

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LA SANTÍSIMA CONCEPCIÓN

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Civil



**COMPARACIÓN DE COSTOS Y TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN PARA EL USO
DE ZANJA DE INFILTRACIÓN CON DISTINTAS ALTERNATIVAS DE
RELLENOS EN DIFERENTES TIPOS DE SUELOS**

HANS ROBERT URRUTIA MARTÍNEZ

INFORME DE PROYECTO DE TÍTULO PARA OPTAR AL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

PROFESOR GUÍA

GUILLERMO BUSTAMANTE

PROFESOR INFORMANTE

FELIPE GONZÁLEZ

CONCEPCIÓN, DICIEMBRE 2016

RESUMEN

El objetivo general de este proyecto es evaluar los dos tipos de relleno más óptimos para una obra de infiltración, específicamente una zanja de infiltración completa.

Se realiza el diseño de una urbanización para hacer los cálculos de la cantidad de agua lluvia que debe recibir la zanja. La obra se diseñará con las condiciones de lluvia de la ciudad de Concepción y el tipo de suelo será variable, realizando el cálculo para nueve suelos con capacidades de infiltración distintas, según ensayo Porchet. Sobre los rellenos se utilizarán dos tipos: uno del tipo pétreo que es el bolón y otro de polipropileno, que consiste en un cubo perforado de la marca Insytec.

Se realizarán las verificaciones hidráulicas para el buen funcionamiento de los colectores, sumideros y cámaras de inspección, este análisis solo se realiza general, ya que no dependerá de los parámetros del suelo.

Se realizan las comparaciones para volumen de almacenamiento, para conocer cuáles de las dos alternativas de relleno puede captar la misma cantidad de agua en un menor volumen, los costos de instalación, costos de mantención y tiempo de instalación de las zanjas de infiltración para toda la gama de suelos mostrada y con los dos tipos de rellenos.

Finalmente, con todas las comparaciones, se encontrará la alternativa de relleno óptima para todos los suelos.

ABSTRACT

The overall objective of this project is to evaluate the two most optimum filler types for an infiltration site, specifically a complete infiltration trench.

The design of an urbanization is done to make the calculations of the amount of water that should receive the trench. The work is designed with the rainfall conditions of the city of Concepción and the soil type will be variable, making the calculation for nine soils with different infiltration capacities, according to the Porchet test. Two types of fillers will be used: one of the stony type that is the quarry stone and the other of polypropylene, which consists of a perforated cube of the brand Insytec.

Hydraulic checks are performed for the proper functioning of the collectors, sumps and inspection chambers, this analysis is only performed generally, as it will not depend on the soil parameters.

Comparisons will be made for the storage volume, to determine which of the two filling alternatives can capture the same amount of water in a smaller volume, the installation costs, maintenance costs and the time of installation of infiltration ditches for the whole range of soils shown and with both types of fillings.

Finally, with all the comparisons, you will find the optimal filling alternative for all soils.

Dedicado a mi madre, hija, hermanos y sobrina.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecer a mi profesor guía Guillermo Bustamante, por acompañarme en todo el proceso del desarrollo de este proyecto, dando siempre su disponibilidad para atenderme.

Al profesor Felipe González quien realizó críticas constructivas para mejorar la calidad del proyecto.

En general a los profesores que fueron parte de este proceso entregando sus conocimientos y ayuda en la etapa de estudio.

A las empresas que me ayudaron a encontrar algunos datos y valores importantes para el desarrollo del trabajo.

A mis compañeros de carrera y amigos en general, con quienes compartí gran parte de mi vida universitaria.

A mi familia que me apoyó en todo momento y siempre confió en la finalización de esta etapa, en especial a mi madre Judith y a mi hija Agustina que han sido los pilares fundamentales para mi desarrollo personal.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
AGRADECIMIENTOS	iv
1 Introducción	1
1.1 Objetivos	2
1.1.1 Objetivo general.....	2
1.1.2 Objetivos específicos	2
1.2 Justificación del problema	2
1.3 Delimitación del problema	2
2 Técnicas de gestión de escurrimientos urbanos	4
2.1 Obras de infiltración	4
2.2 Zanja de infiltración	4
2.3 Proceso constructivo	5
2.3.1 Máquina para la excavación de la zanja	5
2.4 Ventajas de las TGEU	5
3 Criterios de diseño	6
3.1 Tipos de rellenos	6
3.1.1 Bolón.....	6
3.1.2 Caja de polipropileno.....	7
3.2 Tipos de suelos	7
3.2.1 Método Porchet.....	9
3.2.2 Suelos de estudio	10
3.3 Diseño zanja de infiltración	11
3.3.1 Caudal de diseño.....	11
3.3.2 Coeficiente de escorrentía.....	11
3.3.3 Selección de lluvia de diseño.....	14
3.3.4 Área tributaria.....	15
3.3.5 Volumen de afluente acumulado	16
3.3.6 Volumen infiltrado.....	17
3.3.7 Volumen de almacenamiento.....	19
3.3.8 Tiempo total de infiltración	20

3.3.9	Pendiente de fondo.....	20
3.3.10	Geotextil.....	20
3.4	Dimensiones de las zanjas de infiltración.....	21
3.5	Verificación Hidráulica.....	32
3.5.1	Capacidad de Sumideros.....	32
3.5.2	Capacidad de las calles	33
3.5.3	Caudal aportante	33
3.5.4	Verificación hidráulica de la calzada.....	34
3.5.5	Verificación hidráulica para colectores	36
4	Estimación de costos	41
4.1	Costos de instalación	41
4.2	Costos de mantención.....	47
5	Estimación de tiempo	51
6	Comparación y selección.....	60
7	Conclusiones.....	66
7.1	Recomendaciones.....	69
8	Bibliografía.....	70
9	Anexos.....	72
9.1	Parámetros, dimensiones y verificaciones para los distintos tipos de suelos. 72	
9.2	Costos de instalación	105
9.3	Costos de mantención.....	115
9.4	Tiempo de instalación	125
9.5	Planos.....	134

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: vista en planta del problema a estudiar.	3
Figura 2: Material pétreo de relleno, bolón.	6
Figura 3: Caja de polipropileno para relleno.	7
Figura 4: Esquema de clasificación de suelos según USCS.	9
Figura 5: Infiltrómetro de cilindro escavado.	10
Figura 6: División del sector en dos drenes.	16
Figura 7: Esquema para obtener Cs.	18
Figura 8: Estimación del volumen de almacenamiento.	20
Figura 9: Ubicación y largo de las zanjas.	22
Figura 10: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo GP [340(mm/hr)], con bolón.	24
Figura 11: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo GP [340(mm/hr)], con cubo.	26
Figura 12: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo GP [185(mm/hr)], con bolón.	27
Figura 13: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo GP [185(mm/hr)], con cubo.	29
Figura 14: Relación tasa de infiltración versus volumen de zanja.	31
Figura 15: Vista en planta del diseño de agua lluvia.	39
Figura 16: Detalle conducción agua lluvia.	40
Figura 17: Detalle de instalación para relleno con cubo de polipropileno.	42
Figura 18: Detalle de instalación para relleno con bolón.	42
Figura 19: Diagrama de Gantt para zanja con bolón.	55
Figura 20: Tareas críticas para zanja con bolón.	56
Figura 21: Diagrama de Gantt para zanja con cubo.	57
Figura 22: Tareas críticas para zanja con cubo.	58
Figura 23: Infiltración versus volumen.	61
Figura 24: Infiltración versus costo de instalación.	62
Figura 25: Infiltración versus costos mantención.	63
Figura 26: Infiltración versus tiempo.	64
Figura 27: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo GP 185(mm/hr).	73
Figura 28: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo GP 185(mm/hr).	74
Figura 29: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo GP 185(mm/hr).	75
Figura 30: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo GP 185(mm/hr).	76
Figura 31: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo GP-GM 100(mm/hr).	77
Figura 32: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo GP-GM 100(mm/hr).	78
Figura 33: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo GP-GM 100(mm/hr).	79
Figura 34: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo GP-GM 100(mm/hr).	80
Figura 35: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo GM 217(mm/hr).	81
Figura 36: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo GM 217(mm/hr).	82
Figura 37: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo GM 217(mm/hr).	83
Figura 38: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo GM 217(mm/hr).	84
Figura 39: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo GM 153 (mm/hr).	85
Figura 40: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo GM 153 (mm/hr).	86
Figura 41: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo GM 153 (mm/hr).	87
Figura 42: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo GM 153 (mm/hr).	88
Figura 43: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo SM 44 (mm/hr).	89
Figura 44: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo SM 44 (mm/hr).	90
Figura 45: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo SM 44 (mm/hr).	91

Figura 46: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo SM 44 (mm/hr).....	92
Figura 47: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo SM 39.3 (mm/hr).....	93
Figura 48: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo SM 39.3 (mm/hr).....	94
Figura 49: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo SM 39.3 (mm/hr).....	95
Figura 50: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo SM 39.3 (mm/hr).....	96
Figura 51: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo MH 47.2 (mm/hr).	97
Figura 52: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo MH 47.2 (mm/hr).	98
Figura 53: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo MH 47.2 (mm/hr).	99
Figura 54: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo MH 47.2 (mm/hr).	100
Figura 55: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo MH 15.4 (mm/hr).	101
Figura 56: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo MH 15.4 (mm/hr).	102
Figura 57: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo MH 15.4 (mm/hr).	103
Figura 58: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo MH 15.4 (mm/hr).	104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Nomenclatura utilizada para tipos de suelos según la USCS.	8
Tabla 2: Clasificación y valores de infiltración para tipos de suelos.....	10
Tabla 3: Coeficientes de escorrentía para cada superficie.....	12
Tabla 4: Áreas de las superficies impermeables.....	12
Tabla 5: Precipitación para Concepción con periodo de retorno de 10 años.....	15
Tabla 6: Parámetros, dimensión y verificación para dren 1 en un suelo GP 340(mm/hr), con bolón.	23
Tabla 7: Parámetros, dimensión y verificación para dren 1 en un suelo GP 340(mm/hr), con cubo.....	25
Tabla 8: Parámetros, dimensión y verificación para dren 2 en un suelo GP 340(mm/hr), con bolón.	26
Tabla 9: Parámetros, dimensión y verificación para dren 2 en un suelo GP 340(mm/hr), con cubo.....	28
Tabla 10: Volumen de la zanja para sector dren 1.	30
Tabla 11: Volumen de la zanja para sector dren 2.	30
Tabla 12: Volumen total de zanja para bolón y cubo.	31
Tabla 13: Caudal aportante para cada sumidero.....	34
Tabla 14: Verificación para la calzada.	35
Tabla 15: Capacidad y función sumidero S-3.	36
Tabla 16: Verificación para colectores.....	36
Tabla 17: Criterio altura de la lámina de agua.	37
Tabla 18: Criterio de velocidad.	38
Tabla 19: Cubicaciones para zanjas con bolón.....	43
Tabla 20: Cubicaciones para zanja con cubo.	44
Tabla 21: Costo instalación para suelo GP, con bolón.	45
Tabla 22: Costo instalación para suelo GP, con cubo.	46
Tabla 23: Costos totales de instalación para los diferentes tipos de suelos.	47
Tabla 24: Costo mantención para suelo GP, con bolón.....	48
Tabla 25: Costo de mantención para suelo GP, con cubo.	49
Tabla 26: Costos totales de mantención curativa para los diferentes tipos de suelos.....	50
Tabla 27: Rendimiento excavadora.....	52
Tabla 28: Rendimiento de instalación de tuberías.....	52
Tabla 29: Rendimiento para zanja rellena con bolón.	53
Tabla 30: rendimiento para zanja rellena con cubo.	53
Tabla 31: Duración de cada partida para zanja con bolón.....	54
Tabla 32: Duración de las tareas para zanja con bolón.	55
Tabla 33: Duración de cada partida para zanja con cubo.....	56
Tabla 34: Duración de las tareas para zanja con cubo.....	57
Tabla 35: Tiempo de instalación para todos los tipos de suelos.....	58
Tabla 36: Comparación volumen de la zanja de infiltración.	60
Tabla 37: Comparación costo de instalación.....	61
Tabla 38: Comparación costos de mantención curativos.	62
Tabla 39: Comparación tiempo de instalación.	63
Tabla 40: Parámetros, dimensión y verificación para dren 1 en un suelo GP 185(mm/hr).	73
Tabla 41: Parámetros, dimensión y verificación para dren 1 en un suelo GP 185(mm/hr).	74
Tabla 42: Parámetros, dimensión y verificación para dren 2 en un suelo GP 185(mm/hr).	75
Tabla 43: Parámetros, dimensión y verificación para dren 2 en un suelo GP 185(mm/hr).	76
Tabla 44: Parámetros, dimensión y verificación para dren 1 en un suelo GP-GM 100(mm/hr).	77

Tabla 45: Parámetros, dimensión y verificación para dren 1 en un suelo GP-GM 100(mm/hr).	78
Tabla 46: Parámetros, dimensión y verificación para dren 2 en un suelo GP-GM 100(mm/hr).	79
Tabla 47: Parámetros, dimensión y verificación para dren 2 en un suelo GP-GM 100(mm/hr).	80
Tabla 48: Parámetros, dimensión y verificación para dren 1 en un suelo GM 217(mm/hr).	81
Tabla 49: Parámetros, dimensión y verificación para dren 1 en un suelo GM 217(mm/hr).	82
Tabla 50: Parámetros, dimensión y verificación para dren 2 en un suelo GM 217(mm/hr).	83
Tabla 51: Parámetros, dimensión y verificación para dren 2 en un suelo GM 217(mm/hr).	84
Tabla 52: Parámetros, dimensión y verificación para dren 1 en un suelo GM 153(mm/hr).	85
Tabla 53: Parámetros, dimensión y verificación para dren 1 en un suelo GM 153(mm/hr).	86
Tabla 54: Parámetros, dimensión y verificación para dren 2 en un suelo GM 153(mm/hr).	87
Tabla 55: Parámetros, dimensión y verificación para dren 2 en un suelo GM 153(mm/hr).	88
Tabla 56: Parámetros, dimensión y verificación para dren 1 en un suelo SM 44(mm/hr).	89
Tabla 57: Parámetros, dimensión y verificación para dren 1 en un suelo SM 44(mm/hr).	90
Tabla 58: Parámetros, dimensión y verificación para dren 2 en un suelo SM 44(mm/hr).	91
Tabla 59: Parámetros, dimensión y verificación para dren 2 en un suelo SM 44(mm/hr).	92
Tabla 60: Parámetros, dimensión y verificación para dren 1 en un suelo SM 39.3 (mm/hr).	93
Tabla 61: Parámetros, dimensión y verificación para dren 1 en un suelo SM 39.3 (mm/hr).	94
Tabla 62: Parámetros, dimensión y verificación para dren 2 en un suelo SM 39.3 (mm/hr).	95
Tabla 63: Parámetros, dimensión y verificación para dren 2 en un suelo SM 39.3 (mm/hr).	96
Tabla 64: Parámetros, dimensión y verificación para dren 1 en un suelo MH 47.2 (mm/hr).	97
Tabla 65: Parámetros, dimensión y verificación para dren 1 en un suelo MH 47.2 (mm/hr).	98
Tabla 66: Parámetros, dimensión y verificación para dren 2 en un suelo MH 47.2 (mm/hr).	99
Tabla 67: Parámetros, dimensión y verificación para dren 2 en un suelo MH 47.2 (mm/hr).	100
Tabla 68: Parámetros, dimensión y verificación para dren 1 en un suelo MH 15.4 (mm/hr).	101
Tabla 69: Parámetros, dimensión y verificación para dren 1 en un suelo MH 15.4 (mm/hr).	102
Tabla 70: Parámetros, dimensión y verificación para dren 2 en un suelo MH 15.4 (mm/hr).	103
Tabla 71: Parámetros, dimensión y verificación para dren 2 en un suelo MH 15.4 (mm/hr).	104
Tabla 72: Presupuesto suelo GP 185 (mm/hr).	105
Tabla 73: Presupuesto suelo GP-GM 100 (mm/hr).	106
Tabla 74: Presupuesto suelo GM 217 (mm/hr).	106
Tabla 75: Presupuesto suelo GM 153 (mm/hr).	107
Tabla 76: Presupuesto suelo SM 44 (mm/hr).	107
Tabla 77: Presupuesto suelo SM 39.3 (mm/hr).	108
Tabla 78: Presupuesto suelo MH 47.2 (mm/hr).	108
Tabla 79: Presupuesto suelo MH 15.4 (mm/hr).	109
Tabla 80: Presupuesto suelo GP 185 (mm/hr).	110
Tabla 81: Presupuesto suelo GP-GM 100 (mm/hr).	111
Tabla 82: Presupuesto suelo GM 217 (mm/hr).	111
Tabla 83: Presupuesto suelo GM 153 (mm/hr).	112
Tabla 84: Presupuesto suelo SM 44 (mm/hr).	112
Tabla 85: Presupuesto suelo SM 39.3 (mm/hr).	113
Tabla 86: Presupuesto suelo MH 47.2 (mm/hr).	113
Tabla 87: Presupuesto suelo MH 15.4 (mm/hr).	114
Tabla 88: Presupuesto suelo GP 185 (mm/hr).	115
Tabla 89: Presupuesto suelo GP-GM 100 (mm/hr).	116
Tabla 90: Presupuesto suelo GM 217 (mm/hr).	116
Tabla 91: Presupuesto suelo GM 153 (mm/hr).	117

Tabla 92: Presupuesto suelo SM 44 (mm/hr).....	117
Tabla 93: Presupuesto suelo SM 39.3 (mm/hr).....	118
Tabla 94: Presupuesto suelo MH 47.2 (mm/hr).....	118
Tabla 95: Presupuesto suelo MH 15.4 (mm/hr).....	119
Tabla 96: Presupuesto suelo GP 185 (mm/hr).....	120
Tabla 97: Presupuesto suelo GP-GM 100 (mm/hr).....	121
Tabla 98: Presupuesto suelo GM 217 (mm/hr).....	121
Tabla 99: Presupuesto suelo GM 153 (mm/hr).....	122
Tabla 100: Presupuesto suelo SM 44 (mm/hr).....	122
Tabla 101: Presupuesto suelo SM 39.3 (mm/hr).....	123
Tabla 102: Presupuesto suelo MH 47.2 (mm/hr).....	123
Tabla 103: Presupuesto suelo MH 15.4 (mm/hr).....	124
Tabla 104: Tiempo de instalación suelo GP 185 (mm/hr).....	125
Tabla 105: Tiempo de instalación suelo GP-GM 100 (mm/hr).....	126
Tabla 106: Tiempo de instalación suelo GM 217 (mm/hr).....	126
Tabla 107: Tiempo de instalación suelo GM 153 (mm/hr).....	127
Tabla 108: Tiempo de instalación suelo SM 44 (mm/hr).....	127
Tabla 109: Tiempo de instalación suelo SM 39.3 (mm/hr).....	128
Tabla 110: Tiempo de instalación suelo MH 47.2 (mm/hr).....	128
Tabla 111: Tiempo de instalación suelo MH 15.4 (mm/hr).....	129
Tabla 112: Tiempo de instalación suelo GP 185 (mm/hr).....	130
Tabla 113: Tiempo de instalación suelo GP-GM 100 (mm/hr).....	131
Tabla 114: Tiempo de instalación suelo GM 217 (mm/hr).....	131
Tabla 115: Tiempo de instalación suelo GM 153 (mm/hr).....	132
Tabla 116: Tiempo de instalación suelo SM 44 (mm/hr).....	132
Tabla 117: Tiempo de instalación suelo SM 39.3 (mm/hr).....	133
Tabla 118: Tiempo de instalación suelo MH 47.2 (mm/hr).....	133
Tabla 119: Tiempo de instalación suelo MH 15.4 (mm/hr).....	134

1 Introducción

El crecimiento económico de la segunda mitad del siglo XX significó altas tasas de desarrollo urbano, lo que se tradujo, por ejemplo, en que sólo en Santiago se urbanizó a una tasa de $8 [km^2/año]$. La situación ha sido bastante similar durante el tiempo transcurrido en el presente siglo en varias de las grandes ciudades de Chile, lo que ha resultado que en la actualidad prácticamente el 90% de la población chilena vive en ciudades. Esta tendencia se mantendrá en el futuro, estimándose que para el 2050 la población urbana del país será del 93.3% (CEPAL).

Las calles deben drenar las aguas lluvias que precipitan sobre ellas, tanto en la calzada como en la acera, y en algunos casos, además, hacerse cargo de las descargas desde los recintos que están más allá de la línea de edificación.

Los problemas de drenajes de aguas lluvias van en aumento, debido a lo mencionado anteriormente, provocando anegaciones en calles y esquinas y escurrimiento peligroso en las calles, debido al aumento de volumen e incremento de crecidas.

Pero también existen otras obras de drenaje urbano, llamada técnicas alternativas, un ejemplo de ellas es la zanja de infiltración, que se verá con más detalle en los siguientes capítulos, pero, a grandes rasgos, lo que se hace es almacenar las aguas lluvias en excavaciones, utilizando materiales porosos como bolones para luego infiltrarla.

Se propone realizar un estudio de alternativas de relleno para zanja de infiltración, para hacer la comparación del volumen que utiliza cada material, el costo de los distintos tipos de materiales, además del costo de mantención de la obra durante su vida útil y el tiempo que se demora la instalación de cada material en obra. Esto se realizará para distintos tipos de suelos con variación en su contenido de finos. Los rellenos a utilizar son bolón con diámetros entre los 20 y los 30 [cm] y cajas de polipropileno de gran resistencia y porosidad.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Evaluar los dos tipos de rellenos más óptimos para una zanja de infiltración, en términos de costos, mantención y tiempo de instalación, en la ciudad de Concepción.

1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar la capacidad teórica de almacenaje de la zanja y conocer el volumen máximo de agua que puede llegar a retener con las diferentes alternativas de relleno en los distintos tipos de suelos.
- Hacer una evaluación de costos para cada alternativa de relleno en los diferentes tipos de suelos.
- Conocer los costos de mantención para cada alternativa de relleno.
- Hacer una evaluación del tiempo de construcción para cada alternativa de relleno en los diferentes tipos de suelos.
- Comparar las alternativas de relleno utilizados en la obra de infiltración.

1.2 Justificación del problema

Con el crecimiento de las áreas urbanizadas las técnicas alternativas de soluciones de aguas lluvias irán tomando fuerza y serán cada vez más comunes. Dentro de este tipo de obras se encuentra la zanja de infiltración, que es la técnica que se estudiará en este proyecto. Por esta razón, resulta interesante conocer los costos asociados a este tipo de obras, la mantención para una buena vida útil y los tiempos de instalación.

1.3 Delimitación del problema

El problema consiste en analizar una zanja de infiltración para un área urbanizada de 7431.5 [m^2], tamaño recomendable para este tipo de obra, con 27 viviendas de 46 [m^2], como se muestra en la figura 1, además se considera para los cálculos una futura ampliación de 21 [m^2].

DETALLE PLANTA
ESCALA 1:250

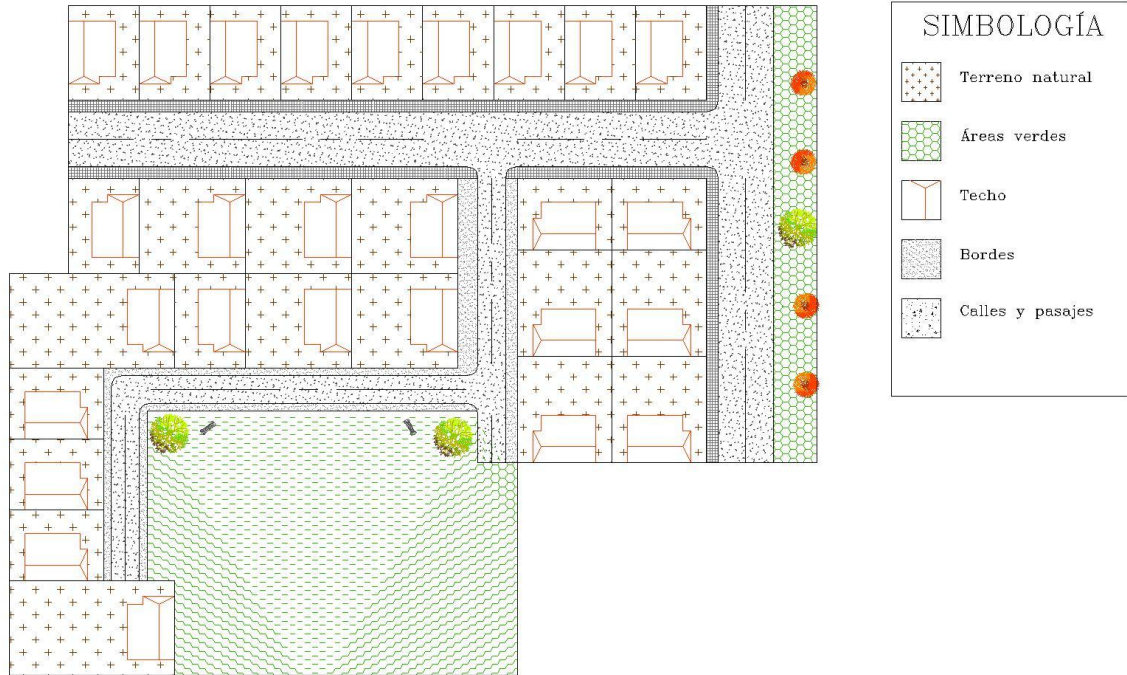


Figura 1: vista en planta del problema a estudiar.

Fuente: Elaboración propia.

La zanja estará ubicada en las áreas verdes y deberá captar todas las aguas lluvias del lugar, es una zanja de infiltración completa, las dimensiones de la zanja de infiltración se analizarán más adelante, en el capítulo 3. Además, se irá variando el tipo de suelo y los tipos de rellenos con el objetivo de conocer el tipo de relleno más óptimo durante la vida útil del proyecto. En el capítulo 4 se analizarán los costos para las diferentes combinaciones de suelos con rellenos de la zanja.

