.012>

(S/f-c). Wikipedia.org. Recuperado el 2 de octubre de 2022, de <https://es.wikipedia.org/wiki/Hidrología>

Depósitos Aluviales. (1991). criba. Recuperado 3 de diciembre de 2022, de <http://www.criba.edu.ar/geolarg/aluvial.html>

Explorock. (2015, October 28). Clasificación de los depósitos sedimentarios. Explorock. <https://www.explorock.com/clasificacion-de-los-depositos-sedimentarios/>

Depositos de remoción en masa Las Amarillas. (2016, October 7). Centro de Estudios de Montaña (CEM). <https://www.cem-fundacion.cl/depositos-de-remocion-en-masa-las-amarillas/>

Mapa geológico de Chile, (2003). Sernageomin.

Cubos de drenaje, sistemas de infiltración de agua Chile. (2021, 23 septiembre).

CUBODREN@ - Santiago de Chile. <https://cubodren.c>

Ministerio de Obras Públicas – Manual De Drenaje Urbano. (s. f.). <https://doh.mop.gob.cl/manualdrenajeyurbano/Paginas/default.aspx>

Ministerio de Obras Públicas- Planes Maestros. <https://doh.mop.gob.cl/productosyservicios/Paginas/PlanesMaestros.aspx>

Meneses, E. Y., & Elmes, R. G. (n.d.). Municipalidad de Santa Juana. Santajuana.cl. Retrieved December 5, 2022, from <https://old.santajuana.cl>