2 Técnicas de gestión de escurrimientos urbanos

Las técnicas de gestión de escurrimientos urbanos (TGEU), conocidas también como técnicas alternativas, son técnicas que deben ser consideradas por los proyectistas para evitar las externalidades producidas por la urbanización.

Las TGEU se ubican en espacios disponibles dentro de la urbanización, como plazas, parques, bandejones centrales, avenidas, como también en los patios y estacionamientos. Para el caso de la caja de polipropileno, variando su resistencia, pueden ir ubicadas bajo aceras o calzadas.

Las técnicas de gestión de escurrimientos urbanos, TGEU, se clasifican en varios tipos, según su función. Se encuentran: Obras de Infiltración, las Obras de Almacenaje y la Desconexión de Áreas Impermeables.

El tipo de TGEU a utilizar en este proyecto es la obra de infiltración, específicamente las zanjas de infiltración completa, es decir, que será diseñada para captar todo el volumen de escurrimiento.

2.1 Obras de infiltración

Las obras de infiltración captan el flujo superficial y facilitan su infiltración en el suelo. Pueden tener una capacidad de almacenamiento no despreciable, con lo que además de reducir el escurrimiento total, también contribuyen a la disminución del caudal máximo (MINVU, 2005).

2.2 Zanja de infiltración

Obras de infiltración longitudinales, con profundidades recomendables entre 1 y 3 metros. 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, permitiendo otro uso de la superficie como veredas o calles (MINVU, 2005).

2.3 Proceso constructivo

El proceso constructivo de este tipo de obras no tiene muchas complicaciones, consiste en realizar una excavación con las dimensiones necesarias para cada combinación de relleno y tipo de suelo, luego se debe utilizar gravilla para nivelar la base de la excavación. Una vez nivelado, se procede a colocar el geotextil que debe cubrir todo el relleno, luego el relleno a utilizar. Una vez ubicado todo el relleno, se procede a cerrar el geotextil para poder cubrir todo el relleno, por todas sus caras. Se definirá más adelante el tipo de geotextil, la tela debe tener un traslapo de 300 milímetros como mínimo. Luego, se ubica un tubo de PVC o HDPE ranurado y se procede a cubrir con arena gruesa, la arena debe estar libre de cualquier roca, escombros o madera. Finalmente, se utilizará una alfombra de césped natural para cubrir la zanja, dando así la opción de utilizar el espacio como áreas verdes para el sector.

2.3.1 Máquina para la excavación de la zanja

Para la excavación de la zanja se emplean excavadoras hidráulicas sobre orugas o neumáticos, según las especificaciones del terreno, las excavadoras están compuestas de un bastidor y una superestructura giratoria dotada de un brazo con cuchara, las que se pueden combinar dentro de un gran rango de capacidad de cucharones. Son muy utilizadas para el trabajo en zanjas.

Las excavadoras montadas sobre orugas se utilizan en suelos limosos y arcillosos en donde se complica la movilidad de la maquinaria.

2.4 Ventajas de las TGEU

Las principales ventajas de las técnicas de gestión de escurrimientos urbanos, es la reducción del máximo escurrimiento superficial, la remoción de contaminantes del agua por la infiltración y sedimentación que se produce y las recargas de las napas. Las zanjas de infiltración tienen una ventaja especial, que es la integración a la estructura urbana, pues, como se mencionó anteriormente, se pueden ubicar en áreas verdes o en espacios poco visibles, debido a su pequeña dimensión. Además, los costos de este tipo de obras es bajo y su puesta en marcha es sencilla.

3 Criterios de diseño

En los criterios de diseño, se deben considerar las alternativas de relleno que se utilizarán, además de los tipos de suelos en estudio, se definen cada uno para que se realice un correcto diseño de la zanja.

3.1 Tipos de rellenos

Para rellenar la zanja e infiltración se utilizarán materiales que aseguren la estabilidad de esta y que aprovechen el volumen excavado, para ello se utilizarán materiales de alta porosidad, el bolón y las cajas de polipropileno que se encuentran en el mercado, estas cajas tienen una alta porosidad y resistencia.

3.1.1 Bolón

Es un material pétreo resistente, son de forma y tamaños estables, son utilizados generalmente en drenajes y fundaciones, con diámetros variables entre los 20 y 30 centímetros, con una porosidad del orden del 30%, los bolones deben ir limpios y sin presencia de gravas y finos.



Figura 2: Material pétreo de relleno, bolón.

Fuente: <http://www.fvh.cl/nuestros-productos/piedras-decorativas.html>

3.1.2 Caja de polipropileno

La caja de polipropileno es un sistema de drenaje utilizado para reemplazar los actuales materiales pétreos, es un cubo de estructura perforada, fabricado con polipropileno de alta densidad. Según su forma y distribución varía la resistencia y su porosidad, que está entre 93% y 98%. La caja de polipropileno que se utilizará en el proyecto es de la marca Insytec, con una resistencia de $15.5 T/m^2$ y un 94% de porosidad, un ancho de 235 milímetros, largo de 500 milímetros y alto de 265 milímetros, las dimensiones son muy importantes porque se deben instalar en correcta orientación, como se observa en la figura 3.

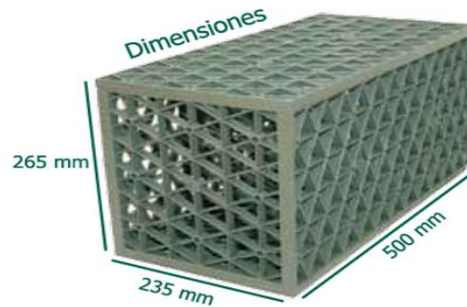


Figura 3: Caja de polipropileno para relleno.

Fuente: Insytec Ingeniería y Sistemas Tecnológicos S.A.

3.2 Tipos de suelos

El tipo de suelo en donde se emplace la obra de infiltración es muy importante, debido a que la zanja debe infiltrar todo el caudal de la tormenta antes de 24 horas, que es el tiempo de duración de la tormenta recomendada para alcanzar el máximo volumen de almacenamiento. En este tiempo, el suelo debe infiltrar toda la tormenta para tener la capacidad de recibir otro evento. Para este tipo de obras, los suelos deben contar con ciertas características, por ejemplo, la tasa de infiltración debe ser superior a $7 [mm/hr]$, menor a eso no es recomendable su instalación. Los suelos deben contener como máximo un 30%

de contenido de arcilla. Conociendo estas restricciones es posible acotar los suelos a estudiar.

El sistema unificado de clasificación de suelos, USCS, es el más utilizado en las prácticas geotécnicas, puesto que está basado en el análisis granulométrico y los límites de Atterberg. Esta clasificación divide a los suelos en suelos de grano grueso, suelos de grano fino y suelos orgánicos.

El sistema unificado de clasificación de suelos utiliza la siguiente nomenclatura:

Tabla 1: Nomenclatura utilizada para tipos de suelos según la USCS.

Símbolo	G	S	M	C	H	L	W	P
Descripción	Grava	Arena	Limo	Arcilla	Alta plasticidad	Baja plasticidad	Bien graduado	Mal graduado

Fuente: ASTM D-2487-06.

Para poder clasificar los suelos según la nomenclatura USCS, se deben considerar algunos criterios, como su granulometría y límites de Atterberg, estos se pueden observar en el siguiente esquema.

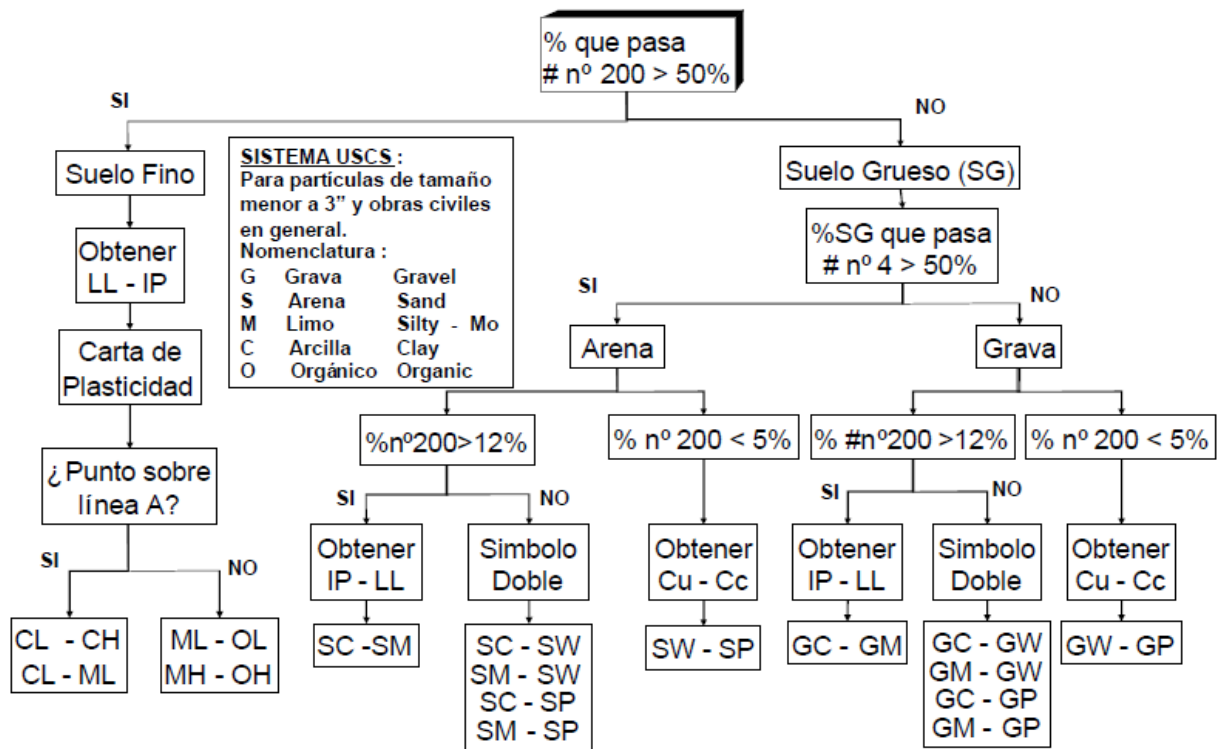


Figura 4: Esquema de clasificación de suelos según USCS.

Fuente: ASTM D-2487-06.

Los diferentes suelos a utilizar son datos recolectados del laboratorio de geotécnia EecoLab Ltda., los suelos están clasificados según USCS, bajo los estándares de un laboratorio certificado y con experiencia, el ensayo realizado es el método Porchet, que nos entrega la infiltración de los suelos en mm/hr.

3.2.1 Método Porchet

El ensayo de Porchet consiste en la excavación de un cilindro en el terreno natural, con profundidad y diámetros conocidos, la cavidad cilíndrica es cubierta con agua y se mide el descenso del nivel de agua, que es infiltrado por las paredes y el fondo de la cavidad, en función del tiempo, entregando la capacidad de infiltración global del suelo superficial.

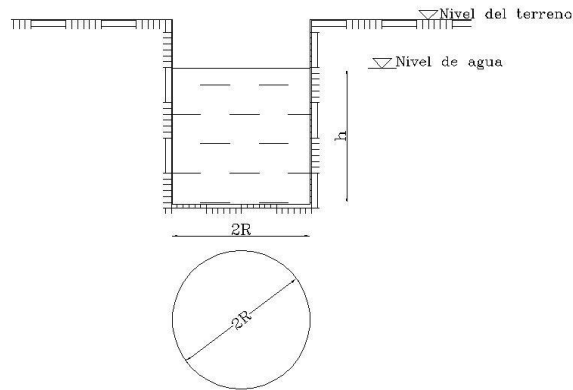


Figura 5: Infiltrómetro de cilindro escavado.

Fuente: MINVU, 1996.

3.2.2 Suelos de estudio

Los suelos a estudiar, como anteriormente se mencionó, deben tener algunas características específicas, de acuerdo a la clasificación de los suelos a los que se puedan instalar este tipo de obras de infiltración. A continuación, se puede observar en la tabla los valores de infiltración y su clasificación según USCS.

Tabla 2: Clasificación y valores de infiltración para tipos de suelos.

Suelo USCS	Infiltración, i mm/hr
GP	340
GP	185
GP-GM	100
GM	217
GM	153
SM	44
SM	39.3
MH	47.2
MH	15.4

Fuente: EcoLab Ltda.

Los suelos que se utilizarán serán gravas mal graduadas, grava mal graduada a grava limosa, grava limosa, arena limosa y limo de alta plasticidad.

3.3 Diseño zanja de infiltración

El diseño de la zanja consiste en conocer sus dimensiones, estas dimensiones dependen del caudal de diseño que se utilizará, además de las condiciones que se presentaron anteriormente.

3.3.1 Caudal de diseño

Para los caudales de aguas lluvias se utiliza el Método Racional, válido para cuencas pequeñas inferiores a 50 [há] (DOH, 2013), arrojando valores con un margen de error aceptable para este tipo de obras. El caudal aportante se obtiene de la siguiente forma:

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{3,6} \quad (1)$$

Siendo Q el caudal de salida de la cuenca, expresado en m^3/s , C es el coeficiente de escorrentía, i la intensidad de la lluvia medida en mm/hr , y A es el área aportante de la cuenca en km^2 .

3.3.2 Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía o coeficiente de escurrimiento, es la fracción de lluvia que se convierte en escurrimiento, debido a que una parte de la lluvia se infiltra, evapora o queda retenida. El coeficiente de escorrentía depende de la permeabilidad de la zona en estudio, de la pendiente del terreno y otros factores que son determinantes. Para los estudios de aguas lluvias se debe considerar el aumento de la urbanización, debido a que es un factor que se considera en los cálculos posteriores.

Se debe obtener el coeficiente de escorrentía equivalente, se ponderan las diferentes áreas con sus correspondientes coeficientes de escorrentía. Las áreas de techos, pavimentos y jardín se obtienen del plano de la figura 1 y los coeficientes de escorrentía de la siguiente tabla:

Tabla 3: Coeficientes de escorrentía para cada superficie.

Tipo de superficie	Coeficientes		
	Mínimo	Medio	Máximo
Calles			
Asfalto no poroso	0.70	0.82	0.95
Techos			
Zinc, latón, metálicos en general	0.85	0.90	0.95
Patios			
Tierra, sin cobertura	0.50	0.60	0.70
Parques, plaza y jardines			
Prados, suelos arenosos	0.05	0.12	0.20

Fuente: MINVU, 2005.

Las áreas definidas para cada tipo de superficie se pueden observar en la siguiente tabla, donde se consideraron el techo, techo futuro para una posible ampliación o estacionamiento, los pavimentos de calles, los jardines y el terreno natural que se encuentran en los patios. El área total del terreno es de 7431.5 [m²].

Tabla 4: Áreas de las superficies impermeables.

Tipo de superficie	Dren 1	Dren 2
	Área, m2	Área, m2
Techo	552	690
Techo futuro	252	315
Pavimentos	1034.25	888.25
Jardines	319	1500
Terreno natural	600	1281

Fuente: Elaboración propia.

Se divide el lote total en dos sectores: sector dren 1 y sector dren 2. Con los valores de las tablas 3 y 4 se obtiene el coeficiente ponderado para cada sector usando la siguiente expresión:

$$C_p = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot C_i}{A_T} \quad (2)$$

A_i = El área para cada tipo de superficie, m2.

C_i =Coeficiente de escorrentía para cada tipo de superficie.

A_T = El área total del sector, m2.

C_p = Coeficiente de escorrentía ponderado.

Coeficiente ponderado mínimo para el sector dren 1:

$$C_p = \frac{552 \cdot 0.85 + 252 \cdot 0.85 + 1034.25 \cdot 0.7 + 319 \cdot 0.05 + 600 \cdot 0.5}{2757.25} = 0.63$$

Análogamente para los demás, se tienen los siguientes coeficientes equivalentes a 0.63, 0.71 y 0.81 para el dren 1 y 0.47, 0.55 y 0.64 para el dren 2, los tres coeficientes representan el coeficiente mínimo, medio y máximo respectivamente, de este modo, se considera el máximo en ambos casos para un diseño conservador, siendo 0.81 el coeficiente de escorrentía máximo para sector dren 1 y 0.64 para sector dren 2.

Para calcular el área impermeable, que es el área aportante por su coeficiente de escorrentía, se consideran tres opciones. Se escoge la mayor para el diseño.

El área impermeable a considerar es:

Caso 1: $C_{esc} \cdot A_{total} = 2230.14$ y $2995.29 [m^2]$, para dren 1 y dren 2 respectivamente.

Caso 2: $A_{total} - A_{jardines} = 2438.25$ y $3174.25 [m^2]$, para dren 1 y dren 2 respectivamente.

Caso 3: $A_{techos} + A_{patios} + A_{estaci} + A_{pavimp} = 2438.25$ y $3174.25 [m^2]$, para dren 1 y dren 2 respectivamente.

Se consideran C_{esc} como 0.81 y 0.64 para dren 1 y dren 2 respectivamente y con los datos de la tabla 4 arroja un área impermeable de 2438.25 [m^2] para dren 1 y 3174.25 [m^2] para dren 2.

3.3.3 Selección de lluvia de diseño

Se recomienda escoger una lluvia de diseño, esta puede ser de 5 o 10 años de periodo de retorno, dependiendo del caso:

Caso 1: Si hacia aguas abajo del lugar existe una red de drenaje desarrollada, se utiliza un periodo de retorno de 5 años.

Caso 2: Si hacia aguas abajo del lugar no existe una red de drenaje desarrollada, se utiliza un periodo de retorno de 10 años.

La autoridad municipal o el SERVIU podrán requerir periodos diferentes de acuerdo a las condiciones del lugar.

Los valores de intensidad, para distinta duración de tiempo, se obtendrán de la publicación precipitaciones máximas en 1, 2,3 días de la dirección general de aguas (DGA), donde se encuentran los coeficientes de duración y frecuencia respectivos por zonas.

Si se cuenta con las curvas IDF del lugar, se debe escoger la curva con periodo de retorno escogido.

La opción 1 es la recomendada para este caso, con una lluvia de diseño de 5 años de periodo de retorno, pero se decide utilizar 10 años de periodo de retorno como una medida de seguridad.

Para la lluvia de diseño se utilizará la lluvia para Concepción con periodo de retorno de 10 años con los datos obtenidos de la publicación precipitaciones máximas de la DGA como se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 5: Precipitación para Concepción con periodo de retorno de 10 años.

Tiempo, hr-min	Precipitación, mm
0 - 5	6.21
0 - 10	9.22
0 - 15	11.22
0 - 20	12.83
0 - 30	15.23
0 - 40	17.23
0 - 50	18.84
1	19.97
2	31.53
4	39.94
6	49.40
8	58.86
10	67.26
12	73.57
14	80.93
18	93.54
24	105.10

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4 Área tributaria

Son líneas imaginarias que dividen la superficie, para determinar el caudal del área aportante por las superficies impermeables a la zanja. Se debe determinar un coeficiente de escorrentía ponderado para cada área, como se puede observar en la figura 6.

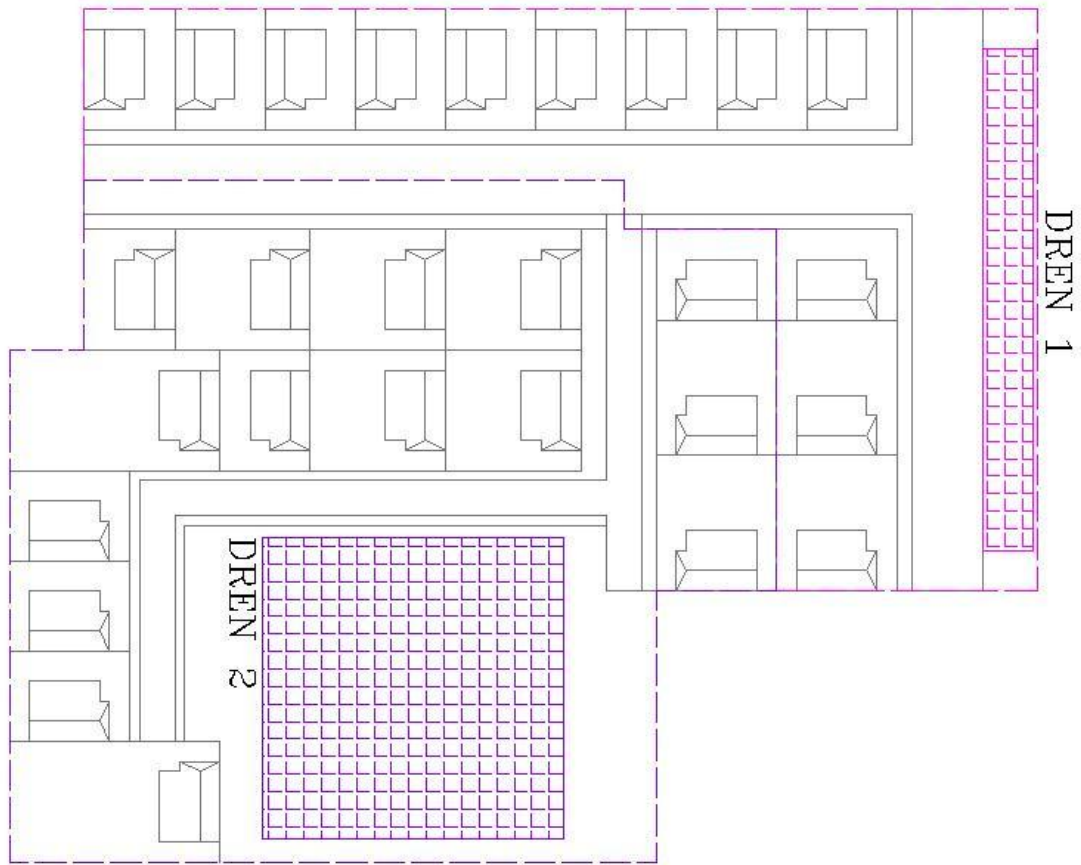


Figura 6: División del sector en dos drenes.

Fuente: Elaboración propia.

Con la división del sector se encuentran los coeficientes de escorrentías y las áreas impermeables a utilizar. Para el dren 1 se considera un área impermeable de $2438.25 [m^2]$ con un coeficiente C_{esc} de 0.81 y para el dren 2 se considera un área impermeable de $3174.25 [m^2]$ con un coeficiente C_{esc} de 0.64.

3.3.5 Volumen de afluente acumulado

Se recomienda determinar el volumen a infiltrar acumulado para una precipitación obtenida con el periodo de retorno de diseño con aquel generado por las intensidades medias. El volumen acumulado de agua lluvia para un tiempo t , expresado en metros cúbicos y en horas respectivamente, se obtiene con la siguiente expresión:

$$V_{afl}(t) = 1,25 \cdot 0,001 \cdot C \cdot I_t \cdot A \cdot t = 0,00125 \cdot C \cdot A \cdot P_t^T \quad (3)$$

C : Coeficiente de escorrentía superficial.

A : Área aportante [m^2].

I_t : Intensidad de la lluvia de periodo de retorno de diseño y duración t [mm/hr].

t : Tiempo acumulado [hr].

P_t^T : Precipitación con una duración t y un periodo de retorno T [mm].

El volumen de afluente acumulado en función del tiempo se denomina como “curva de recarga”. El valor 1.25 de la expresión corresponde a un factor de seguridad que se debe considerar para la precipitación que cae antes y después de la fracción más intensa de la tormenta.

3.3.6 Volumen infiltrado

La cantidad de volumen infiltrado, expresado en metros cúbicos, se puede obtener de la siguiente expresión:

$$V_{inf}(t) = 0,001 \cdot C_s \cdot f \cdot A_{perc} \cdot t \quad (4)$$

C_s : Factor de seguridad [mm/hr].

f : Capacidad de infiltración del suelo en condiciones de saturación, [mm/hr].

A_{perc} : Área total de percolación de la zanja [m^2].

t : Tiempo de percolación [hr].

El factor de seguridad se debe elegir según corresponda al siguiente diagrama:

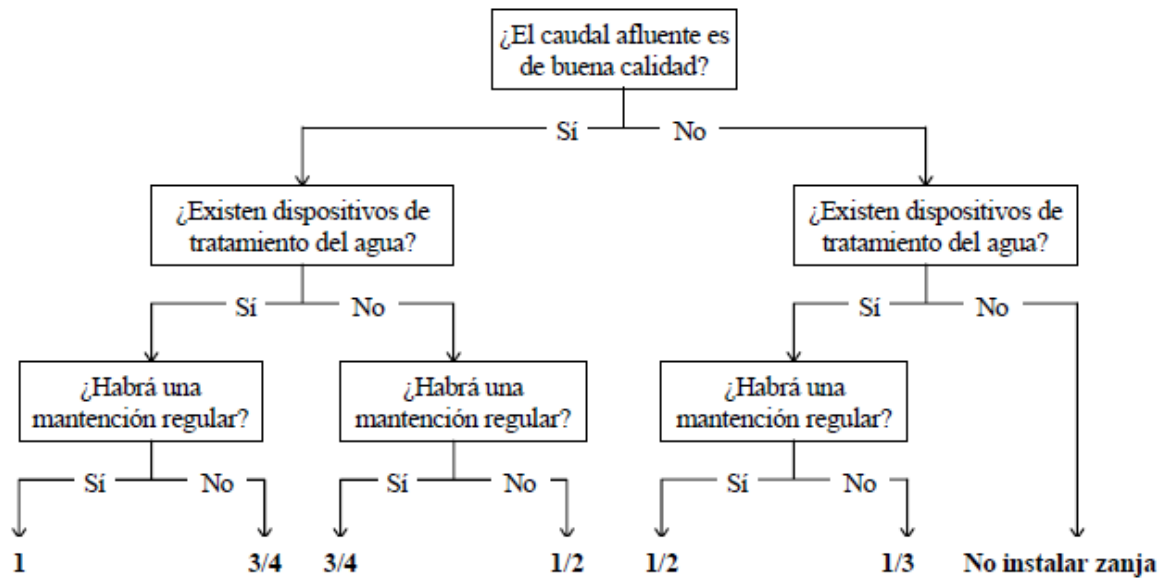


Figura 7: Esquema para obtener C_s .

Fuente: Azzout et al., 1994.

Se considera un afluente de buena calidad, sin dispositivos de tratamientos de agua, pero con una mantención regular.

El área de percolación, si se considera un fondo impermeable para el caso que no exista un elemento decantador de finos, se expresa de la siguiente manera:

$$A_{perc} = 2 \cdot h \cdot (L + b) \quad (5)$$

En este caso se considera que el agua se infiltra por las paredes de la zanja.

En el caso que exista un elemento decantador y las aguas se consideran limpias, la infiltración se produciría también por el fondo de la zanja, considerando que el fondo de la zanja se encuentre sobre 1.2 [m] del nivel máximo de la napa freática. El área de percolación se calcula como sigue:

$$A_{perc} = 2 \cdot h \cdot (L + b) + 0,5 \cdot L \cdot b \quad (6)$$

Dónde h es la altura de la zanja, L la longitud de la zanja y b el ancho, todos expresados en metros.

3.3.7 Volumen de almacenamiento

El volumen de almacenamiento (V_{alm}) que necesita la zanja, se puede obtener gráficamente como la máxima diferencia entre el volumen acumulado de afluente (V_{afl}) y el volumen acumulado infiltrado (V_{inf}), ambos en función del tiempo, como se puede observar en la figura 8.

El volumen total de la zanja se obtiene de la siguiente expresión:

$$V_{zanja} = L \cdot b \cdot h \quad (7)$$

El volumen de almacenamiento debe ser al menos igual a la máxima diferencia entre el volumen de la escorrentía del sector con el volumen infiltrado.

Para mejorar la estabilidad de la zanja se consideran rellenos pétreos y caja de polipropileno, por lo que la porosidad p de estos materiales debe ir incluida en la ecuación, el volumen de la zanja se relaciona con el volumen de almacenamiento con la siguiente expresión:

$$V_{alm} = p \cdot V_{zanja} = p \cdot L \cdot b \cdot h \quad (8)$$

Con una porosidad p de 0.3 para bolón y 0.9 para cubo de polipropileno.

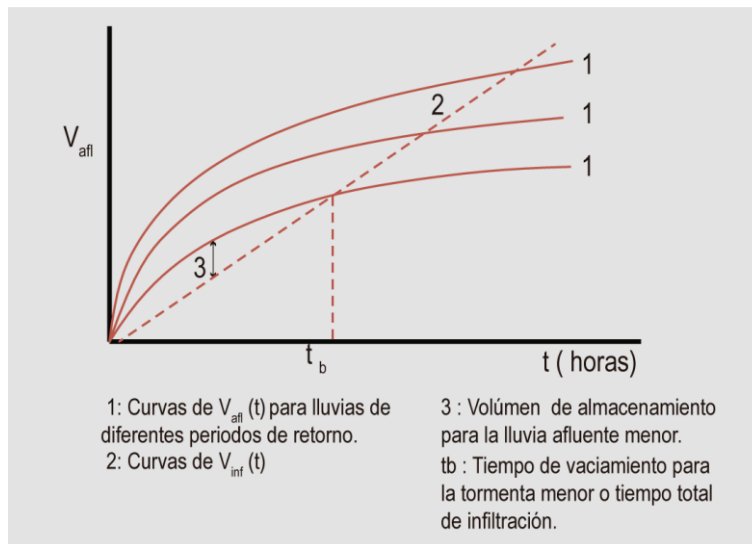


Figura 8: Estimación del volumen de almacenamiento.

Fuente: DOH, 2013.

3.3.8 Tiempo total de infiltración

Se debe estimar el tiempo de infiltración para la lluvia de diseño con el tiempo para el cual el volumen acumulado aportado por la lluvia sea igual al volumen infiltrado, gráficamente cuando las curvas V_{afi} y V_{inf} se cruzan. Como se puede observar en la figura 8 el volumen infiltrado aumenta con el tiempo, ya que a mayor tiempo mayor es la cantidad de volumen que puede infiltrar, cuando ocurre el cruce entre las curvas es cuando la capacidad que tiene de infiltrar es igual a la cantidad de agua que recibirá por la escorrentía del sector. Es recomendable que el tiempo de infiltración sea inferior a 24 horas para la lluvia de diseño.

3.3.9 Pendiente de fondo

La pendiente de fondo de la zanja debe ser horizontal, en caso contrario si la pendiente de fondo presenta inclinación a lo largo de la zanja, la altura a considerar es la altura de menos profundidad.

3.3.10 Geotextil

Los rellenos deben ir cubiertos por geotextil. 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 en 30 [*cm*]. Los geotextiles en obras de infiltración poseen un papel importante, que es retener los finos del suelo para así no producir una pronta colmatación.

Las consideraciones para elegir el geotextil se deben observar en el Manual de Carretera volumen 5, en la sección 5.204 Geotextiles, la tabla 5.204.202.C es la tabla con los requisitos para los geotextiles en obras de drenaje.

3.4 Dimensiones de las zanjas de infiltración

En las siguientes tablas se observarán los volúmenes del afluente, volumen infiltrado, volumen almacenado y volumen acumulado para cada tipo de suelo, además de las tablas con las dimensiones de las zanjas para relleno con material pétreo y para caja de polipropileno.

Las dimensiones de las zanjas dependerán de los límites del terreno, para el sector del dren 1 los límites del largo de la zanja se considera de 50 [*m*] y para el dren 2 un largo de 30 [*m*] como se pueden observar en la figura 9, la profundidad de la zanja será fija para todas de 2 [*m*].



Figura 9: Ubicación y largo de las zanjas.

Fuente: Elaboración propia.

Se muestra un ejemplo de los parámetros, dimensiones y verificación para un tipo de suelo, además del resumen de todos los suelos en estudio. Las otras verificaciones quedan expuestas en los anexos.

Para suelo clasificado como GP según USCS, grava mal graduada, con capacidad de infiltración de 340 [mm/hr] y con los parámetros que se observan en las siguientes tablas se determinan las dimensiones de los drenes y su verificación para bolones y caja de polipropileno, como se muestra en las tablas:

Tabla 6: Parámetros, dimensión y verificación para dren 1 en un suelo GP 340(mm/hr), con bolón.

Parámetros		Valores	
Factor de seguridad	Cs	0.75	
Área impermeable	A	2438.25	m ²
Capacidad de infiltración	f	170	mm/hr
Área percolada	Az	240.6	m ²
Alto dren	h	2	m
Ancho dren	b	1.4	m
Largo dren	L	50	m
Porosidad	p	0.3	

Duración (hrs, min)	Pt(mm)	Vafl (m ³)	Vinf (m ³)	Valm (m ³)	Vacu (m ³)	Verificación
0 h 0 m	0.00	0.00	0.00	0.00	42	OK
0 h 5 m	6.21	18.93	2.56	16.38	42	OK
0 h 10 m	9.22	28.10	5.11	22.98	42	OK
0 h 15 m	11.22	34.20	7.67	26.53	42	OK
0 h 20 m	12.83	39.09	10.23	28.86	42	OK
0 h 30 m	15.23	46.42	15.34	31.08	42	OK
0 h 40 m	17.23	52.53	20.45	32.08	42	OK
0 h 50 m	18.84	57.41	25.56	31.85	42	OK
1 h	19.97	60.86	30.68	30.19	42	OK
2 h	31.53	96.10	61.35	34.74	42	OK
4 h	39.94	121.72	122.71	-0.98	42	OK
6 h	49.40	150.55	184.06	-33.51	42	OK
8 h	58.86	179.38	245.41	-66.03	42	OK
10 h	67.26	205.01	306.77	-101.76	42	OK
12 h	73.57	224.23	368.12	-143.89	42	OK
14 h	80.93	246.65	429.47	-182.82	42	OK
18 h	93.54	285.09	552.18	-267.09	42	OK
24 h	105.10	320.33	736.24	-415.91	42	OK

Fuente: Elaboración propia.

En el tiempo 4 horas el volumen que puede infiltrar el suelo es 122.71 m³ y el volumen del afluente es 121.72 m³, por lo que el volumen que puede infiltrar el suelo es mayor que el volumen del afluente, es por esto que se producen valores negativos en el volumen de almacenamiento.

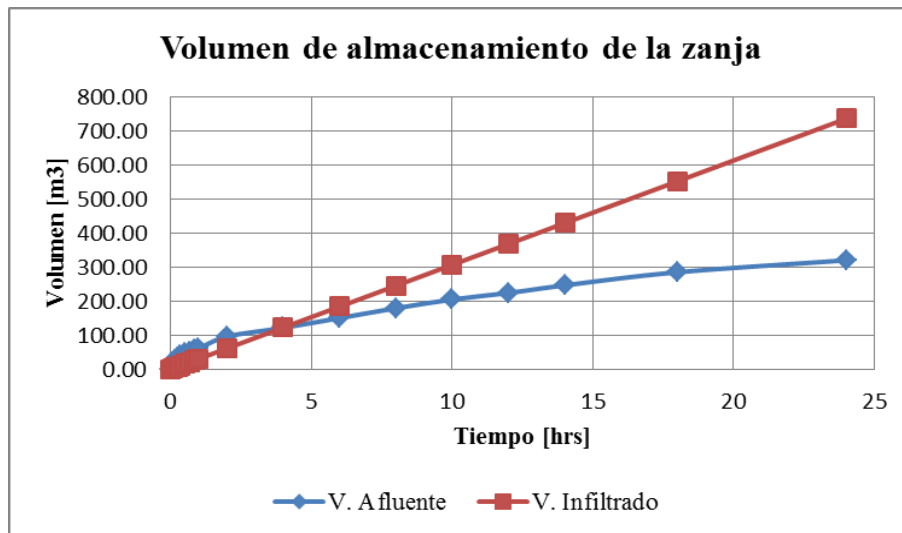


Figura 10: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo GP [340(mm/hr)], con bolón.

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 6 y la figura 10 se observa que a mayor volumen de agua mayor es el tiempo que se demora en infiltrar, por ejemplo para un volumen de 34.74 m³ el suelo se demora 2 horas en infiltrar y para un volumen de 16.38 m³ se demora 5 minutos, es decir, que a mayor volumen de agua mayor será el tiempo que demore en infiltrar.

Los valores negativos en la tabla 6 para el volumen de almacenamiento es debido a que la capacidad que tiene el suelo de infiltrar es mayor que el volumen de la escorrentía, ya que para un tiempo de 4 horas el suelo puede infiltrar 122.71 m³ y el volumen del afluente es de 121.72 m³, entonces el suelo puede infiltrar esa cantidad de volumen en menos de 4 horas.

Para relleno con caja de polipropileno y con los parámetros de la tabla 5 se obtienen las dimensiones del dren 1 y su verificación.

Tabla 7: Parámetros, dimensión y verificación para dren 1 en un suelo GP 340(mm/hr), con cubo.

Parámetros		Valores	
Factor de seguridad	Cs	0.75	
Área impermeable	A	2438.25	m ²
Capacidad de infiltración	f	170	mm/hr
Área percolada	Az	157	m ²
Alto dren	h	2	m
Ancho dren	b	1	m
Largo dren	L	34	m
Porosidad	p	0.9	

Duración (hrs, min)	Pt(mm)	Vafl (m3)	Vinf (m3)	Valm (m3)	Vacu (m3)	Verificación
0 h 0 m	0.00	0.00	0.00	0.00	61.20	OK
0 h 5 m	6.21	18.93	1.67	17.27	61.20	OK
0 h 10 m	9.22	28.10	3.34	24.76	61.20	OK
0 h 15 m	11.22	34.20	5.00	29.20	61.20	OK
0 h 20 m	12.83	39.09	6.67	32.42	61.20	OK
0 h 30 m	15.23	46.42	10.01	36.41	61.20	OK
0 h 40 m	17.23	52.53	13.35	39.18	61.20	OK
0 h 50 m	18.84	57.41	16.68	40.73	61.20	OK
1 h	19.97	60.86	20.02	40.84	61.20	OK
2 h	31.53	96.10	40.04	56.06	61.20	OK
4 h	39.94	121.72	80.07	41.65	61.20	OK
6 h	49.40	150.55	120.11	30.45	61.20	OK
8 h	58.86	179.38	160.14	19.24	61.20	OK
10 h	67.26	205.01	200.18	4.83	61.20	OK
12 h	73.57	224.23	240.21	-15.98	61.20	OK
14 h	80.93	246.65	280.25	-33.59	61.20	OK
18 h	93.54	285.09	360.32	-75.23	61.20	OK
24 h	105.10	320.33	480.42	-160.09	61.20	OK

Fuente: Elaboración propia.

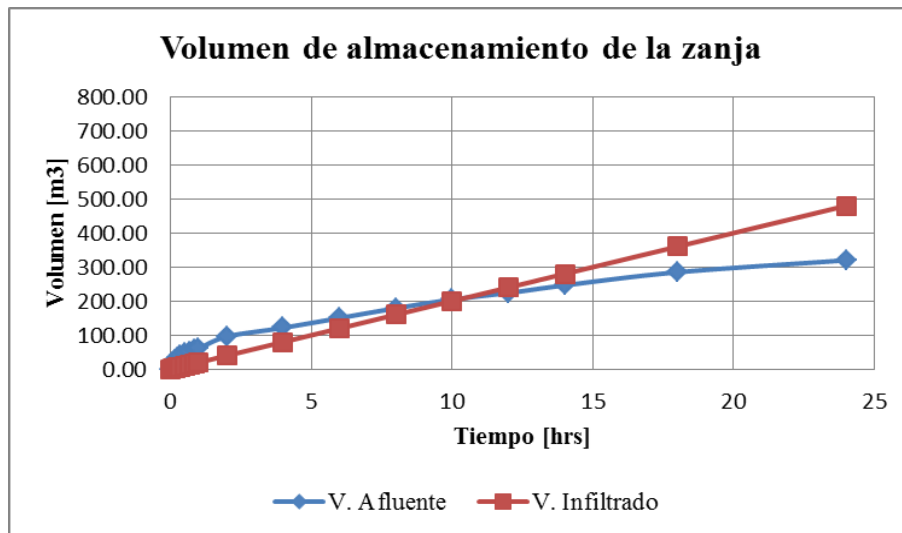


Figura 11: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo GP [340(mm/hr)], con cubo.

Fuente: Elaboración propia.

Para suelo clasificado como GP según USCS con capacidad de infiltración de 340 [mm/hr] y para el dren que se abastece del sector dren 2.

Tabla 8: Parámetros, dimensión y verificación para dren 2 en un suelo GP 340(mm/hr), con bolón.

Parámetros		Valores	
Factor de seguridad	Cs	0.75	
Área impermeable	A	3174.25	m ²
Capacidad de infiltración	f	170	mm/hr
Área percolada	Az	199.8	m ²
Alto dren	h	2	m
Ancho dren	b	4.2	m
Largo dren	L	30	m
Porosidad	p	0.3	

Duración (hrs, min)	Pt(mm)	Vafl (m3)	Vinf (m3)	Valm (m3)	Vacu (m3)	Verificación
0 h 0 m	0.00	0.00	0.00	0.00	75.60	OK
0 h 5 m	6.21	24.65	2.12	22.53	75.60	OK
0 h 10 m	9.22	36.58	4.25	32.33	75.60	OK
0 h 15 m	11.22	44.53	6.37	38.16	75.60	OK
0 h 20 m	12.83	50.89	8.49	42.40	75.60	OK
0 h 30 m	15.23	60.43	12.74	47.69	75.60	OK
0 h 40 m	17.23	68.38	16.98	51.40	75.60	OK
0 h 50 m	18.84	74.74	21.23	53.51	75.60	OK
1 h	19.97	79.23	25.47	53.76	75.60	OK
2 h	31.53	125.11	50.95	74.16	75.60	OK
4 h	39.94	158.47	101.90	56.57	75.60	OK
6 h	49.40	196.00	152.85	43.15	75.60	OK
8 h	58.86	233.53	203.80	29.73	75.60	OK
10 h	67.26	266.89	254.75	12.15	75.60	OK
12 h	73.57	291.91	305.69	-13.78	75.60	OK
14 h	80.93	321.10	356.64	-35.54	75.60	OK
18 h	93.54	371.15	458.54	-87.40	75.60	OK
24 h	105.10	417.02	611.39	-194.37	75.60	OK

Fuente: Elaboración propia.

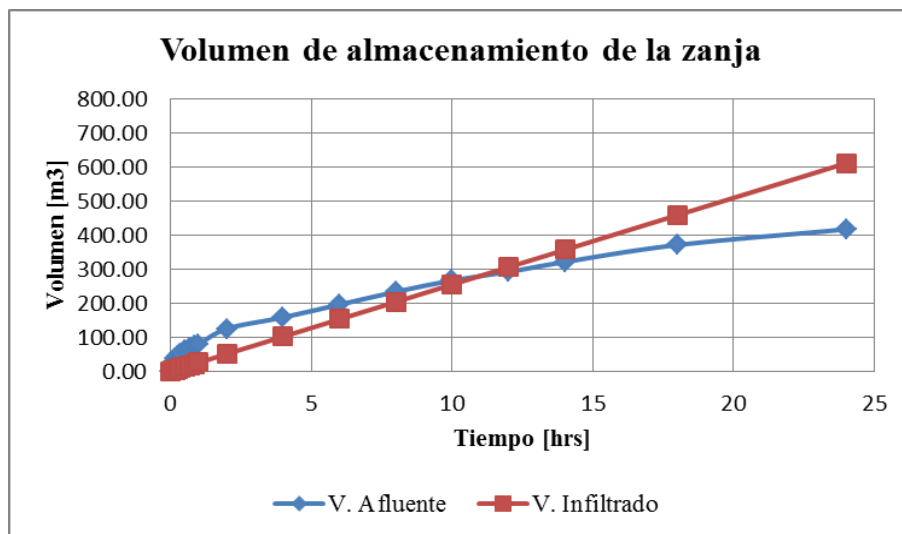


Figura 12: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo GP [185(mm/hr)], con bolón.

Fuente: Elaboración propia.

Para relleno con caja de polipropileno y con los parámetros de la tabla 10, se obtienen las dimensiones del dren 2 y su verificación.

Tabla 9: Parámetros, dimensión y verificación para dren 2 en un suelo GP 340(mm/hr), con cubo.

Parámetros		Valores	
Factor de seguridad	Cs	0.75	
Área impermeable	A	3174.25	m ²
Capacidad de infiltración	f	170	mm/hr
Área percolada	Az	154.2	m ²
Alto dren	h	2	m
Ancho dren	b	1.8	m
Largo dren	L	30	m
Porosidad	p	0.9	

Duración (hrs, min)	Pt(mm)	Vafl (m ³)	Vinf (m ³)	Valm (m ³)	Vacu (m ³)	Verificación
0 h 0 m	0.00	0.00	0.00	0.00	97.20	OK
0 h 5 m	6.21	24.65	1.64	23.01	97.20	OK
0 h 10 m	9.22	36.58	3.28	33.30	97.20	OK
0 h 15 m	11.22	44.53	4.92	39.61	97.20	OK
0 h 20 m	12.83	50.89	6.55	44.34	97.20	OK
0 h 30 m	15.23	60.43	9.83	50.60	97.20	OK
0 h 40 m	17.23	68.38	13.11	55.28	97.20	OK
0 h 50 m	18.84	74.74	16.38	58.36	97.20	OK
1 h	19.97	79.23	19.66	59.57	97.20	OK
2 h	31.53	125.11	39.32	85.78	97.20	OK
4 h	39.94	158.47	78.64	79.82	97.20	OK
6 h	49.40	196.00	117.96	78.04	97.20	OK
8 h	58.86	233.53	157.28	76.25	97.20	OK
10 h	67.26	266.89	196.61	70.29	97.20	OK
12 h	73.57	291.91	235.93	55.99	97.20	OK
14 h	80.93	321.10	275.25	45.86	97.20	OK
18 h	93.54	371.15	353.89	17.26	97.20	OK
24 h	105.10	417.02	471.85	-54.83	97.20	OK

Fuente: Elaboración propia.

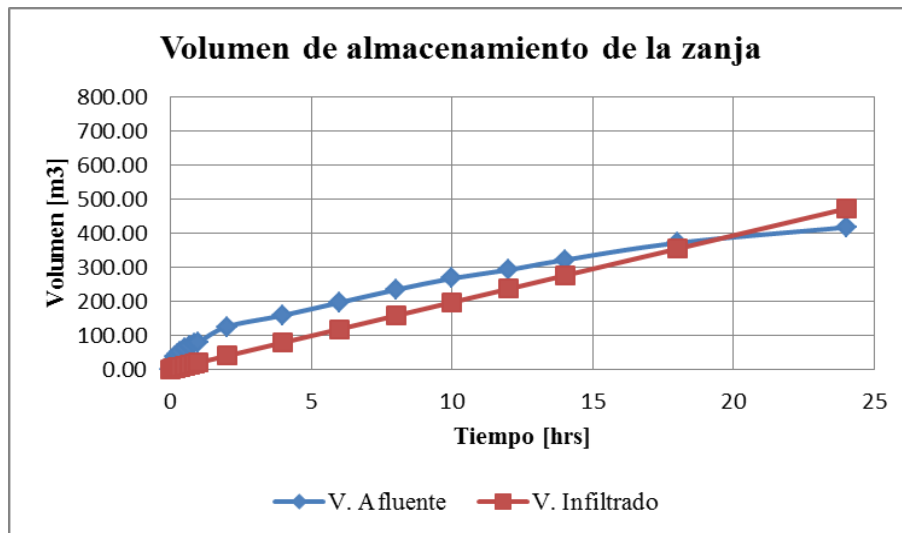


Figura 13: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo GP [185(mm/hr)], con cubo.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores negativos que se observaban en las tablas de verificación, muestra que el caudal de entrada es menor al volumen que puede infiltrar en el tiempo determinado. Es por esto que se observan valores negativos en el volumen de almacenamiento.

En las tablas siguientes, se observan las dimensiones de cada dren según cada tipo de suelo.

Tabla 10: Volumen de la zanja para sector dren 1.

Suelos USCS, i mm/hr	Dren 1			
	Relleno bolón			
	Largo, m	Alto, m	Ancho, m	Volumen zanja, m3
GP, 340 mm/hr	50	2	1.4	140
GP, 185 mm/hr	50	2	2.2	220
GP-GM, 100 mm/hr	50	2	3.2	320
GM, 217 mm/hr	50	2	2	200
GM, 153 mm/hr	50	2	2.2	220
SM, 44 mm/hr	50	2	6	600
SM, 39.3 mm/hr	50	2	6.2	620
MH, 47.2 mm/hr	50	2	5.8	580
MH, 15.4 mm/hr	50	2	8.8	880
	Relleno cubo Insytec			
GP, 340 mm/hr	34	2	1	68
GP, 185 mm/hr	42	2	1	84
GP-GM, 100 mm/hr	50	2	1.4	140
GM, 217 mm/hr	38	2	1	76
GM, 153 mm/hr	48	2	1	96
SM, 44 mm/hr	50	2	2.4	240
SM, 39.3 mm/hr	50	2	2.5	250
MH, 47.2 mm/hr	50	2	2.2	220
MH, 15.4 mm/hr	50	2	3.2	320

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11: Volumen de la zanja para sector dren 2.

Suelos USCS, i mm/hr	Dren 2			
	Relleno bolón			
	Largo, m	Alto, m	Ancho, m	Volumen zanja, m3
GP, 340 mm/hr	30	2	4.2	252
GP, 185 mm/hr	30	2	6	360
GP-GM, 100 mm/hr	30	2	9.5	570
GM, 217 mm/hr	30	2	5.2	312
GM, 153 mm/hr	30	2	7	420
SM, 44 mm/hr	30	2	15	900
SM, 39.3 mm/hr	30	2	15.2	912
MH, 47.2 mm/hr	30	2	14.2	852
MH, 15.4 mm/hr	30	2	20	1200
	Relleno cubo Insytec			
GP, 340 mm/hr	30	2	1.8	108
GP, 185 mm/hr	30	2	3	180
GP-GM, 100 mm/hr	30	2	4.4	264
GM, 217 mm/hr	30	2	2.5	150
GM, 153 mm/hr	30	2	3.4	204
SM, 44 mm/hr	30	2	6.2	372
SM, 39.3 mm/hr	30	2	6.2	372
MH, 47.2 mm/hr	30	2	6	360
MH, 15.4 mm/hr	30	2	7.5	450

Fuente: Elaboración propia.

La siguiente tabla muestra los volúmenes finales de las zanjas, según cada tipo de suelo. La dimensión observada para cada tipo de suelo se define como el volumen máximo de almacenamiento, que es la diferencia máxima que existe entre el volumen del afluente y el volumen infiltrado, como se muestra en la figura 13:

Tabla 12: Volumen total de zanja para bolón y cubo.

Suelos USCS, i mm/hr	Bolón	Cubo
	Volumen zanja, m3	Volumen zanja, m3
GP, 340	392	176
GP, 185	580	264
GP-GM, 100	890	404
GM, 217	512	226
GM, 153	640	300
SM, 44	1500	612
SM, 39.3	1532	622
MH, 47.2	1432	580
MH, 15.4	2080	770

Fuente: Elaboración propia.

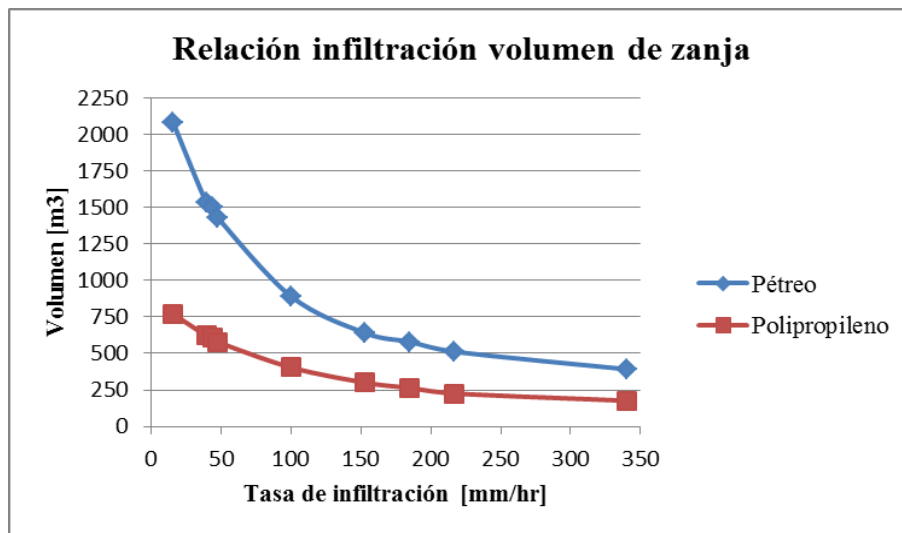


Figura 14: Relación tasa de infiltración versus volumen de zanja.

Fuente: Elaboración propia.

Se observa un volumen más cercano a medida que la infiltración del suelo aumenta, es decir, que a mayor infiltración la diferencia de volumen entre la zanja rellena con bolón, comparada con la zanja rellena con cubo de polipropileno es menor, pero en todos los casos es mayor al 50%.

3.5 Verificación Hidráulica

En éste ítem, se realizarán los cálculos hidráulicos para las capacidades de los sumideros, la verificación de los colectores, las capacidades de las calles y la capacidad de los sumideros. Las verificaciones hidráulicas es para todos los tipos de suelos, por lo que solo se realizará una sola vez.

3.5.1 Capacidad de Sumideros

Las capacidades de los sumideros varían según su tipo, están los sumideros DOH y los sumideros tipo SERVIU, estos últimos son los que se utilizarán en el proyecto.

Su capacidad hidráulica se puede estimar, dependiendo de su función, para pequeñas alturas de aguas funcionan como vertedero y para alturas de aguas mayores funcionan como orificio.

Un sumidero horizontal de largo L y ancho b, en metros, con una rejilla de área de aberturas A en metros cuadrados, pueden evacuar lo siguiente:

$$Q = 1,66 \cdot (L + 2 \cdot b) \cdot h^{1,5} \quad (9)$$

Si funciona como vertedero, con una altura de agua no mayor a: $h < 1,6 \cdot \frac{A}{L+b}$

$$Q = 2,66 \cdot A \cdot h^{0,5} \quad (10)$$

Si funciona como orificio, con una altura de agua superior a: $h \geq 1,6 \cdot \frac{A}{L+b}$

Donde h es la altura, en metros, de agua del escurrimiento en la calle frente al sumidero.

3.5.2 Capacidad de las calles

Las calles deben reunir y conducir las aguas lluvia hacia las redes de drenaje, cumpliendo con algunas condiciones y limitaciones impuestas para condiciones de tormentas menores y para tormentas mayores.

La capacidad teórica de agua que puede conducir una calle se estima con las características geométricas y la pendiente longitudinal de la calzada. Se debe utilizar la ecuación de Manning para estimar la velocidad media de flujo, con un coeficiente de rugosidad de 0.020 que es un valor propuesto por Zapata y Meier (2003) para considerar la variabilidad del valor en terreno, ya que para este tipo de pavimentos, el valor utilizado varía de 0.012 a 0.016, dependiendo de su terminación.

$$V = \left(\frac{A}{P}\right)^{2/3} \cdot \frac{I^{0,5}}{n} \quad (11)$$

Donde V es la velocidad media del flujo, en m/s, A el área de la sección del flujo en m², P el perímetro mojado en metros, I la pendiente longitudinal de la calle en m/m y n el coeficiente de rugosidad de la superficie.

3.5.3 Caudal aportante

El caudal aportante, se obtiene con la fórmula (1), donde el área aportante es la comprende al sector que recibe cada sumidero y su coeficiente de escorrentía el correspondiente por cada área. Se consideran 5 sumideros para recibir las aguas lluvia de todo el sector.

En la siguiente tabla se pueden observar los valores para tormentas con periodos de retorno de 2, 10 y 100 años.

Tabla 13: Caudal aportante para cada sumidero.

	Sumideros				
	Nº1	Nº2	Nº3	Nº4	Nº5
T= 2 años					
Área aportante, A m ²	884	2851.5	964	1556	1176
Intensidad, i mm/hr	19.15	19.15	19.15	19.15	19.15
Coef. Escorrentía, C	0.74	0.43	0.69	0.75	0.63
Caudal, Q _{máx} m ³ /s	0.0035	0.0065	0.0035	0.0062	0.0039
Caudal, Q _{máx} l/s	3.48	6.52	3.54	6.21	3.94
T= 10 años					
Área aportante, A m ²	884	2851.5	964	1556	1176
Intensidad, i mm/hr	30.46	30.46	30.46	30.46	30.46
Coef. Escorrentía, C	0.74	0.43	0.69	0.75	0.63
Caudal, Q _{máx} m ³ /s	0.0055	0.0104	0.0056	0.0099	0.0063
Caudal, Q _{máx} l/s	5.53	10.375	5.63	9.87	6.27
T= 100 años					
Área aportante, A m ²	884	2851.5	964	1556	1176
Intensidad, i mm/hr	44.38	44.38	44.38	44.38	44.38
Coef. Escorrentía, C	0.74	0.43	0.69	0.75	0.63
Caudal, Q _{máx} m ³ /s	0.0081	0.0151	0.0082	0.0144	0.0091
Caudal, Q _{máx} l/s	8.06	15.116	8.2	14.387	9.13

Fuente: Elaboración propia.

3.5.4 Verificación hidráulica de la calzada

Se realizan las verificaciones para cada sumidero aportante, con las tormentas de diseño 2, 10 y 100 años, en donde se debe escoger un tipo de sumidero para analizar su capacidad.

Tabla 14: Verificación para la calzada.

Sumidero S-3 N°1										
T	Pendiente	ancho	h	Am	Pm	Rh	i	n	Qmáx	Qmáx
años	%	m	m	m ²	m	m	m/m		m ³ /s	l/s
2	2.5	1.161	0.029	0.017	1.190	0.014	0.005	0.02	0.003	3.48
10	2.5	1.381	0.035	0.024	1.415	0.017	0.005	0.02	0.006	5.53
100	2.5	1.590	0.040	0.032	1.630	0.019	0.005	0.02	0.008	8.07
Sumidero S-3 N°2										
2	2.5	1.469	0.037	0.027	1.505	0.018	0.005	0.02	0.007	6.52
10	2.5	1.748	0.044	0.038	1.792	0.021	0.005	0.02	0.010	10.38
100	2.5	2.013	0.050	0.051	2.063	0.025	0.005	0.02	0.015	15.12
Sumidero S-3 N°3										
2	2.5	1.168	0.029	0.017	1.197	0.014	0.005	0.02	0.004	3.54
10	2.5	1.390	0.035	0.024	1.424	0.017	0.005	0.02	0.006	5.63
100	2.5	1.600	0.040	0.032	1.640	0.020	0.005	0.02	0.008	8.20
Sumidero S-3 N°4										
2	2.5	1.442	0.036	0.026	1.478	0.018	0.005	0.02	0.006	6.21
10	2.5	1.716	0.043	0.037	1.758	0.021	0.005	0.02	0.010	9.87
100	2.5	1.976	0.049	0.049	2.025	0.024	0.005	0.02	0.014	14.39
Sumidero S-3 N°5										
2	2.5	1.216	0.030	0.018	1.246	0.015	0.005	0.02	0.004	3.94
10	2.5	1.447	0.036	0.026	1.483	0.018	0.005	0.02	0.006	6.27
100	2.5	1.666	0.042	0.035	1.708	0.020	0.005	0.02	0.009	9.13

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 14 se observan los anchos inundables y la altura máxima del espejo de agua para los caudales de diseño, con un bombeo del 2.5% y una pendiente longitudinal de calzada del 0.5%.

El sumidero a evaluar es el sumidero tipo SERVIU S-3, con dimensiones de 0.6 metros de largo, 0.35 metros de ancho y un área de aberturas de 0.15 metros cuadrados para la rejilla, se observa que la capacidad de los sumideros cumpla con el caudal aportado por cada sumidero. En la tabla 15 se observan las dimensiones del sumidero y su función dependiendo de la altura de agua.

Tabla 15: Capacidad y función sumidero S-3.

Sumideros Nº	A m2	L m	b m	h m	Q m3/s	Q l/s	Función
1	0.15	0.6	0.35	0.035	0.0138	13.84	Vertedero
2	0.15	0.6	0.35	0.044	0.0197	19.71	Vertedero
3	0.15	0.6	0.35	0.035	0.0140	13.97	Vertedero
4	0.15	0.6	0.35	0.043	0.0192	19.17	Vertedero
5	0.15	0.6	0.35	0.036	0.0148	14.85	Vertedero

Fuente: Elaboración propia.

Como las alturas de agua son pequeñas todos los sumideros tipo S-3 funcionan como vertedero.

3.5.5 Verificación hidráulica para colectores

Se realizará la verificación para la capacidad de los colectores de agua lluvia, en la siguiente tabla se observan los valores de las alturas del espejo de agua dentro del colector para una tormenta de 10 años periodo de retorno.

Tabla 16: Verificación para colectores.

Sumidero S-3 N°1														
Tramo	Dn	Di	h/D	h	teta	Am	Pm	Rh	i	n	Qreal	Qreal	Vreal	
CI	CI	mm	mm	m	m	m2	m	m	m/m		m3/s	l/s	m/s	
1		315	0.303	0.125	0.038	1.448	0.005	0.219	0.024	0.020	0.011	0.006	5.53	1.06
1	2	315	0.303	0.140	0.042	1.536	0.006	0.232	0.026	0.013	0.011	0.006	5.53	0.90
Sumidero S-3 N°2														
2		315	0.303	0.135	0.041	1.504	0.006	0.228	0.025	0.052	0.01	0.010	10.37	1.79
Sumidero S-3 N°3														
3		315	0.303	0.090	0.027	1.222	0.003	0.185	0.017	0.081	0.01	0.006	5.63	1.74
Sumidero S-3 N°4														
4		315	0.303	0.206	0.062	1.882	0.011	0.285	0.037	0.008	0.01	0.010	9.87	0.93
4	5	315	0.303	0.192	0.058	1.816	0.010	0.275	0.035	0.011	0.01	0.010	9.87	1.02
Sumidero S-3 N°5														
6		315	0.303	0.136	0.041	1.513	0.006	0.229	0.026	0.018	0.01	0.006	6.27	1.07

Fuente: Elaboración propia.

La altura de la lámina de agua dentro del colector debe cumplir una altura máxima, la cual no puede sobrepasar el 70% del diámetro interior, quiere decir que debe ir llena como máximo hasta el 70% de su capacidad.

La tubería que se utiliza es de material PVC con un diámetro exterior de 315 mm y un diámetro interior de 302.6 mm, la rugosidad para este material es de 0.011.

En la tabla 17 se observa la verificación de la capacidad de llenado de cada colector.

Tabla 17: Criterio altura de la lámina de agua.

Tramo		Di	0.7*D	Di<0.7*D
Desde	Hasta	mm	mm	
S1	1	37.95	211.82	OK
1	2	42.45	211.82	OK
S2	2	40.81	211.82	OK
S3	3	27.36	211.82	OK
S4	4	62.21	211.82	OK
4	5	58.19	211.82	OK
S5	6	41.24	211.82	OK

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla 17 para todos los tramos se cumple con la verificación. Además, el criterio de altura de llenado, debe cumplir con las limitaciones de velocidad del agua dentro del colector. Esta velocidad no puede superar los 3 metros por segundo y no puede ser inferior a los 0.9 m/s para que cumpla con la condición de autolavado.

Tabla 18: Criterio de velocidad.

Tramo		V real	V min	V máx	Criterio	Criterio
Desde	Hasta	m/s	m/s	m/s	V min<V real	V real<V máx
S1	1	1.06	0.9	3	VERDAD	OK
1	2	0.90	0.9	3	VERDAD	OK
S2	2	1.79	0.9	3	VERDAD	OK
S3	3	1.74	0.9	3	VERDAD	OK
S4	4	0.93	0.9	3	VERDAD	OK
4	5	1.02	0.9	3	VERDAD	OK
S5	6	1.07	0.9	3	VERDAD	OK

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla 18, para todos los tramos se cumple con los criterios mínimos y máximos de velocidad. Con esto la condición de autolavado queda satisfecha, debido a que la velocidad mínima es superior a 0.9 m/s.

Las verificaciones hidráulicas son iguales para todos los tipos de suelos, ya que no depende de sus propiedades, esta condición y diseño se aplica a toda la gama de suelos del proyecto, en las imágenes siguientes se observa el diseño en planta con la ubicación de colectores, zanjas, sumidero y cámaras de inspección, las cámaras son del tipo “b” por su profundidad y con decantador para ayudar a que no se produzca colmatación temprana.

DETALLE PLANTA AGUA LLUVIA
ESCALA 1:250

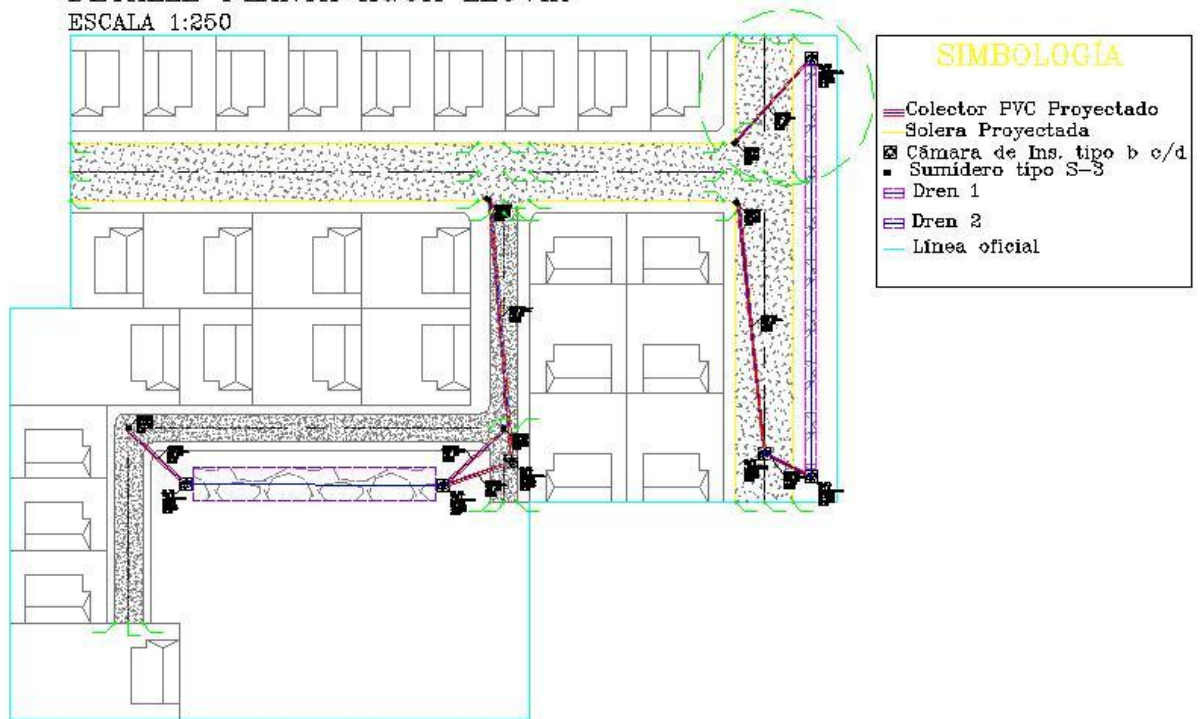


Figura 15: Vista en planta del diseño de agua lluvia.

Fuente: Elaboración propia.

DETALLE
SIN ESCALA

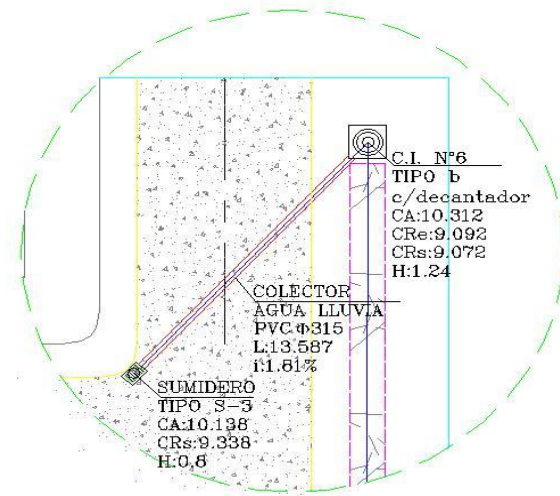


Figura 16: Detalle conducción agua lluvia.

Fuente: Elaboración propia.

4 Estimación de costos

Se consideran los costos de los materiales para la instalación de la obra de infiltración, además de los costos de mantenimiento.

La zanja de infiltración será utilizada como áreas verdes, por lo que se considera en el presupuesto una cubierta de césped natural.

4.1 Costos de instalación

Para los costos de instalación se consideran los siguientes: costo de excavación de la zanja, la base de gravilla, relleno, ya sea bolón o cubo de polipropileno. Para el cubo se utiliza la cotización para cubo de la marca Insytec, geotextil, que cubre el material de relleno; arena limpia para cubrir y alfombra de césped natural, para que la superficie se utilice como parque. Los detalles de instalación se muestran en las figuras 16 y 17.

Para el cálculo de los costos se debe realizar la cubicación para todos los tipos de suelos, se muestra la cubicación por los diferentes tipos de suelos con sus correspondientes capacidades de infiltración en [mm/hr].

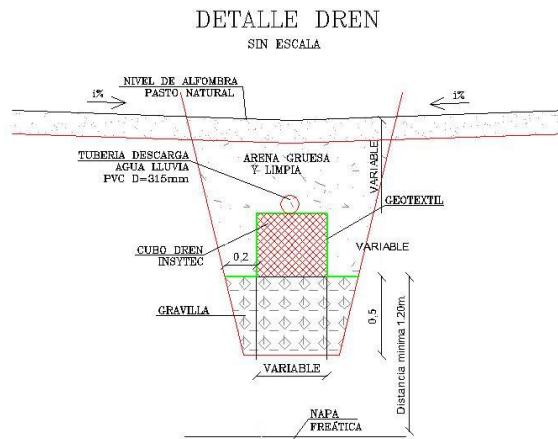


Figura 17: Detalle de instalación para relleno con cubo de polipropileno.

Fuente: Valenzuela Ingeniería Ltda.

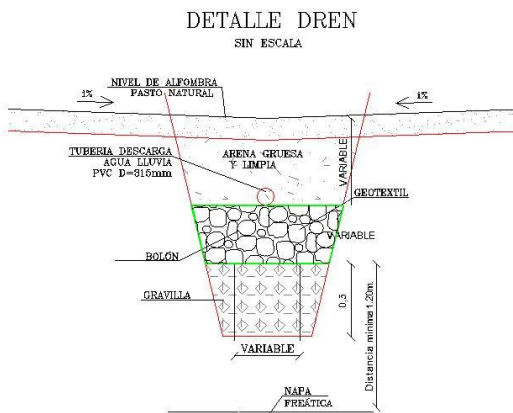


Figura 18: Detalle de instalación para relleno con bolón.

Fuente: Elaboración propia.

Se observan las dimensiones a utilizar para el cálculo de las cubicaciones, siguiendo las dimensiones obtenidas en las tablas 10 y 11.

Para las cantidades de materiales se asume una pérdida del 5%, además se consideran los factores de esponjamiento para el retiro del material existente y el factor de compactación

para la colocación de material. Para la instalación del geotextil se considera el traslape de este de 300 milímetros.

Se observa la cubicación para zanjas rellenas con bolón en los diferentes suelos:

Tabla 19: Cubicaciones para zanjas con bolón.

	Suelos USCS, infiltración			
	GP, 340 mm/hr	GP, 185 mm/hr	GP-GM, 100 mm/hr	
Volumen excavación, m ³	608	899	1380	
Área geotextil, m ²	748	945	874	
Volumen gravilla, m ³	104	153	135	
Volumen bolón, m ³	412	609	935	
Volumen, arena, m ³	125	184	281	
Área pasto, m ²	207	305	468	
Retiro excedentes	791	1169	1725	
	GM, 217 mm/hr	GM, 153 mm/hr	SM, 44 mm/hr	SM, 39.3 mm/hr
Volumen excavación, m ³	794	992	2325	2375
Área geotextil, m ²	874	1008	1911	1945
Volumen gravilla, m ³	135	169	395	403
Volumen bolón, m ³	538	672	1575	1609
Volumen, arena, m ³	162	203	473	484
Área pasto, m ²	269	337	788	805
Retiro excedentes	953	1191	2674	2732
	MH, 47.2 mm/hr		MH, 15.4 mm/hr	
Volumen excavación, m ³	2220		3224	
Área geotextil, m ²	1840		2520	
Volumen gravilla, m ³	377		546	
Volumen bolón, m ³	1504		2184	
Volumen, arena, m ³	452		656	
Área pasto, m ²	753		1092	
Retiro excedentes	2442		3547	

Fuente: Elaboración propia.

Como la capacidad de infiltración de los suelos es variable, para los suelos con una capacidad de infiltración menor, se necesita un volumen mayor para poder captar todas las aguas lluvia del sector.

Se observan las dimensiones para zanjas con cubo de relleno en los distintos suelos:

Tabla 20: Cubicaciones para zanja con cubo.

	Suelos USCS, infiltración			
	GP, 340 mm/hr	GP, 185 mm/hr	GP-GM, 100 mm/hr	
Volumen excavación, m3	353	500	726	
Área geotextil, m2	455	580	761	
Volumen gravilla, m3	47	71	107	
Volumen cubo, m3	186	278	425	
Volumen, arena, m3	72	103	148	
Área pasto, m2	93	140	213	
Retiro excedentes	459	650	908	
	GM, 217 mm/hr	GM, 153 mm/hr	SM, 44 mm/hr	SM, 39.3 mm/hr
Volumen excavación, m3	435	563	1048	1064
Área geotextil, m2	524	644	979	990
Volumen gravilla, m3	60	80	161	164
Volumen cubo, m3	238	316	643	654
Volumen, arena, m3	89	115	214	217
Área pasto, m2	119	159	322	328
Retiro excedentes	522	676	1206	1224
	MH, 47.2 mm/hr		MH, 15.4 mm/hr	
Volumen excavación, m3	999		1293	
Área geotextil, m2	945		1145	
Volumen gravilla, m3	153		203	
Volumen cubo, m3	609		809	
Volumen, arena, m3	203		264	
Área pasto, m2	305		405	
Retiro excedentes	1099		1423	

Fuente: Elaboración propia.

Se observa una disminución en las cantidades de materiales a utilizar en comparación a la zanja rellena con bolón, pero análogamente el volumen aumenta, a medida que la capacidad de infiltración del suelo disminuye.

Con las cubicaciones se procede al cálculo del costo de instalación para una grava mal graduada GP, con capacidad de infiltración de 340 [mm/hr], los valores de costos están en unidades de fomento (U.F.), el valor corresponde al día 09 de noviembre de 2016, con un monto de \$26.276,75, en pesos chilenos.

En la primera tabla, se observa el costo de instalación para la zanja de infiltración en un suelo GP, grava mal graduada rellena con bolón.

Tabla 21: Costo instalación para suelo GP, con bolón.

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio (UF)	
				Unitario	Subtotal
1	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1.1	Exacación de zanja	m3	758	0.364	275.78
1.2	Retiro de excedentes	m3	791	0.277	219.15
				Subtotal	494.92
2	SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y PRUEBAS				
2.1	Geotextil	m2	748	0.023	17.36
2.2	Bolones	m3	412	0.951	391.82
2.3	Filtro granular de grava	m3	104	0.634	65.94
2.4	Arena gruesa y limpia	m3	125	0.457	57.08
2.5	Cañería PVC clase I D=315 mm	ml	115	2.158	248.17
2.6	Cañería drenaje PVC clase I D=315 mm	ml	88	2.158	189.90
2.7	Alfombra de césped natural	m2	207	0.069	14.18
				Subtotal	984.46
3	OTROS				
3.1	Sumidero tipo S-3	unidad	5	12.856	64.28
3.2	Rejilla Fe fdo. Sumidero S-3	unidad	5	6.274	31.37
3.3	Cámara de inspección tipo "b" c/decantador	unidad	6	32.260	193.56
				Subtotal	289.21
	RESUMEN				
1	Subtotal movimiento de tierra				494.92
2	Subtotal suministro, transporte y colocación				984.46
3	Subtotal otros				289.21
VALOR TOTAL			1768.60		

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla, se observa el costo de instalación de la zanja de infiltración para el mismo suelo anterior, pero con un relleno de cubo de polipropileno.

Tabla 22: Costo instalación para suelo GP, con cubo.

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio (UF)	
				Unitario	Subtotal
1	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1.1	Excavación de zanja	m3	503	0.364	183.00
1.2	Retiro de excedentes	m3	459	0.277	127.17
				Subtotal	310.17
2	SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y PRUEBAS				
2.1	Geotextil	m2	455	0.023	10.56
2.2	Cubo Insytec	m3	186	2.607	484.95
2.3	Filtro granular de grava	m3	47	0.634	29.80
2.4	Arena gruesa y limpia	m3	72	0.457	32.88
2.5	Cañería PVC clase I D=315 mm	ml	115	2.158	248.17
2.6	Cañería drenaje PVC clase I D=315 mm	ml	88	2.158	189.90
2.7	Alfombra de césped natural	m2	93	0.069	6.37
				Subtotal	1002.63
3	OTROS				
3.1	Sumidero tipo S-3	unidad	5	12.856	64.28
3.2	Rejilla Fe fdo. Sumidero S-3	unidad	5	6.274	31.37
3.3	Cámara de inspección tipo "b" c/decantador	unidad	6	32.260	193.56
				Subtotal	289.21
	RESUMEN				
1	Subtotal movimiento de tierra				310.17
2	Subtotal suministro, transporte y colocación				1002.63
3	Subtotal otros				289.21
VALOR TOTAL			1602.01		

Fuente: Elaboración propia.

Notar que los valores de excavación son superiores por el agregado de las excavaciones de los colectores, sumideros y cámaras. Para el relleno de colectores, se utiliza el mismo suelo excavado tamizado, debe ir libre de materiales extraños y de gran diámetro, para esto se debe seguir las consideraciones del apartado de Construcción de la Guía de Diseño y Especificaciones de Elementos Urbanos de Infraestructura de Aguas Lluvias, del MINVU 2005.

Se observa una disminución de casi 200 unidades de fomento para la zanja de infiltración rellena con cubo, esto se debe a la gran cantidad de volumen que debe cubrir la zanja con bolón para cubrir la disminución de su porosidad, en comparación con el cubo de polipropileno.

Los costos de los otros tipos de suelos quedan en los anexos, pero se observan los costos finales de instalación para los demás tipos de suelos en la tabla resumen, en unidades de fomento y en pesos chilenos, considerando el valor para la fecha mencionada.

Tabla resumen de costos de instalación para los diferentes tipos de suelos:

Tabla 23: Costos totales de instalación para los diferentes tipos de suelos.

Suelos USCS, i mm/hr	Bolón, UF	Cubo, UF	Bolón, \$	Cubo, \$
GP, 340	1768.60	1602.01	\$ 46,473,060	\$ 42,095,644
GP, 185	2235.84	1983.77	\$ 58,750,714	\$ 52,127,054
GP-GM, 100	2989.30	2573.32	\$ 78,549,214	\$ 67,618,394
GM, 217	2044.70	1804.26	\$ 53,728,154	\$ 47,410,194
GM, 153	2358.17	2126.94	\$ 61,964,914	\$ 55,889,174
SM, 44	4431.23	3418.31	\$ 116,438,394	\$ 89,822,154
SM, 39.3	4509.88	3461.74	\$ 118,504,914	\$ 90,963,254
MH, 47.2	4215.29	3299.79	\$ 110,764,154	\$ 86,707,754
MH, 15.4	5761.97	4059.37	\$ 151,405,934	\$ 106,667,154

Fuente: Elaboración propia.

Los costos asociados a la obra de infiltración aumentan, dependiendo de la capacidad de infiltración de los suelos como se puede observar en la tabla 23, dando como costos menores a la zanja de infiltración rellena con cubo de polipropileno.

4.2 Costos de mantención

Para la mantención se consideran dos tipos: una del tipo preventivo y la otra de tipo curativa, la primera es primordial para un buen funcionamiento hidráulico, donde se considera el aseo y limpieza del sector; hacer inspecciones cuatro veces al año para medir la capacidad de infiltración de la zanja; mantener el césped corto y libre de malezas; hacer una descolmatación de las cámaras para que no se cubran de sedimentos y lleguen a impedir el buen funcionamiento de la obra.

La responsabilidad de la mantención y limpieza del sector debe quedar definida legalmente y de forma clara por futuras complicaciones en el funcionamiento de la zanja de infiltración.

Solo se considera el costo para la mantención curativa, que es el cambio del material de relleno, incluyendo el geotextil. Se consideran para los costos de mantención curativa, la excavación de la zanja, transporte de material y cambio de material de relleno.

Al igual que para el costo de instalación, solo se observarán los cálculos para la grava mal graduada, quedando las demás tablas en los anexos.

Para costo de mantención curativa en un suelo GP, se tiene lo siguiente:

Tabla 24: Costo mantención para suelo GP, con bolón.

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio (UF)	
				Unitario	Subtotal
1	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1.1	Exacación de zanja	m3	608	0.364	221.20
1.2	Retiro de excedentes	m3	791	0.277	219.15
				Subtotal	440.35
2	SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y PRUEBAS				
2.1	Geotextil	m2	748	0.023	17.36
2.2	Bolones	m3	412	0.951	391.82
2.3	Filtro granular de grava	m3	104	0.634	65.94
2.4	Arena gruesa y limpia	m3	125	0.457	57.08
2.5	Alfombra de césped natural	m2	207	0.069	14.18
				Subtotal	546.39
3	OTROS				
				Subtotal	0.00
	RESUMEN				
1	Subtotal movimiento de tierra				440.35
2	Subtotal suministro, transporte y colocación				546.39
3	Subtotal otros				0.00
	VALOR TOTAL		986.74		

Fuente: Elaboración propia.

El costo de mantención curativa para una grava mal graduada GP, con cubo de relleno se tiene:

Tabla 25: Costo de mantención para suelo GP, con cubo.

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio (UF)	
				Unitario	Subtotal
1	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1.1	Excavación de zanja	m3	353	0.364	128.43
1.2	Retiro de excedentes	m3	459	0.277	127.17
				Subtotal	255.60
2	SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y PRUEBAS				
2.1	Geotextil	m2	455	0.023	10.56
2.2	Cubo Insytec	m3	186	2.607	484.95
2.3	Filtro granular de grava	m3	47	0.634	29.80
2.4	Arena gruesa y limpia	m3	72	0.457	32.88
2.5	Alfombra de césped natural	m2	93	0.069	6.37
				Subtotal	564.56
3	OTROS				
				Subtotal	0.00
	RESUMEN				
1	Subtotal movimiento de tierra				255.60
2	Subtotal suministro, transporte y colocación				564.56
3	Subtotal otros				0.00
VALOR TOTAL		820.16			

Fuente: Elaboración propia.

Para los valores de mantención curativa para los diferentes tipos de suelos se tiene:

Tabla 26: Costos totales de mantención curativa para los diferentes tipos de suelos.

Suelos USCS, i mm/hr	Bolón, UF	Cubo, UF	Bolón, \$	Cubo, \$
GP, 340	986.74	820.16	\$ 25,928,360	\$ 21,551,030
GP, 185	1453.99	1201.92	\$ 38,206,100	\$ 31,582,440
GP-GM, 100	2207.45	1791.46	\$ 58,004,600	\$ 47,073,780
GM, 217	1262.85	1022.41	\$ 33,183,540	\$ 26,865,580
GM, 153	1576.31	1345.09	\$ 41,420,300	\$ 35,344,560
SM, 44	3649.38	2636.46	\$ 95,893,780	\$ 69,277,540
SM, 39.3	3728.02	2679.88	\$ 97,960,300	\$ 70,418,640
MH, 47.2	3433.44	2517.93	\$ 90,219,540	\$ 66,163,140
MH, 15.4	4980.12	3277.52	\$ 130,861,320	\$ 86,122,540

Fuente: Elaboración propia.

Se observa de las tablas 24, 25 y 26 una disminución del costo de mantención curativa para la zanja rellena con cubo de polipropileno y un aumento del costo a medida que la capacidad de infiltración disminuye.

5 Estimación de tiempo

Para la estimación del tiempo de instalación de esta obra de infiltración, se deben considerar los rendimientos para cada partida. Los rendimientos son variables para cada tipo de trabajador, dependiendo del trabajador, de las condiciones de trabajo, del clima, equipamiento, etc.

Se consideran 14 partidas para esta obra, excavación zanja de infiltración, excavación colectores, excavación sumideros y cámaras de inspección, relleno de colectores, relleno gravilla, relleno bolón o cubo, depende de cual se utilice, relleno de arena, retiro material de excavación, instalación cañería PVC para colector, instalación cañería PVC ranurada para zanja, instalación de alfombra de césped natural, instalación geotextil, instalación de sumidero y la instalación de cámaras de inspección.

Para la excavación se considera un camión con capacidad de 12 metros cúbicos, para la distancia se considera un botadero a 2 kilómetros, también se considera una excavadora con un rendimiento de 30 [m³/hr]. Por lo tanto, el rendimiento considerado para las partidas de excavación es de 120 [m³/día] por camión.

Los rendimientos de todas las partidas se pueden observar en las siguientes tablas. Para la instalación de materiales pétreos se consideró el uso de una excavadora, a la que se ha reducido su eficiencia, como se observa en la tabla 27, debido a que es un trabajo más delicado, para el relleno de cubo Insytec se considera como mano de obra a 4 ayudantes porque se deben armar los cubos antes de su instalación.

Tabla 27: Rendimiento excavadora.

Rendimiento Maquinaria		
Maquina	Tipo de Trabajo	Rendimiento, m³/hr
Excavadora	Excavación en corte	90
Excavadora	Excavación en zanja >1 m	72
Excavadora	Excavación en zanja <1 m	50

Fuente: Rodolfo de Anda, 2011.

Se considera el rendimiento de la excavadora para zanja menor a un metro por la precisión del trabajo.

Para la instalación de las tuberías se tiene:

Tabla 28: Rendimiento de instalación de tuberías.

Diámetro Nominal mm	Rendimiento N° de Operadores		
	ml/día	Oficiales	Peones
200	720	1	3
250	600	1	3
315	540	2	3
355	480	2	3

Fuente: Nacobre S.A, s.f.

Se considera el rendimiento para el diámetro 315 mm que es el utilizado en el diseño de aguas lluvia.

Para las instalaciones de sumideros, cámaras de inspección, relleno de colectores e instalación de césped natural, se utilizan los rendimientos obtenidos de la tabla de análisis de precios unitarios APU.DITEC.SERVIU de Chile cubica.

Para la instalación de geotextil se utiliza el rendimiento de la empresa Geosintéticos, empresa que se dedica a la venta e instalación de geotextiles. Cabe señalar que no existe una base de datos donde se puedan obtener rendimientos de la mano de obra para obtener así una planificación certera.

En consideración con lo antes señalado, se obtienen rendimientos aproximados, como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 29: Rendimiento para zanja rellena con bolón.

Partidas	Rendimientos	Recursos
Excavación Zanja de Infiltración	240 m ³ /día	1 Excavadora + 2 Camiones
Excavación Colectores	240 m ³ /día	1 Excavadora + 2 Camiones
Excavación Cámaras y Sumideros	240 m ³ /día	1 Excavadora + 2 Camiones
Relleno Colectores	60 m ³ /día	3 Ayudantes
Relleno Gravilla	800 m ³ /día	2 Excavadora
Relleno Bolón	800 m ³ /día	2 Excavadora
Relleno Arena	800 m ³ /día	2 Excavadora
Retiro Material Excavación	240 m ³ /día	2 Camiones
Cañería PVC Clase I D=315 mm	540 ml/día	2 Maestros + 3 Ayudantes
Cañería Drenaje PVC Clase I D=315mm	540 ml/día	2 Maestros + 3 Ayudantes
Alfombra Césped Natural	440 m ² /día	2 Ayudantes
Geotextil	6000 m ² /día	4 Ayudantes
Sumideros tipo S-3	1 unidad/día	1 Maestro + 2 Ayudantes
Cámaras de Inspección tipo "b" C/Decantador	1 unidad/día	1 Maestro + 2 Ayudantes

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30: rendimiento para zanja rellena con cubo.

Partidas	Rendimientos	Recursos
Excavación Zanja de Infiltración	240 m ³ /día	1 Excavadora + 2 Camiones
Excavación Colectores	240 m ³ /día	1 Excavadora + 2 Camiones
Excavación Cámaras y Sumideros	240 m ³ /día	1 Excavadora + 2 Camiones
Relleno Colectores	60 m ³ /día	3 Ayudantes
Relleno Gravilla	800 m ³ /día	2 Excavadora
Relleno Cubo	80 m ³ /día	4 Ayudantes
Relleno Arena	800 m ³ /día	2 Excavadora
Retiro Material Excavación	240 m ³ /día	2 Camiones
Cañería PVC Clase I D=315 mm	540 ml/día	2 Maestros + 3 Ayudantes
Cañería Drenaje PVC Clase I D=315mm	540 ml/día	2 Maestros + 3 Ayudantes
Alfombra Césped Natural	440 m ² /día	2 Ayudantes
Geotextil	6000 m ² /día	4 Ayudantes
Sumideros tipo S-3	1 unidad/día	1 Maestro + 2 Ayudantes
Cámaras de Inspección tipo "b" C/Decantador	1 unidad/día	1 Maestro + 2 Ayudantes

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en las tablas, el único rendimiento variable es la instalación del cubo de polipropileno, ya que este debe ser armado antes de su instalación.

Con las tablas de rendimiento y con ayuda del Software Microsoft Project 2010 se realizarán las estimaciones de tiempo necesarias para realizar las partidas. Se puede observar el

tiempo para la grava mal graduada GP, con capacidad de infiltración 340 [mm/hr], para zanja de infiltración relleno con bolón y cubo.

Tabla 31: Duración de cada partida para zanja con bolón.

N°	Nombre de tarea	Unidades	Predecesoras	Cantidad	Rendimiento	Duración, días
1	Proyecto Agua Lluvia con Zanja de Infiltración					
2	Inicio					
3	Excavación y Rellenos					
4	Excavación Zanja de Infiltración	m3	2	608 m3	240 m3/día	2.53
5	Excavación Colectores	m3	4	115 m3	240 m3/día	0.48
6	Excavación Cámaras y Sumideros	m3	5	35 m3	240 m3/día	0.15
7	Relleno Colectores	m3	14	105 m3	60 m3/día	1.75
8	Relleno Gravilla	m3	4	104 m3	800 m3/día	0.13
9	Relleno Bolón	m3	8,17	412 m3	800 m3/día	0.52
10	Relleno Arena	m3	15	125 m3	800 m3/día	0.16
11	Retiro Excedentes					
12	Retiro Material Exavación	m3	4,5,6	791 m3	240 m3/día	3.3
13	Instalaciones de Materiales					
14	Cañería PVC Clase I D=315 mm	ml	5,18,19	118 ml	540 ml/día	0.22
15	Cañería Drenaje PVC Clase I D=315 mm	ml	9,17	88 ml	540 ml/día	0.16
16	Alfombra Césped Natural	m2	10	207 m2	440 m2/día	0.47
17	Geotextil	m2	8	748 m2	6000 m2/día	0.12
18	Sumidero tipo S-3	unidad	6	5 unidad	1 unidad/día	5
19	Cámaras de Inspección tipo "b" c/Decantador	unidad	18	6 unidad	1 unidad/día	6
20	Fin		7			

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente imagen se observa el diagrama de Gantt que arroja Microsoft Project 2010 para las condiciones antes dadas:

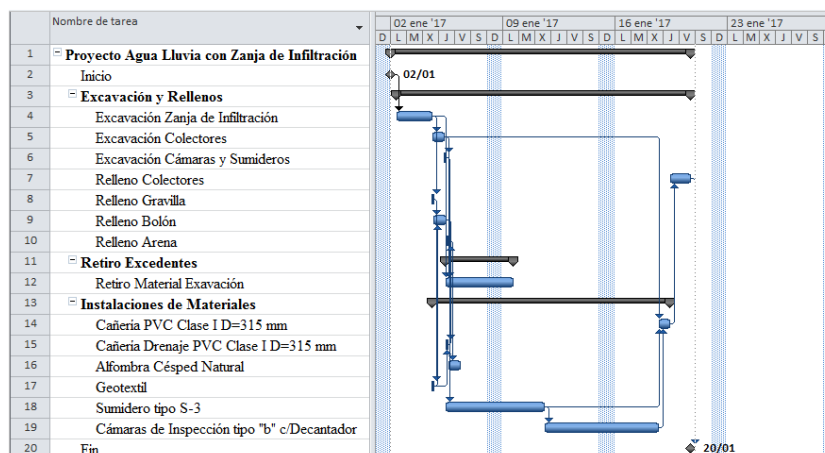


Figura 19: Diagrama de Gantt para zanja con bolón.

Fuente: Elaboración propia.

El tiempo necesario para realizar las partidas queda detallado en la tabla 30, arrojando una duración de 23 días para la obra de infiltración completa, con 16.13 días de trabajo.

Tabla 32: Duración de las tareas para zanja con bolón.

Nº	Nombre de tarea	Unidades	Duración	Predecesoras
1	Proyecto Agua Lluvia con Zanja de Infiltración		16.13 días	
2	Inicio		0 días	
3	Excavación y Rellenos		16.13 días	
4	Excavación Zanja de Infiltración	m3	2.53 días	2
5	Excavación Colectores	m3	0.48 días	4
6	Excavación Cámaras y Sumideros	m3	0.15 días	5
7	Relleno Colectores	m3	1.75 días	14
8	Relleno Gravilla	m3	0.13 días	4
9	Relleno Bolón	m3	0.52 días	8,17
10	Relleno Arena	m3	0.16 días	15
11	Retiro Excedentes		3.3 días	
12	Retiro Material Exavación	m3	3.3 días	4,5,6
13	Instalaciones de Materiales		11.72 días	
14	Cañería PVC Clase I D=315 mm	ml	0.22 días	5,18,19
15	Cañería Drenaje PVC Clase I D=315 mm	ml	0.16 días	9,17
16	Alfombra Césped Natural	m2	0.47 días	10
17	Geotextil	m2	0.12 días	8
18	Sumidero tipo S-3	unidad	5 días	6
19	Cámaras de Inspección tipo "b" c/Decantador	unidad	6 días	18
20	Fin		0 días	7

Fuente: Elaboración propia.

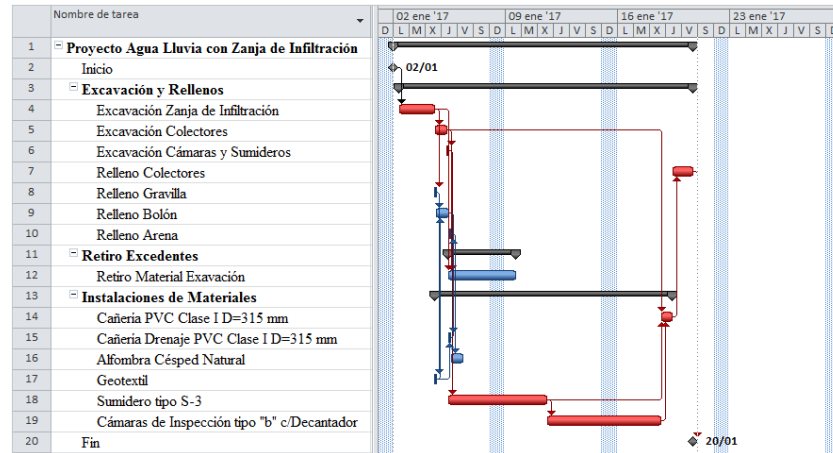


Figura 20: Tareas críticas para zanja con bolón.

Fuente: Elaboración propia.

Análogamente, para la zanja rellena con cubos se tiene lo siguiente:

Tabla 33: Duración de cada partida para zanja con cubo.

Nº	Nombre de tarea	Unidades	Predecesoras	Cantidad	Rendimiento	Duración, días
1	Proyecto Agua Lluvia con Zanja de Infiltración					
2	Inicio					
3	Excavación y Rellenos					
4	Excavación Zanja de Infiltración	m3	2	353 m3	240 m3/día	1.47
5	Excavación Colectores	m3	4	115 m3	240 m3/día	0.48
6	Excavación Cámaras y Sumideros	m3	5	35 m3	240 m3/día	0.15
7	Relleno Colectores	m3	14	105 m3	60 m3/día	1.75
8	Relleno Gravilla	m3	4	47 m3	800 m3/día	0.06
9	Relleno Cubo Insytec	m3	8,17	186 m3	80 m3/día	2.33
10	Relleno Arena	m3	15	72 m3	800 m3/día	0.09
11	Retiro Excedentes					
12	Retiro Material Excavación	m3	4,5,6	459 m3	240 m3/día	1.91
13	Instalaciones de Materiales					
14	Cañería PVC Clase I D=315 mm	ml	5,18,19	118 ml	540 ml/día	0.22
15	Cañería Drenaje PVC Clase I D=315 mm	ml	9,17	88 ml	540 ml/día	0.16
16	Alfombra Césped Natural	m2	10	93 m2	440 m2/día	0.21
17	Geotextil	m2	8	455 m2	6000 m2/día	0.08
18	Sumidero tipo S-3	unidad	6	5 unidad	1 unidad/día	5
19	Cámaras de Inspección tipo "b" c/Decantador	unidad	18	6 unidad	1 unidad/día	6
20	Fin		7			

Fuente: Elaboración propia.

Diagrama de Gantt con las condiciones dadas:

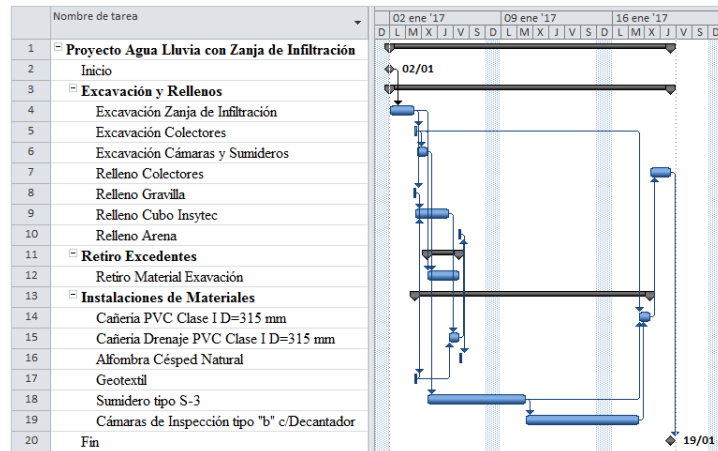


Figura 21: Diagrama de Gantt para zanja con cubo.

Fuente: Elaboración propia.

El tiempo necesario para realizar la obra de infiltración con cubos, es la siguiente:

Tabla 34: Duración de las tareas para zanja con cubo.

Nº	Nombre de tarea	Unidades	Duración	Predecesoras
1	Proyecto Agua Lluvia con Zanja de Infiltración		15.07 días	
2	Inicio		0 días	
3	Excavación y Rellenos		15.07 días	
4	Excavación Zanja de Infiltración	m3	1.47 días	2
5	Excavación Colectores	m3	0.48 días	4
6	Excavación Cámaras y Sumideros	m3	0.15 días	5
7	Relleno Colectores	m3	1.75 días	14
8	Relleno Gravilla	m3	0.06 días	4
9	Relleno Cubo Insytec	m3	2.33 días	8,17
10	Relleno Arena	m3	0.09 días	15
11	Retiro Excedentes		1.91 días	
12	Retiro Material Exavación	m3	1.91 días	4,5,6
13	Instalaciones de Materiales		11.79 días	
14	Cañería PVC Clase I D=315 mm	ml	0.22 días	5,18,19
15	Cañería Drenaje PVC Clase I D=315 mm	ml	0.16 días	9,17
16	Alfombra Césped Natural	m2	0.21 días	10
17	Geotextil	m2	0.08 días	8
18	Sumidero tipo S-3	unidad	5 días	6
19	Cámaras de Inspección tipo "b" c/Decantador	unidad	6 días	18
20	Fin		0 días	7

Fuente: Elaboración propia.

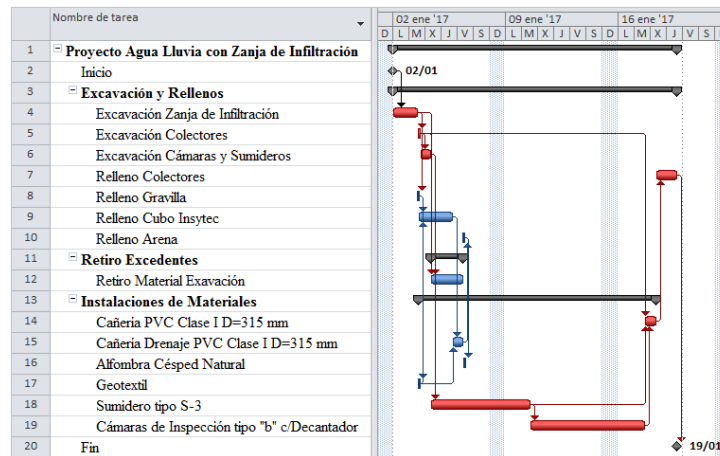


Figura 22: Tareas críticas para zanja con cubo.

Fuente: Elaboración propia.

Se observa una disminución de un día para la obra de infiltración con relleno de cubo, a pesar de que es una instalación manual para el relleno, si el volumen a excavar es mayor, aumentan los días de trabajo.

Los detalles para el tiempo de la obra con los diferentes tipos de suelos queda expuesta en los anexos, pero se observa en la tabla resumen:

Tabla 35: Tiempo de instalación para todos los tipos de suelos.

Suelos USCS, i mm/hr	Bolón	Cubo
GP, 340	16.13 días	15.07 días
GP, 185	17.35 días	15.68 días
GP-GM, 100	19.35 días	16.63 días
GM, 217	16.91 días	15.41 días
GM, 153	17.73 días	15.95 días
SM, 44	23.29 días	17.97 días
SM, 39.3	23.5 días	18.03 días
MH, 47.2	22.85 días	17.76 días
MH, 15.4	28.84 días	18.99 días

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla resumen de tiempo para la instalación de la obra, se observa que para todos los tipos de suelos es mayor el tiempo de ejecución para la zanja de infiltración con relleno pétreo, disminuyendo los días para suelos con mayor capacidad de infiltración y aumentando el tiempo para los suelos con capacidad de infiltración menor, esto para ambos rellenos. La diferencia aumenta en suelos con capacidad de infiltración menor y se acota para suelos con gran capacidad de infiltración como es el caso de la grava mal graduada.

6 Comparación y selección

En este capítulo se compararán y seleccionarán las dos alternativas de relleno, se comparará infiltración con volumen de la zanja, infiltración con costos e infiltración con tiempo, para todas las alternativas.

En la siguiente tabla, se observarán los volúmenes de la zanja. Se puede observar que la disminución del volumen es mayor al 50 % para todos los casos.

Tabla 36: Comparación volumen de la zanja de infiltración.

Suelos USCS, i mm/hr	Bolón	Cubo	Diferencia, \$	%
	Volumen zanja, m3	Volumen zanja, m3		
GP, 340	392	176	216	55.10
GP, 185	580	264	316	54.48
GP-GM, 100	890	404	486	54.61
GM, 217	512	226	286	55.86
GM, 153	640	300	340	53.13
SM, 44	1500	612	888	59.20
SM, 39.3	1532	622	910	59.40
MH, 47.2	1432	580	852	59.50
MH, 15.4	2080	770	1310	62.98

Fuente: Elaboración propia.

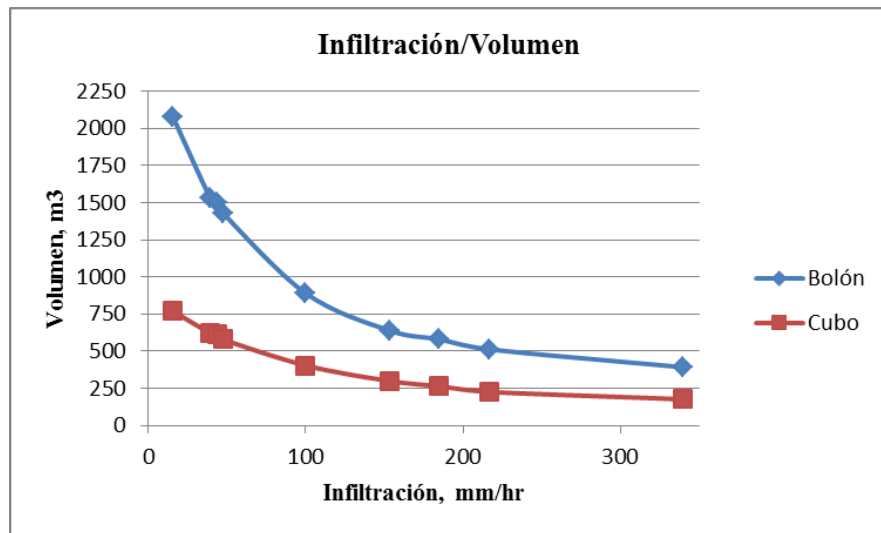


Figura 23: Infiltración versus volumen.

Fuente: Elaboración propia.

Para la comparación de costos se consideran los costos de instalación y el costo de mantención curativa. Se aprecia un leve incremento del costo de instalación para bolón en suelos con una infiltración mayor.

Tabla 37: Comparación costo de instalación.

Suelos USCS, i mm/hr	Bolón, \$	Cubo, \$	Diferencia, \$	%
GP, 340	\$ 46,473,060	\$ 42,095,644	\$ 4,377,416	9.42
GP, 185	\$ 58,750,714	\$ 52,127,054	\$ 6,623,660	11.27
GP-GM, 100	\$ 78,549,214	\$ 67,618,394	\$ 10,930,820	13.92
GM, 217	\$ 53,728,154	\$ 47,410,194	\$ 6,317,960	11.76
GM, 153	\$ 61,964,914	\$ 55,889,174	\$ 6,075,740	9.81
SM, 44	\$ 116,438,394	\$ 89,822,154	\$ 26,616,240	22.86
SM, 39.3	\$ 118,504,914	\$ 90,963,254	\$ 27,541,660	23.24
MH, 47.2	\$ 110,764,154	\$ 86,707,754	\$ 24,056,400	21.72
MH, 15.4	\$ 151,405,934	\$ 106,667,154	\$ 44,738,780	29.55

Fuente: Elaboración propia.

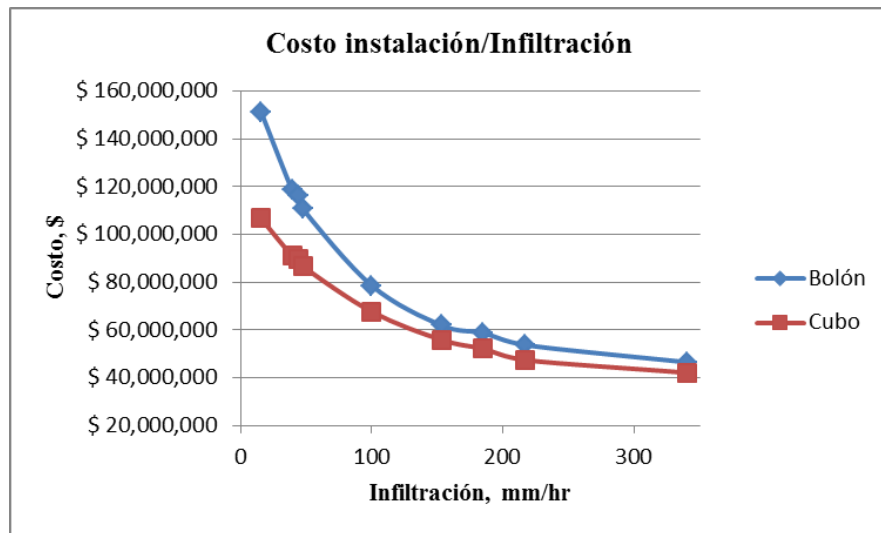


Figura 24: Infiltración versus costo de instalación.

Fuente: Elaboración propia.

Los costos de mantenimiento curativos, comparados con la infiltración del terreno, dan un incremento un poco mayor al del costo de instalación.

Tabla 38: Comparación costos de mantenimiento curativos.

Suelos USCS, i mm/hr	Bolón, \$	Cubo, \$	Diferencia, \$	%
GP, 340	\$ 25,928,360	\$ 21,551,030	\$ 4,377,330	16.882
GP, 185	\$ 38,206,100	\$ 31,582,440	\$ 6,623,660	17.337
GP-GM, 100	\$ 58,004,600	\$ 47,073,780	\$ 10,930,820	18.845
GM, 217	\$ 33,183,540	\$ 26,865,580	\$ 6,317,960	19.039
GM, 153	\$ 41,420,300	\$ 35,344,560	\$ 6,075,740	14.669
SM, 44	\$ 95,893,780	\$ 69,277,540	\$ 26,616,240	27.756
SM, 39.3	\$ 97,960,300	\$ 70,418,640	\$ 27,541,660	28.115
MH, 47.2	\$ 90,219,540	\$ 66,163,140	\$ 24,056,400	26.664
MH, 15.4	\$ 130,861,320	\$ 86,122,540	\$ 44,738,780	34.188

Fuente: Elaboración propia.

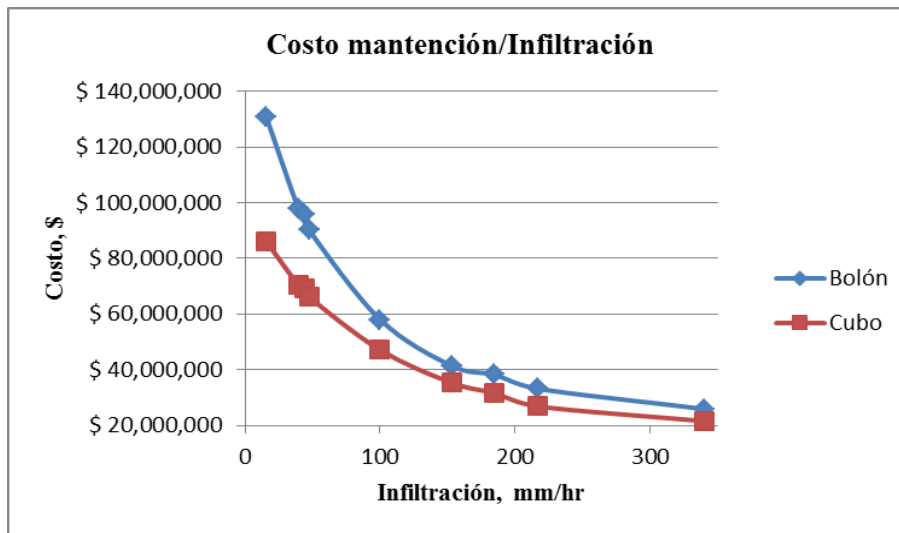


Figura 25: Infiltración versus costos mantención.

Fuente: Elaboración propia.

Para la comparación del tiempo de obra se tiene:

Tabla 39: Comparación tiempo de instalación.

Suelos USCS, i mm/hr	Bolón	Cubo	Diferencia, días	%
GP, 340	16.13 días	15.07 días	1.06	6.57
GP, 185	17.35 días	15.68 días	1.67	9.63
GP-GM, 100	19.35 días	16.63 días	2.72	14.06
GM, 217	16.91 días	15.41 días	1.50	8.87
GM, 153	17.73 días	15.95 días	1.78	10.04
SM, 44	23.29 días	17.97 días	5.32	22.84
SM, 39.3	23.50 días	18.03 días	5.47	23.28
MH, 47.2	22.85 días	17.76 días	5.09	22.28
MH, 15.4	28.84 días	18.99 días	9.85	34.15

Fuente: Elaboración propia.

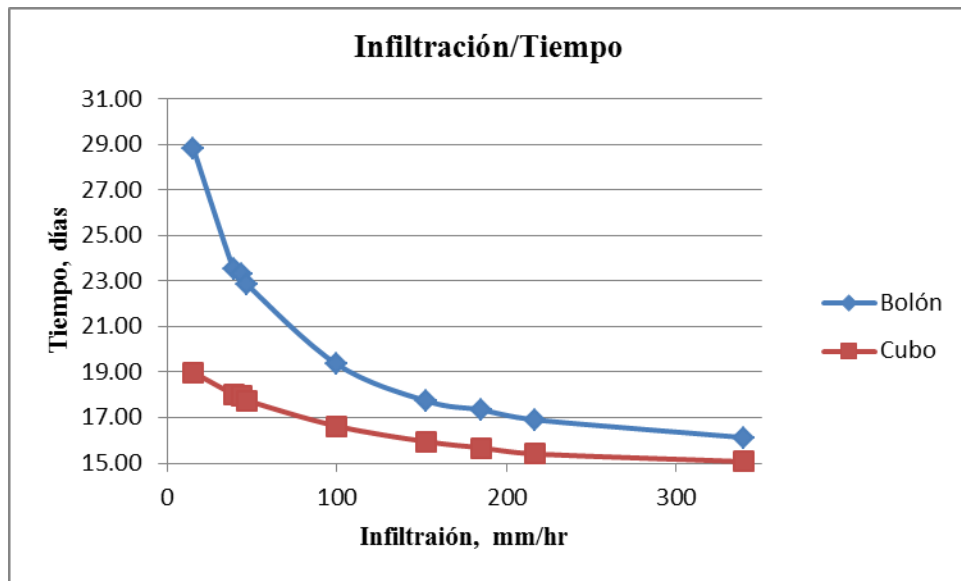


Figura 26: Infiltración versus tiempo.

Fuente: Elaboración propia.

Se observa una disminución del tiempo de instalación de la obra en todos los tipos de suelos, así se puede ver un aumento de más días para el limo de alta plasticidad con capacidad de infiltración, según ensayo Porchet de 15.4 mm/hr, que tiene un aumento de diez días más de obra.

Para la selección del mejor tipo de relleno, se puede observar que para todos los casos posibles el cubo de polipropileno se comporta mejor, disminuyendo el volumen de la zanja para captar toda la escorrentía del lugar, en los costos de instalación y mantención curativa como también en la duración de instalación de la obra de infiltración.

El cubo de polipropileno presenta una disminución del volumen en más de un 50% para todos los tipos de suelos, para los costos de instalación, la disminución varía del 10% al 30%, dependiendo de la capacidad de infiltrar del suelo, para los costos de mantención curativa, la disminución va del 16% al 34% y para los tiempos de instalación en obra de 7% a 34% de disminución.

La gran diferencia en todos los tipos de suelo es el volumen excavado. Al ser un volumen mayor el que debe utilizar para el relleno pétreo, aumentan los costos en la instalación de la obra y en la duración del tiempo.

El cubo de polipropileno necesita menos volumen para captar la misma capacidad de agua de la escorrentía por la porosidad del material, que se considera de 0.9, pero llega a 0.94 para el cubo Insytex con resistencia a la compresión de 15.5 [T/m²], que es el usado en el proyecto.

7 Conclusiones

El objetivo general del presente proyecto consistió en evaluar diferentes alternativas de relleno para el diseño de una zanja de infiltración completa, con la finalidad de establecer qué tipo de relleno era el más óptimo: el bolón o el cubo de polipropileno. Los criterios que se utilizaron para comparar ambos tipos de rellenos fueron los siguientes: el volumen que ocupará cada zanja, los costos asociados a este tipo de obras y la duración de instalación de la zanja.

En relación con estos criterios, se puede concluir lo siguiente:

- a) *El volumen:* El relleno de cubo de polipropileno, utilizado por la zanja de infiltración, presenta una disminución de más del 50% para todos los tipos de suelos. Esta diferencia se acota dependiendo de la capacidad de infiltración del suelo, siendo para suelos con una infiltración menor, como el caso del limo, una diferencia mayor del orden del 63% y para suelos con infiltración mayor, como es el caso de la grava, la diferencia disminuye a 55%, un 8% de diferencia en relación con el suelo de limo; pero, en ambos casos la diferencia es clara y se observa la ventaja de utilizar el cubo de polipropileno como relleno, ya que se produce una disminución importante del volumen y del área superficial.

Ahora bien, para el caso del limo de alta plasticidad con capacidad de infiltración de 15.4 mm/hr, las dimensiones de la zanja son mayores de las que se dispone para la zanja abastecida por el sector dren 1, esto porque en este caso se utiliza un tramo de calzada para uso de la zanja. Por tanto, al necesitar mayor resistencia del material, se debe utilizar el cubo de polipropileno en lugar del bolón por su alta resistencia.

- b) *Los costos:* De acuerdo a los cálculos realizados en esta tesis, referente a los costos de instalación, el relleno de cubo de polipropileno arrojó una disminución del 10%

para suelos con mayor infiltración y de 30% para suelos con una capacidad de infiltración menor en relación con el relleno tipo bolón, esto se debe a la gran cantidad de volumen que se necesita extraer para la zanja con bolón. En consecuencia, la diferencia de volumen hace compensar el costo del cubo, en comparación con el bolón, ya que se debe extraer y transportar una mayor cantidad. Para la instalación, no hay diferencia en los costos del diseño hidráulico de las calles, ya que se utiliza el mismo diseño en ambos casos. El cambio se observa en el ítem de los costos de movimientos de tierra, que es mayor para la zanja rellena con bolón en todos los tipos de suelos. Además, a medida que la capacidad de infiltración de los suelos disminuye, los costos en el ítem de suministro, transporte, colocación y prueba cambian. Por ejemplo, en el caso del suministro, los suelos con mayor capacidad de infiltración aumentan su costo en la zanja rellena con cubo de polipropileno; sin embargo, a partir del limo -con capacidad de infiltración 47.2 mm/hr- los costos para la zanja rellena con bolón aumentaron.

En relación con los costos de mantención, la diferencia entre la zanja rellena con bolón y la rellena con cubo de polipropileno depende de la capacidad de infiltración del suelo, de modo que cuando esta es más pequeña, los costos son mayores para ambos casos; sin embargo, cuando la capacidad de infiltración del suelo aumenta, la diferencia es sólo del 17% en los costos de mantención curativa. Por estas razones, el uso del cubo de polipropileno es mejor que el del bolón.

- c) *Duración de la obra:* Este criterio está relacionado con el tiempo que va a durar el trabajo de instalación de la zanja de infiltración. Es en este punto donde se observa una mayor diferencia entre los rellenos, de acuerdo a la capacidad de infiltración de los suelos. Así, un suelo con una mayor capacidad de infiltración presenta una diferencia pequeña entre la zanja rellena con cubo y la zanja rellena con bolón. Por ejemplo, para la grava con capacidad de infiltración de 340 mm/hr, solo corresponde a un día más de tiempo de instalación en zanjas rellenas con bolón, pero a medida que disminuye la capacidad de infiltrar del suelo, la diferencia es

mayor en el caso de la zanja rellena con bolón, llegando a diez días más de trabajo para el suelo tipo limo con una diferencia del orden del 27% entre la grava y el limo, en la duración de la obra.

La única diferencia clara en el tiempo es la demora en la excavación de la zanja. En este caso, se puede apreciar que la zanja rellena con cubo de polipropileno, al utilizar menor volumen que el bolón, disminuye considerablemente el tiempo, a medida que disminuye la capacidad de infiltración del suelo.

En síntesis, a mayor capacidad que tiene el suelo de infiltrar, la diferencia entre el relleno con cubo de polipropileno y el bolón disminuye en todos los criterios analizados. Esto porque cuando se tiene una menor capacidad de infiltrar el suelo, la zanja necesita mayor volumen, observándose una diferencia en precio y tiempo entre un relleno y otro. Así, para una zanja rellena con bolón, se necesitará más material como el geotextil, filtro granular, arena y la alfombra de césped, haciendo aumentar sus costos y, debido a su mayor volumen, aumenta el tiempo de excavación, en relación con el cubo de polipropileno.

En definitiva, y a modo de conclusión general, el cubo de polipropileno es el mejor tipo de relleno que se puede observar para todos los casos, debido a la disminución del volumen excavado, que es la clara diferencia en los parámetros evaluados de costos y tiempo de instalación.

7.1 Recomendaciones

No se recomienda el uso de zanja de infiltración completa para suelos con una capacidad de infiltración muy pequeña porque utilizaría un volumen muy grande para poder recibir la escorrentía del sector y no sería conveniente, de acuerdo a lo revisado en este proyecto. Además, se deben excluir de este diseño los suelos arcillosos o suelos con un contenido de arcilla mayor a 30% porque produciría colmatación temprana en la obra. Tampoco se recomienda el uso de esta obra de infiltración en terrenos muy extensos, como máximo se recomiendan 5 [há].

Se debe asegurar que la calidad del afluente sea limpia, en caso contrario se deben utilizar cámaras especiales para retener aceites u otros líquidos que puedan contaminar las aguas subterráneas por la infiltración rápida que utiliza este sistema.

Sobre la mantención, se debe dejar muy claro quién es el responsable legal de este tipo de obras para que se haga cargo de la mantención preventiva, que es lo primordial para el correcto funcionamiento de la zanja de infiltración. Las labores son de limpieza del sector, cortado de césped de la zanja, limpieza y revisión al menos unas cuatro veces por año de las cámaras de inspección. Las cámaras de inspección del proyecto cuentan con decantador.

8 Bibliografía

ASTM D-2487-06. *Standard Test Method for Classification of Soils for Engineering Purposes*. (Unified Soil Classification System).

Azzout, Y., Barraud, S., Cres, F., & Alfakih, E. (1994). *Techniques Alternatives en Assainissement Pluvial. Choix, Conception, Réalisation et Entretien*. Paris, Francia: Lavoisier-Technique et Documentation.

Botero, L. (2002). *Análisis de Rendimientos y Consumos de Mano de Obra en Actividades de Construcción*.

DGA. (1991). *Precipitaciones Máximas en 1, 2 y 3 Días*.

DGA. (1995). *Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas sin Información Fluviométrica*.

DOH. (2013). *Manual de Drenaje Urbano, Guía para el diseño, construcción, operación y conservación de obras de drenaje urbano*.

Chilecubica (2011). Recuperado de: <https://www.chilecubica.com/estudio-costos/a-p-u/>

Fonseca, J., & López, L. (2011). *Guía Práctica de Maquinaria Adecuada para la Construcción de Proyectos Viales (Trabajo de grado)*. Universidad de Medellín. Medellín, Colombia.

Mahecha, L. (2010). *Análisis Comparativo del Rendimiento de la Mano de Obra en la Construcción de un Edificio (Trabajo de grado)*. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.

MINVU. (1996). *Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas Lluvias en Sectores Urbanos*.

MINVU. (2005). *Guía de Diseño y Especificaciones de Elementos Urbanos de Infraestructura de Aguas Lluvias*.

MOP. (2006). *Plan de Obras Públicas para el Gran Concepción*.

MOP. (2010). *Chile 2020 Obras Públicas para el Desarrollo*.

MOP. (2016). *Manual de Carretera Volumen n°5 Especificaciones Técnicas Generales de Construcción*.

Nacobre, S.A. (s.f). *Criterios de Diseño para Redes de Alcantarillado Empleando Tubería de PVC*.

Rodolfo de Anda, (2011). Recuperado de:

<https://es.scribd.com/document/58701609/RENDIMIENTO-DE-MAQUINARIA>

Zapata, R., y Meier, C. (2003). *Variabilidad del Ancho de Escurrimiento en Cunetas de Calles y Caminos*. Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica.

9 Anexos

9.1 Parámetros, dimensiones y verificaciones para los distintos tipos de suelos.

Para suelo clasificado como GP según USCS con capacidad de infiltración de 185 [*mm/hr*] que se abastece del sector dren 1, con bolón.

Tabla 40: Parámetros, dimensión y verificación para dren 1 en un suelo GP 185(mm/hr).

Cs	0.75	Factor de seguridad				
A	2438.25	Área impermeable				
f	92.5	Capacidad de infiltración				
Az	263.8	Área percolada				
h	2	Alto dren				
b	2.2	Ancho dren				
L	50	Largo dren				
p	0.3	Porosidad				
Duración (hrs, min)	Concepción Pt(mm)	Vafl (m ³)	Vinf (m ³)	Valm (m ³)	Vacu (m ³)	Verificación
0 h 0 m	0.00	0.00	0.00	0.00	66	OK
0 h 5 m	6.21	18.93	1.53	17.41	66	OK
0 h 10 m	9.22	28.10	3.05	25.05	66	OK
0 h 15 m	11.22	34.20	4.58	29.63	66	OK
0 h 20 m	12.83	39.09	6.10	32.99	66	OK
0 h 30 m	15.23	46.42	9.15	37.27	66	OK
0 h 40 m	17.23	52.53	12.20	40.33	66	OK
0 h 50 m	18.84	57.41	15.25	42.16	66	OK
1 h	19.97	60.86	18.30	42.56	66	OK
2 h	31.53	96.10	36.60	59.50	66	OK
4 h	39.94	121.72	73.20	48.52	66	OK
6 h	49.40	150.55	109.81	40.75	66	OK
8 h	58.86	179.38	146.41	32.97	66	OK
10 h	67.26	205.01	183.01	22.00	66	OK
12 h	73.57	224.23	219.61	4.61	66	OK
14 h	80.93	246.65	256.22	-9.57	66	OK
18 h	93.54	285.09	329.42	-44.33	66	OK
24 h	105.10	320.33	439.23	-118.90	66	OK

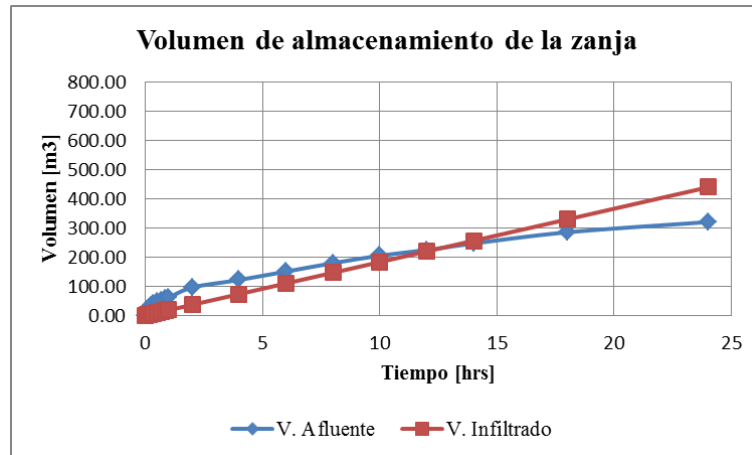


Figura 27: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo GP 185(mm/hr).

Dimensiones y verificación para zanja rellena con caja de polipropileno:

Tabla 41: Parámetros, dimensión y verificación para dren 1 en un suelo GP 185(mm/hr).

Cs	0.75	Factor de seguridad				
A	2438.25	Área impermeable				
f	92.5	Capacidad de infiltración				
Az	193	Área percolada				
h	2	Alto dren				
b	1	Ancho dren				
L	42	Largo dren				
p	0.9	Porosidad				
Duración (hrs, min)	Concepción Pt(mm)	Vafl (m3)	Vinf (m3)	Valm (m3)	Vacu (m3)	Verificación
0 h 0 m	0.00	0.00	0.00	0.00	75.6	OK
0 h 5 m	6.21	18.93	1.12	17.82	75.6	OK
0 h 10 m	9.22	28.10	2.23	25.86	75.6	OK
0 h 15 m	11.22	34.20	3.35	30.86	75.6	OK
0 h 20 m	12.83	39.09	4.46	34.63	75.6	OK
0 h 30 m	15.23	46.42	6.69	39.72	75.6	OK
0 h 40 m	17.23	52.53	8.93	43.60	75.6	OK
0 h 50 m	18.84	57.41	11.16	46.25	75.6	OK
1 h	19.97	60.86	13.39	47.47	75.6	OK
2 h	31.53	96.10	26.78	69.32	75.6	OK
4 h	39.94	121.72	53.56	68.17	75.6	OK
6 h	49.40	150.55	80.34	70.22	75.6	OK
8 h	58.86	179.38	107.12	72.27	75.6	OK
10 h	67.26	205.01	133.89	71.11	75.6	OK
12 h	73.57	224.23	160.67	63.56	75.6	OK
14 h	80.93	246.65	187.45	59.20	75.6	OK
18 h	93.54	285.09	241.01	44.08	75.6	OK
24 h	105.10	320.33	321.35	-1.02	75.6	OK

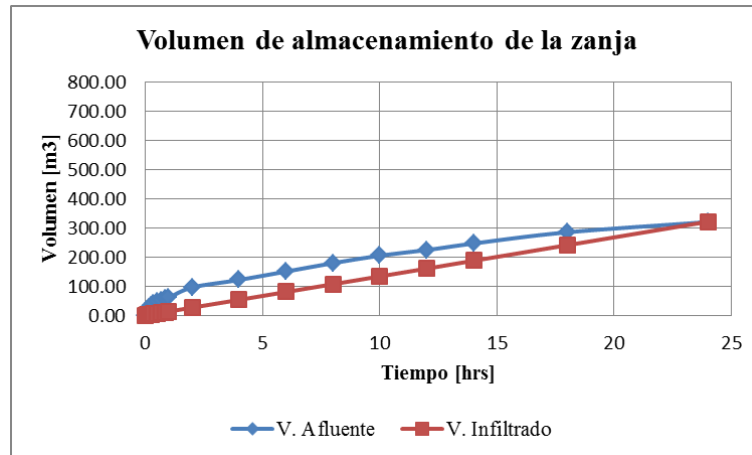


Figura 28: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo GP 185(mm/hr).

Parámetros, dimensiones y verificación para dren 2:

Tabla 42: Parámetros, dimensión y verificación para dren 2 en un suelo GP 185(mm/hr).

Cs	0.75	Factor de seguridad				
A	3174.25	Área impermeable				
f	92.5	Capacidad de infiltración				
Az	234	Área percolada				
h	2	Alto dren				
b	6	Ancho dren				
L	30	Largo dren				
p	0.3	Porosidad				
Duración (hrs, min)	Concepción Pt(mm)	Vafl (m3)	Vinf (m3)	Valm (m3)	Vacu (m3)	Verificación
0 h 0 m	0.00	0.00	0.00	0.00	108	OK
0 h 5 m	6.21	24.65	1.35	23.30	108	OK
0 h 10 m	9.22	36.58	2.71	33.87	108	OK
0 h 15 m	11.22	44.53	4.06	40.47	108	OK
0 h 20 m	12.83	50.89	5.41	45.48	108	OK
0 h 30 m	15.23	60.43	8.12	52.31	108	OK
0 h 40 m	17.23	68.38	10.82	57.56	108	OK
0 h 50 m	18.84	74.74	13.53	61.21	108	OK
1 h	19.97	79.23	16.23	63.00	108	OK
2 h	31.53	125.11	32.47	92.64	108	OK
4 h	39.94	158.47	64.94	93.53	108	OK
6 h	49.40	196.00	97.40	98.60	108	OK
8 h	58.86	233.53	129.87	103.66	108	OK
10 h	67.26	266.89	162.34	104.55	108	OK
12 h	73.57	291.91	194.81	97.11	108	OK
14 h	80.93	321.10	227.27	93.83	108	OK
18 h	93.54	371.15	292.21	78.94	108	OK
24 h	105.10	417.02	389.61	27.41	108	OK

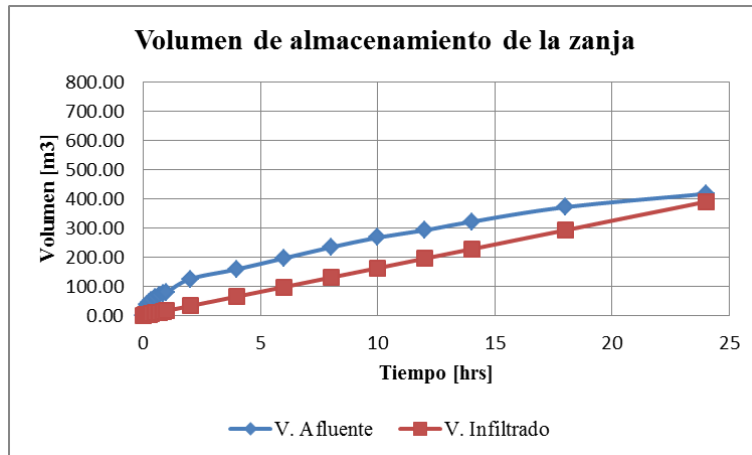


Figura 29: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo GP 185(mm/hr).

Tabla 43: Parámetros, dimensión y verificación para dren 2 en un suelo GP 185(mm/hr).

Cs	0.75	Factor de seguridad				
A	3174.25	Área impermeable				
f	92.5	Capacidad de infiltración				
Az	177	Área percolada				
h	2	Alto dren				
b	3	Ancho dren				
L	30	Largo dren				
p	0.9	Porosidad				
Duración (hrs, min)	Concepción Pt(mm)	Vafl (m ³)	Vinf (m ³)	Valm (m ³)	Vacu (m ³)	Verificación
0 h 0 m	0.00	0.00	0.00	0.00	162	OK
0 h 5 m	6.21	24.65	1.02	23.63	162	OK
0 h 10 m	9.22	36.58	2.05	34.53	162	OK
0 h 15 m	11.22	44.53	3.07	41.46	162	OK
0 h 20 m	12.83	50.89	4.09	46.80	162	OK
0 h 30 m	15.23	60.43	6.14	54.29	162	OK
0 h 40 m	17.23	68.38	8.19	60.20	162	OK
0 h 50 m	18.84	74.74	10.23	64.51	162	OK
1 h	19.97	79.23	12.28	66.95	162	OK
2 h	31.53	125.11	24.56	100.55	162	OK
4 h	39.94	158.47	49.12	109.35	162	OK
6 h	49.40	196.00	73.68	122.32	162	OK
8 h	58.86	233.53	98.24	135.29	162	OK
10 h	67.26	266.89	122.79	144.10	162	OK
12 h	73.57	291.91	147.35	144.56	162	OK
14 h	80.93	321.10	171.91	149.19	162	OK
18 h	93.54	371.15	221.03	150.12	162	OK
24 h	105.10	417.02	294.71	122.31	162	OK

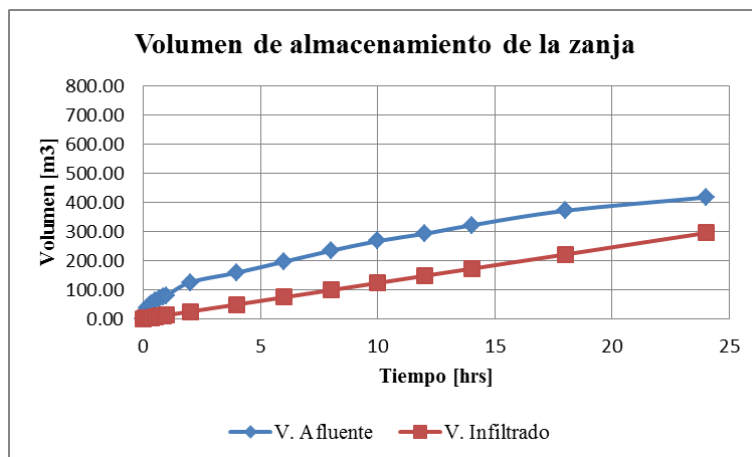


Figura 30: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo GP 185(mm/hr).

Parámetros, dimensiones y verificación para dren 1 en un suelo GP-GM con una capacidad de infiltración de 100 [mm/hr], los parámetros, dimensiones y verificación se observan en las siguientes tablas.

Tabla 44: Parámetros, dimensión y verificación para dren 1 en un suelo GP-GM 100(mm/hr).

Cs	0.75	Factor de seguridad				
A	2438.25	Área impermeable				
f	50	Capacidad de infiltración				
Az	292.8	Área percolada				
h	2	Alto dren				
b	3.2	Ancho dren				
L	50	Largo dren				
p	0.3	Porosidad				
Duración (hrs, min)	Concepción Pt(mm)	Vafl (m3)	Vinf (m3)	Valm (m3)	Vacu (m3)	Verificación
0 h 0 m	0.00	0.00	0.00	0.00	96	OK
0 h 5 m	6.21	18.93	0.92	18.02	96	OK
0 h 10 m	9.22	28.10	1.83	26.27	96	OK
0 h 15 m	11.22	34.20	2.75	31.46	96	OK
0 h 20 m	12.83	39.09	3.66	35.43	96	OK
0 h 30 m	15.23	46.42	5.49	40.93	96	OK
0 h 40 m	17.23	52.53	7.32	45.21	96	OK
0 h 50 m	18.84	57.41	9.15	48.26	96	OK
1 h	19.97	60.86	10.98	49.88	96	OK
2 h	31.53	96.10	21.96	74.14	96	OK
4 h	39.94	121.72	43.92	77.80	96	OK
6 h	49.40	150.55	65.88	84.67	96	OK
8 h	58.86	179.38	87.84	91.54	96	OK
10 h	67.26	205.01	109.80	95.21	96	OK
12 h	73.57	224.23	131.76	92.47	96	OK
14 h	80.93	246.65	153.72	92.93	96	OK
18 h	93.54	285.09	197.64	87.45	96	OK
24 h	105.10	320.33	263.52	56.81	96	OK

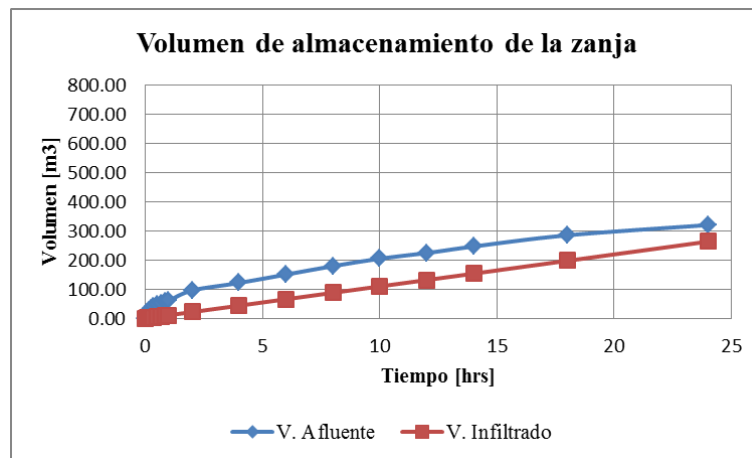


Figura 31: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo GP-GM 100(mm/hr).

Tabla 45: Parámetros, dimensión y verificación para dren 1 en un suelo GP-GM 100(mm/hr).

Cs	0.75	Factor de seguridad				
A	2438.25	Área impermeable				
f	50	Capacidad de infiltración				
Az	240.6	Área percolada				
h	2	Alto dren				
b	1.4	Ancho dren				
L	50	Largo dren				
p	0.9	Porosidad				
Duración (hrs, min)	Concepción Pt(mm)	Vafl (m ³)	Vinf (m ³)	Valm (m ³)	Vacu (m ³)	Verificación
0 h 0 m	0.00	0.00	0.00	0.00	126	OK
0 h 5 m	6.21	18.93	0.75	18.18	126	OK
0 h 10 m	9.22	28.10	1.50	26.59	126	OK
0 h 15 m	11.22	34.20	2.26	31.95	126	OK
0 h 20 m	12.83	39.09	3.01	36.08	126	OK
0 h 30 m	15.23	46.42	4.51	41.91	126	OK
0 h 40 m	17.23	52.53	6.02	46.51	126	OK
0 h 50 m	18.84	57.41	7.52	49.89	126	OK
1 h	19.97	60.86	9.02	51.84	126	OK
2 h	31.53	96.10	18.05	78.05	126	OK
4 h	39.94	121.72	36.09	85.63	126	OK
6 h	49.40	150.55	54.14	96.42	126	OK
8 h	58.86	179.38	72.18	107.20	126	OK
10 h	67.26	205.01	90.23	114.78	126	OK
12 h	73.57	224.23	108.27	115.96	126	OK
14 h	80.93	246.65	126.32	120.34	126	OK
18 h	93.54	285.09	162.41	122.68	126	OK
24 h	105.10	320.33	216.54	103.79	126	OK

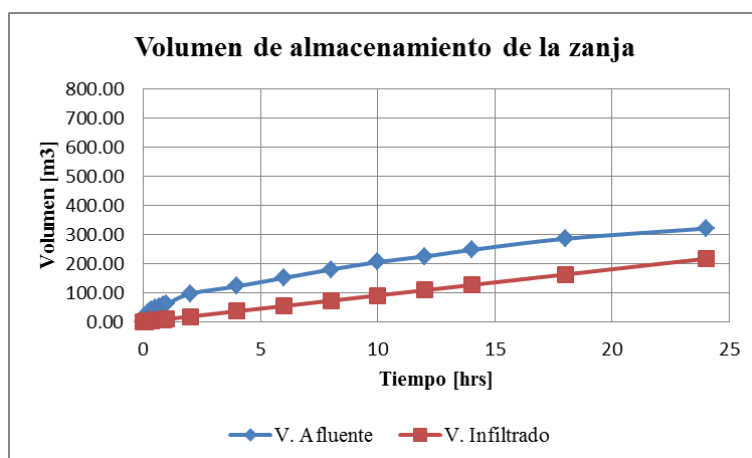


Figura 32: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo GP-GM 100(mm/hr).

Tabla 46: Parámetros, dimensión y verificación para dren 2 en un suelo GP-GM 100(mm/hr).

Cs	0.75	Factor de seguridad				
A	3174.25	Área impermeable				
f	50	Capacidad de infiltración				
Az	300.5	Área percolada				
h	2	Alto dren				
b	9.5	Ancho dren				
L	30	Largo dren				
p	0.3	Porosidad				
Duración (hrs, min)	Concepción Pt(mm)	Vafl (m ³)	Vinf (m ³)	Valm (m ³)	Vacu (m ³)	Verificación
0 h 0 m	0.00	0.00	0.00	0.00	171	OK
0 h 5 m	6.21	24.65	0.94	23.71	171	OK
0 h 10 m	9.22	36.58	1.88	34.70	171	OK
0 h 15 m	11.22	44.53	2.82	41.71	171	OK
0 h 20 m	12.83	50.89	3.76	47.13	171	OK
0 h 30 m	15.23	60.43	5.63	54.80	171	OK
0 h 40 m	17.23	68.38	7.51	60.87	171	OK
0 h 50 m	18.84	74.74	9.39	65.35	171	OK
1 h	19.97	79.23	11.27	67.96	171	OK
2 h	31.53	125.11	22.54	102.57	171	OK
4 h	39.94	158.47	45.08	113.39	171	OK
6 h	49.40	196.00	67.61	128.39	171	OK
8 h	58.86	233.53	90.15	143.38	171	OK
10 h	67.26	266.89	112.69	154.20	171	OK
12 h	73.57	291.91	135.23	156.69	171	OK
14 h	80.93	321.10	157.76	163.34	171	OK
18 h	93.54	371.15	202.84	168.31	171	OK
24 h	105.10	417.02	270.45	146.57	171	OK

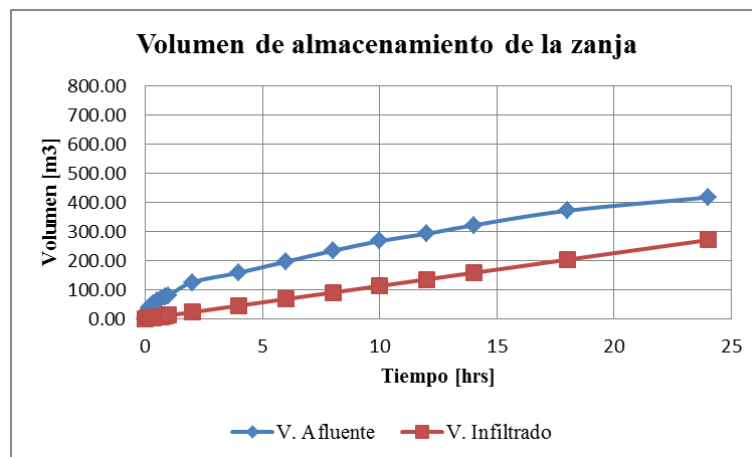


Figura 33: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo GP-GM 100(mm/hr).

Tabla 47: Parámetros, dimensión y verificación para dren 2 en un suelo GP-GM 100(mm/hr).

Cs	0.75	Factor de seguridad				
A	3174.25	Área impermeable				
f	50	Capacidad de infiltración				
Az	203.6	Área percolada				
h	2	Alto dren				
b	4.4	Ancho dren				
L	30	Largo dren				
p	0.9	Porosidad				
Duración (hrs, min)	Concepción Pt(mm)	Vafl (m ³)	Vinf (m ³)	Valm (m ³)	Vacu (m ³)	Verificación
0 h 0 m	0.00	0.00	0.00	0.00	237.6	OK
0 h 5 m	6.21	24.65	0.64	24.01	237.6	OK
0 h 10 m	9.22	36.58	1.27	35.30	237.6	OK
0 h 15 m	11.22	44.53	1.91	42.62	237.6	OK
0 h 20 m	12.83	50.89	2.55	48.34	237.6	OK
0 h 30 m	15.23	60.43	3.82	56.61	237.6	OK
0 h 40 m	17.23	68.38	5.09	63.29	237.6	OK
0 h 50 m	18.84	74.74	6.36	68.38	237.6	OK
1 h	19.97	79.23	7.64	71.60	237.6	OK
2 h	31.53	125.11	15.27	109.84	237.6	OK
4 h	39.94	158.47	30.54	127.93	237.6	OK
6 h	49.40	196.00	45.81	150.19	237.6	OK
8 h	58.86	233.53	61.08	172.45	237.6	OK
10 h	67.26	266.89	76.35	190.54	237.6	OK
12 h	73.57	291.91	91.62	200.29	237.6	OK
14 h	80.93	321.10	106.89	214.21	237.6	OK
18 h	93.54	371.15	137.43	233.72	237.6	OK
24 h	105.10	417.02	183.24	233.78	237.6	OK

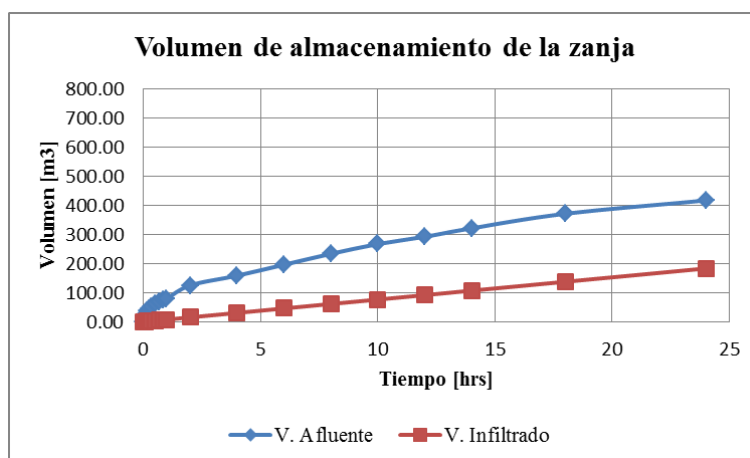


Figura 34: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo GP-GM 100(mm/hr).

Se muestran los parámetros, dimensiones y verificación para un suelo GM con capacidad de infiltración de 217 [mm/hr].

Tabla 48: Parámetros, dimensión y verificación para dren 1 en un suelo GM 217(mm/hr).

Cs	0.75	Factor de seguridad				
A	2438.25	Área impermeable				
f	108.5	Capacidad de infiltración				
Az	258	Área percolada				
h	2	Alto dren				
b	2	Ancho dren				
L	50	Largo dren				
p	0.3	Porosidad				
Duración (hrs, min)	Concepción Pt(mm)	Vafl (m3)	Vinf (m3)	Valm (m3)	Vacu (m3)	Verificación
0 h 0 m	0.00	0.00	0.00	0.00	60	OK
0 h 5 m	6.21	18.93	1.75	17.18	60	OK
0 h 10 m	9.22	28.10	3.50	24.60	60	OK
0 h 15 m	11.22	34.20	5.25	28.95	60	OK
0 h 20 m	12.83	39.09	7.00	32.09	60	OK
0 h 30 m	15.23	46.42	10.50	35.92	60	OK
0 h 40 m	17.23	52.53	14.00	38.53	60	OK
0 h 50 m	18.84	57.41	17.50	39.92	60	OK
1 h	19.97	60.86	20.99	39.87	60	OK
2 h	31.53	96.10	41.99	54.11	60	OK
4 h	39.94	121.72	83.98	37.74	60	OK
6 h	49.40	150.55	125.97	24.58	60	OK
8 h	58.86	179.38	167.96	11.42	60	OK
10 h	67.26	205.01	209.95	-4.94	60	OK
12 h	73.57	224.23	251.94	-27.71	60	OK
14 h	80.93	246.65	293.93	-47.28	60	OK
18 h	93.54	285.09	377.91	-92.82	60	OK
24 h	105.10	320.33	503.87	-183.55	60	OK

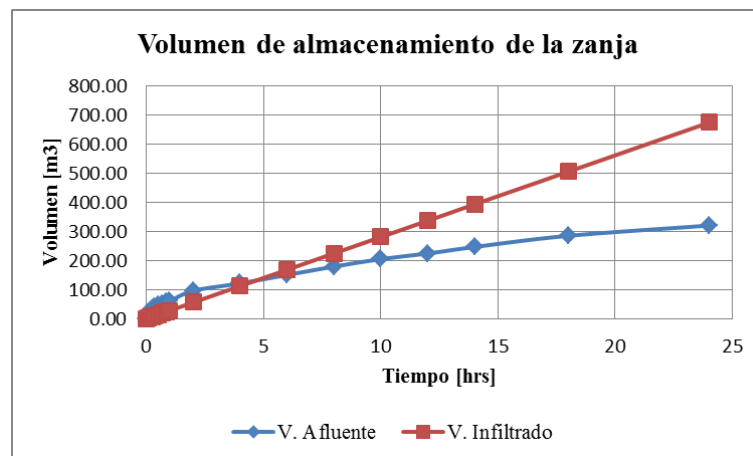


Figura 35: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo GM 217(mm/hr).

Tabla 49: Parámetros, dimensión y verificación para dren 1 en un suelo GM 217(mm/hr).

Cs	0.75	Factor de seguridad				
A	2438.25	Área impermeable				
f	108.5	Capacidad de infiltración				
Az	175	Área percolada				
h	2	Alto dren				
b	1	Ancho dren				
L	38	Largo dren				
p	0.9	Porosidad				
Duración (hrs, min)	Concepción Pt(mm)	Vafl (m ³)	Vinf (m ³)	Valm (m ³)	Vacu (m ³)	Verificación
0 h 0 m	0.00	0.00	0.00	0.00	68.4	OK
0 h 5 m	6.21	18.93	1.19	17.75	68.4	OK
0 h 10 m	9.22	28.10	2.37	25.72	68.4	OK
0 h 15 m	11.22	34.20	3.56	30.64	68.4	OK
0 h 20 m	12.83	39.09	4.75	34.34	68.4	OK
0 h 30 m	15.23	46.42	7.12	39.30	68.4	OK
0 h 40 m	17.23	52.53	9.49	43.03	68.4	OK
0 h 50 m	18.84	57.41	11.87	45.55	68.4	OK
1 h	19.97	60.86	14.24	46.62	68.4	OK
2 h	31.53	96.10	28.48	67.62	68.4	OK
4 h	39.94	121.72	56.96	64.76	68.4	OK
6 h	49.40	150.55	85.44	65.11	68.4	OK
8 h	58.86	179.38	113.93	65.46	68.4	OK
10 h	67.26	205.01	142.41	62.60	68.4	OK
12 h	73.57	224.23	170.89	53.34	68.4	OK
14 h	80.93	246.65	199.37	47.28	68.4	OK
18 h	93.54	285.09	256.33	28.76	68.4	OK
24 h	105.10	320.33	341.78	-21.45	68.4	OK

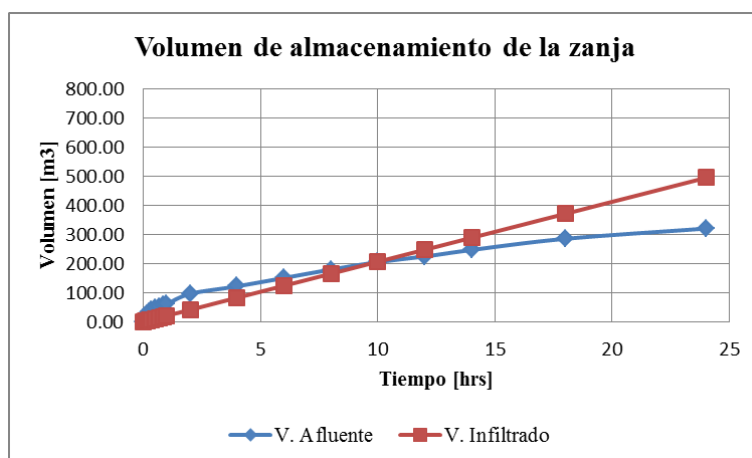


Figura 36: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo GM 217(mm/hr).

Tabla 50: Parámetros, dimensión y verificación para dren 2 en un suelo GM 217(mm/hr).

Cs	0.75	Factor de seguridad				
A	3174.25	Área impermeable				
f	108.5	Capacidad de infiltración				
Az	218.8	Área percolada				
h	2	Alto dren				
b	5.2	Ancho dren				
L	30	Largo dren				
p	0.3	Porosidad				
Duración (hrs, min)	Concepción Pt(mm)	Vafl (m ³)	Vinf (m ³)	Valm (m ³)	Vacu (m ³)	Verificación
0 h 0 m	0.00	0.00	0.00	0.00	93.6	OK
0 h 5 m	6.21	24.65	1.48	23.17	93.6	OK
0 h 10 m	9.22	36.58	2.97	33.61	93.6	OK
0 h 15 m	11.22	44.53	4.45	40.08	93.6	OK
0 h 20 m	12.83	50.89	5.93	44.95	93.6	OK
0 h 30 m	15.23	60.43	8.90	51.53	93.6	OK
0 h 40 m	17.23	68.38	11.87	56.51	93.6	OK
0 h 50 m	18.84	74.74	14.84	59.91	93.6	OK
1 h	19.97	79.23	17.80	61.43	93.6	OK
2 h	31.53	125.11	35.61	89.50	93.6	OK
4 h	39.94	158.47	71.22	87.25	93.6	OK
6 h	49.40	196.00	106.83	89.17	93.6	OK
8 h	58.86	233.53	142.44	91.09	93.6	OK
10 h	67.26	266.89	178.05	88.84	93.6	OK
12 h	73.57	291.91	213.66	78.25	93.6	OK
14 h	80.93	321.10	249.27	71.84	93.6	OK
18 h	93.54	371.15	320.49	50.66	93.6	OK
24 h	105.10	417.02	427.32	-10.30	93.6	OK

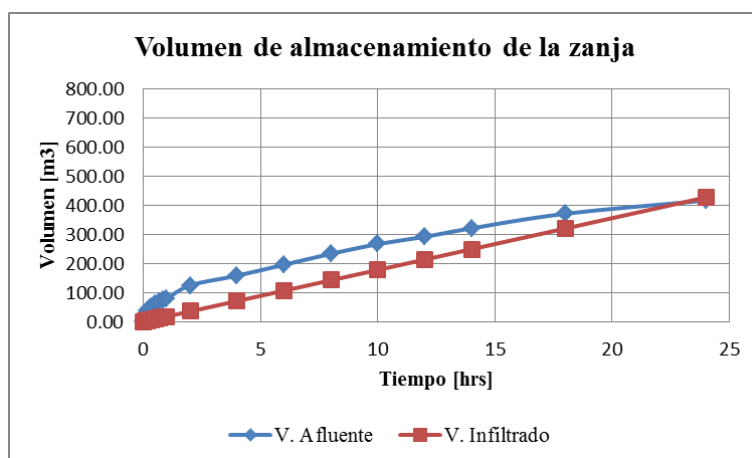


Figura 37: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo GM 217(mm/hr).

Tabla 51: Parámetros, dimensión y verificación para dren 2 en un suelo GM 217(mm/hr).

Cs	0.75	Factor de seguridad				
A	3174.25	Área impermeable				
f	108.5	Capacidad de infiltración				
Az	167.5	Área percolada				
h	2	Alto dren				
b	2.5	Ancho dren				
L	30	Largo dren				
p	0.9	Porosidad				
Duración (hrs, min)	Concepción Pt(mm)	Vafl (m ³)	Vinf (m ³)	Valm (m ³)	Vacu (m ³)	Verificación
0 h 0 m	0.00	0.00	0.00	0.00	135	OK
0 h 5 m	6.21	24.65	1.14	23.51	135	OK
0 h 10 m	9.22	36.58	2.27	34.30	135	OK
0 h 15 m	11.22	44.53	3.41	41.12	135	OK
0 h 20 m	12.83	50.89	4.54	46.35	135	OK
0 h 30 m	15.23	60.43	6.82	53.62	135	OK
0 h 40 m	17.23	68.38	9.09	59.30	135	OK
0 h 50 m	18.84	74.74	11.36	63.38	135	OK
1 h	19.97	79.23	13.63	65.60	135	OK
2 h	31.53	125.11	27.26	97.84	135	OK
4 h	39.94	158.47	54.52	103.95	135	OK
6 h	49.40	196.00	81.78	114.22	135	OK
8 h	58.86	233.53	109.04	124.49	135	OK
10 h	67.26	266.89	136.30	130.59	135	OK
12 h	73.57	291.91	163.56	128.35	135	OK
14 h	80.93	321.10	190.82	130.28	135	OK
18 h	93.54	371.15	245.35	125.80	135	OK
24 h	105.10	417.02	327.13	89.89	135	OK

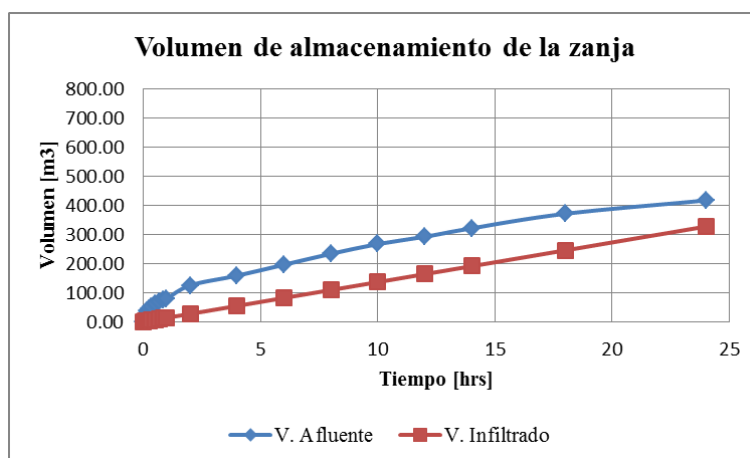


Figura 38: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo GM 217(mm/hr).

Se observan los parámetros, dimensiones y verificación para un suelo GM con capacidad de infiltración de 153 [mm/hr].

Tabla 52: Parámetros, dimensión y verificación para dren 1 en un suelo GM 153(mm/hr).

Cs	0.75	Factor de seguridad				
A	2438.25	Área impermeable				
f	76.5	Capacidad de infiltración				
Az	263.8	Área percolada				
h	2	Alto dren				
b	2.2	Ancho dren				
L	50	Largo dren				
p	0.3	Porosidad				
Duración (hrs, min)	Concepción Pt(mm)	Vafl (m3)	Vinf (m3)	Valm (m3)	Vacu (m3)	Verificación
0 h 0 m	0.00	0.00	0.00	0.00	66	OK
0 h 5 m	6.21	18.93	1.26	17.67	66	OK
0 h 10 m	9.22	28.10	2.52	25.57	66	OK
0 h 15 m	11.22	34.20	3.78	30.42	66	OK
0 h 20 m	12.83	39.09	5.05	34.04	66	OK
0 h 30 m	15.23	46.42	7.57	38.85	66	OK
0 h 40 m	17.23	52.53	10.09	42.44	66	OK
0 h 50 m	18.84	57.41	12.61	44.80	66	OK
1 h	19.97	60.86	15.14	45.73	66	OK
2 h	31.53	96.10	30.27	65.83	66	OK
4 h	39.94	121.72	60.54	61.18	66	OK
6 h	49.40	150.55	90.81	59.74	66	OK
8 h	58.86	179.38	121.08	58.30	66	OK
10 h	67.26	205.01	151.36	53.65	66	OK
12 h	73.57	224.23	181.63	42.60	66	OK
14 h	80.93	246.65	211.90	34.75	66	OK
18 h	93.54	285.09	272.44	12.65	66	OK
24 h	105.10	320.33	363.25	-42.93	66	OK

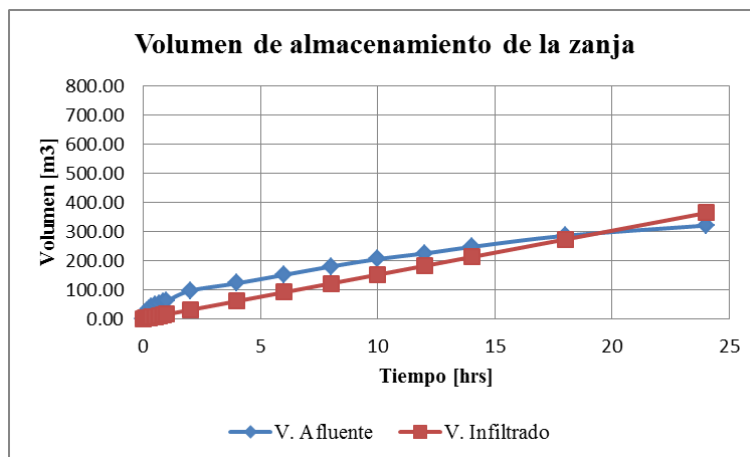


Figura 39: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo GM 153 (mm/hr).

Tabla 53: Parámetros, dimensión y verificación para dren 1 en un suelo GM 153(mm/hr).

Cs	0.75	Factor de seguridad				
A	2438.25	Área impermeable				
f	76.5	Capacidad de infiltración				
Az	220	Área percolada				
h	2	Alto dren				
b	1	Ancho dren				
L	48	Largo dren				
p	0.9	Porosidad				
Duración (hrs, min)	Concepción Pt(mm)	Vafl (m ³)	Vinf (m ³)	Valm (m ³)	Vacu (m ³)	Verificación
0 h 0 m	0.00	0.00	0.00	0.00	86.4	OK
0 h 5 m	6.21	18.93	1.05	17.88	86.4	OK
0 h 10 m	9.22	28.10	2.10	25.99	86.4	OK
0 h 15 m	11.22	34.20	3.16	31.05	86.4	OK
0 h 20 m	12.83	39.09	4.21	34.88	86.4	OK
0 h 30 m	15.23	46.42	6.31	40.11	86.4	OK
0 h 40 m	17.23	52.53	8.42	44.11	86.4	OK
0 h 50 m	18.84	57.41	10.52	46.89	86.4	OK
1 h	19.97	60.86	12.62	48.24	86.4	OK
2 h	31.53	96.10	25.25	70.85	86.4	OK
4 h	39.94	121.72	50.49	71.23	86.4	OK
6 h	49.40	150.55	75.74	74.82	86.4	OK
8 h	58.86	179.38	100.98	78.40	86.4	OK
10 h	67.26	205.01	126.23	78.78	86.4	OK
12 h	73.57	224.23	151.47	72.76	86.4	OK
14 h	80.93	246.65	176.72	69.94	86.4	OK
18 h	93.54	285.09	227.21	57.88	86.4	OK
24 h	105.10	320.33	302.94	17.39	86.4	OK

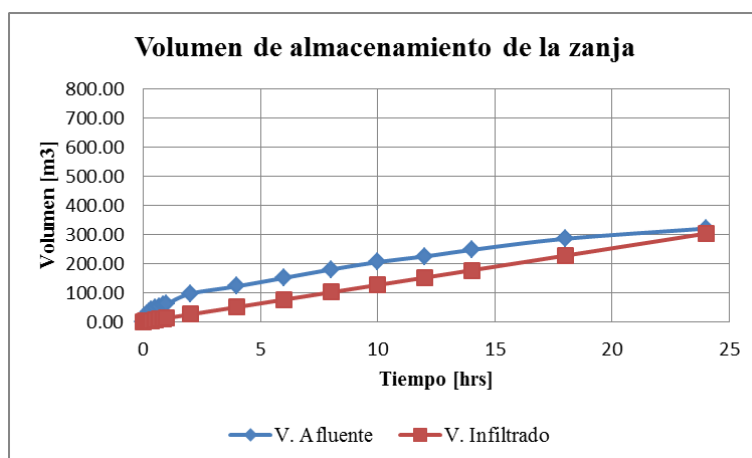


Figura 40: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo GM 153 (mm/hr).

Tabla 54: Parámetros, dimensión y verificación para dren 2 en un suelo GM 153(mm/hr).

Cs	0.75	Factor de seguridad				
A	3174.25	Área impermeable				
f	76.5	Capacidad de infiltración				
Az	253	Área percolada				
h	2	Alto dren				
b	7	Ancho dren				
L	30	Largo dren				
p	0.3	Porosidad				
Duración (hrs, min)	Concepción Pt(mm)	Vafl (m ³)	Vinf (m ³)	Valm (m ³)	Vacu (m ³)	Verificación
0 h 0 m	0.00	0.00	0.00	0.00	126	OK
0 h 5 m	6.21	24.65	1.21	23.44	126	OK
0 h 10 m	9.22	36.58	2.42	34.16	126	OK
0 h 15 m	11.22	44.53	3.63	40.90	126	OK
0 h 20 m	12.83	50.89	4.84	46.05	126	OK
0 h 30 m	15.23	60.43	7.26	53.17	126	OK
0 h 40 m	17.23	68.38	9.68	58.70	126	OK
0 h 50 m	18.84	74.74	12.10	62.65	126	OK
1 h	19.97	79.23	14.52	64.72	126	OK
2 h	31.53	125.11	29.03	96.07	126	OK
4 h	39.94	158.47	58.06	100.40	126	OK
6 h	49.40	196.00	87.10	108.90	126	OK
8 h	58.86	233.53	116.13	117.40	126	OK
10 h	67.26	266.89	145.16	121.73	126	OK
12 h	73.57	291.91	174.19	117.72	126	OK
14 h	80.93	321.10	203.22	117.88	126	OK
18 h	93.54	371.15	261.29	109.86	126	OK
24 h	105.10	417.02	348.38	68.64	126	OK

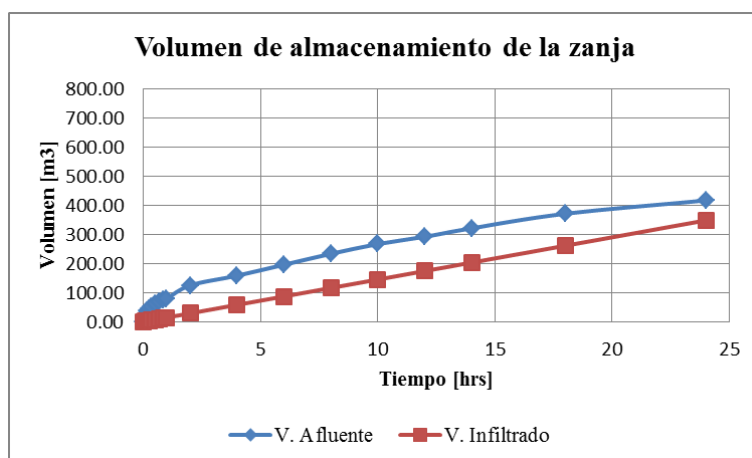


Figura 41: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo GM 153 (mm/hr).

Tabla 55: Parámetros, dimensión y verificación para dren 2 en un suelo GM 153(mm/hr).

Cs	0.75	Factor de seguridad				
A	3174.25	Área impermeable				
f	76.5	Capacidad de infiltración				
Az	184.6	Área percolada				
h	2	Alto dren				
b	3.4	Ancho dren				
L	30	Largo dren				
p	0.9	Porosidad				
Duración (hrs, min)	Concepción Pt(mm)	Vafl (m ³)	Vinf (m ³)	Valm (m ³)	Vacu (m ³)	Verificación
0 h 0 m	0.00	0.00	0.00	0.00	183.6	OK
0 h 5 m	6.21	24.65	0.88	23.77	183.6	OK
0 h 10 m	9.22	36.58	1.77	34.81	183.6	OK
0 h 15 m	11.22	44.53	2.65	41.88	183.6	OK
0 h 20 m	12.83	50.89	3.53	47.36	183.6	OK
0 h 30 m	15.23	60.43	5.30	55.13	183.6	OK
0 h 40 m	17.23	68.38	7.06	61.32	183.6	OK
0 h 50 m	18.84	74.74	8.83	65.92	183.6	OK
1 h	19.97	79.23	10.59	68.64	183.6	OK
2 h	31.53	125.11	21.18	103.92	183.6	OK
4 h	39.94	158.47	42.37	116.10	183.6	OK
6 h	49.40	196.00	63.55	132.45	183.6	OK
8 h	58.86	233.53	84.73	148.80	183.6	OK
10 h	67.26	266.89	105.91	160.98	183.6	OK
12 h	73.57	291.91	127.10	164.81	183.6	OK
14 h	80.93	321.10	148.28	172.82	183.6	OK
18 h	93.54	371.15	190.65	180.50	183.6	OK
24 h	105.10	417.02	254.19	162.82	183.6	OK

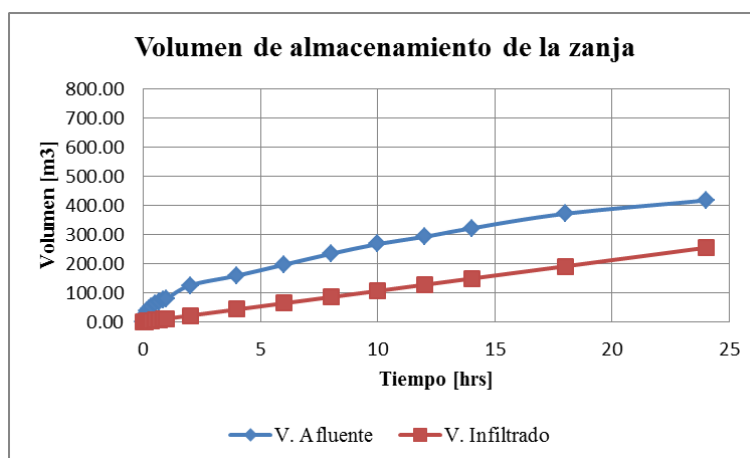


Figura 42: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo GM 153 (mm/hr).

Los parámetros, dimensiones y verificación para un suelo SM con capacidad de infiltración de 44 [mm/hr] se pueden observar en las siguientes tablas.

Tabla 56: Parámetros, dimensión y verificación para dren 1 en un suelo SM 44(mm/hr).

Cs	0.75	Factor de seguridad				
A	2438.25	Área impermeable				
f	22	Capacidad de infiltración				
Az	374	Área percolada				
h	2	Alto dren				
b	6	Ancho dren				
L	50	Largo dren				
p	0.3	Porosidad				
Duración (hrs, min)	Concepción Pt(mm)	Vafl (m ³)	Vinf (m ³)	Valm (m ³)	Vacu (m ³)	Verificación
0 h 0 m	0.00	0.00	0.00	0.00	180	OK
0 h 5 m	6.21	18.93	0.51	18.42	180	OK
0 h 10 m	9.22	28.10	1.03	27.07	180	OK
0 h 15 m	11.22	34.20	1.54	32.66	180	OK
0 h 20 m	12.83	39.09	2.06	37.03	180	OK
0 h 30 m	15.23	46.42	3.09	43.33	180	OK
0 h 40 m	17.23	52.53	4.11	48.41	180	OK
0 h 50 m	18.84	57.41	5.14	52.27	180	OK
1 h	19.97	60.86	6.17	54.69	180	OK
2 h	31.53	96.10	12.34	83.76	180	OK
4 h	39.94	121.72	24.68	97.04	180	OK
6 h	49.40	150.55	37.03	113.53	180	OK
8 h	58.86	179.38	49.37	130.01	180	OK
10 h	67.26	205.01	61.71	143.30	180	OK
12 h	73.57	224.23	74.05	150.18	180	OK
14 h	80.93	246.65	86.39	160.26	180	OK
18 h	93.54	285.09	111.08	174.01	180	OK
24 h	105.10	320.33	148.10	172.22	180	OK

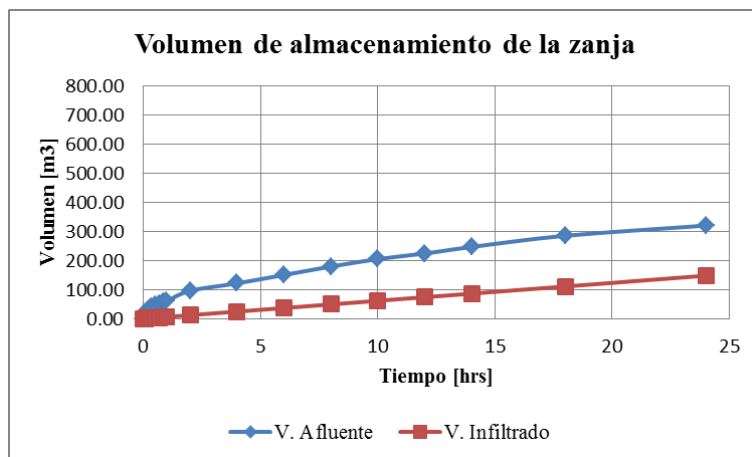


Figura 43: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo SM 44 (mm/hr).

Tabla 57: Parámetros, dimensión y verificación para dren 1 en un suelo SM 44(mm/hr).

Cs	0.75	Factor de seguridad				
A	2438.25	Área impermeable				
f	22	Capacidad de infiltración				
Az	269.6	Área percolada				
h	2	Alto dren				
b	2.4	Ancho dren				
L	50	Largo dren				
p	0.9	Porosidad				
Duración (hrs, min)	Concepción Pt(mm)	Vafl (m ³)	Vinf (m ³)	Valm (m ³)	Vacu (m ³)	Verificación
0 h 0 m	0.00	0.00	0.00	0.00	216	OK
0 h 5 m	6.21	18.93	0.37	18.56	216	OK
0 h 10 m	9.22	28.10	0.74	27.35	216	OK
0 h 15 m	11.22	34.20	1.11	33.09	216	OK
0 h 20 m	12.83	39.09	1.48	37.61	216	OK
0 h 30 m	15.23	46.42	2.22	44.19	216	OK
0 h 40 m	17.23	52.53	2.97	49.56	216	OK
0 h 50 m	18.84	57.41	3.71	53.71	216	OK
1 h	19.97	60.86	4.45	56.41	216	OK
2 h	31.53	96.10	8.90	87.20	216	OK
4 h	39.94	121.72	17.79	103.93	216	OK
6 h	49.40	150.55	26.69	123.86	216	OK
8 h	58.86	179.38	35.59	143.79	216	OK
10 h	67.26	205.01	44.48	160.52	216	OK
12 h	73.57	224.23	53.38	170.85	216	OK
14 h	80.93	246.65	62.28	184.37	216	OK
18 h	93.54	285.09	80.07	205.02	216	OK
24 h	105.10	320.33	106.76	213.56	216	OK

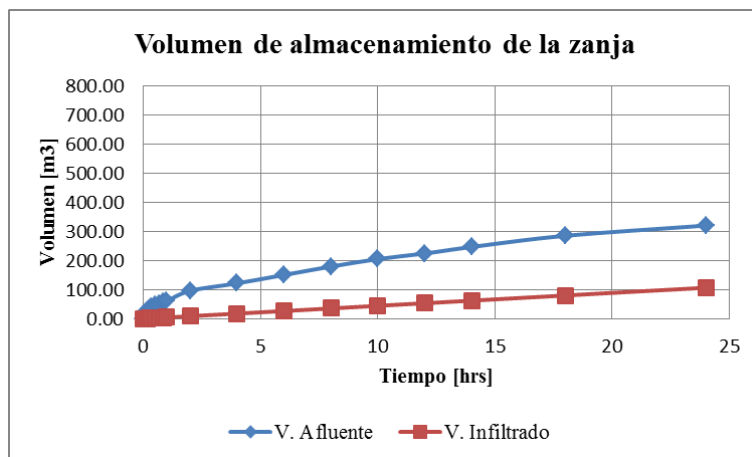


Figura 44: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo SM 44 (mm/hr).

Tabla 58: Parámetros, dimensión y verificación para dren 2 en un suelo SM 44(mm/hr).

Cs	0.75	Factor de seguridad				
A	3174.25	Área impermeable				
f	22	Capacidad de infiltración				
Az	405	Área percolada				
h	2	Alto dren				
b	15	Ancho dren				
L	30	Largo dren				
p	0.3	Porosidad				
Duración (hrs, min)	Concepción Pt(mm)	Vafl (m ³)	Vinf (m ³)	Valm (m ³)	Vacu (m ³)	Verificación
0 h 0 m	0.00	0.00	0.00	0.00	270	OK
0 h 5 m	6.21	24.65	0.56	24.09	270	OK
0 h 10 m	9.22	36.58	1.11	35.46	270	OK
0 h 15 m	11.22	44.53	1.67	42.86	270	OK
0 h 20 m	12.83	50.89	2.23	48.66	270	OK
0 h 30 m	15.23	60.43	3.34	57.09	270	OK
0 h 40 m	17.23	68.38	4.46	63.93	270	OK
0 h 50 m	18.84	74.74	5.57	69.17	270	OK
1 h	19.97	79.23	6.68	72.55	270	OK
2 h	31.53	125.11	13.37	111.74	270	OK
4 h	39.94	158.47	26.73	131.74	270	OK
6 h	49.40	196.00	40.10	155.90	270	OK
8 h	58.86	233.53	53.46	180.07	270	OK
10 h	67.26	266.89	66.83	200.07	270	OK
12 h	73.57	291.91	80.19	211.72	270	OK
14 h	80.93	321.10	93.56	227.55	270	OK
18 h	93.54	371.15	120.29	250.86	270	OK
24 h	105.10	417.02	160.38	256.64	270	OK

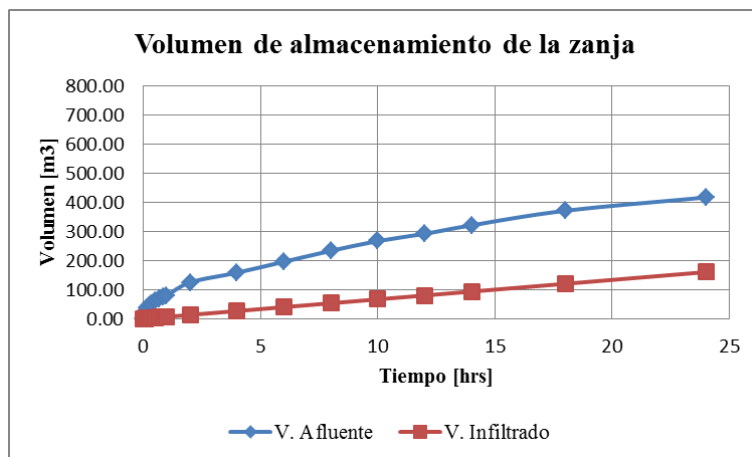


Figura 45: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo SM 44 (mm/hr).

Tabla 59: Parámetros, dimensión y verificación para dren 2 en un suelo SM 44(mm/hr).

Cs	0.75	Factor de seguridad				
A	3174.25	Área impermeable				
f	22	Capacidad de infiltración				
Az	237.8	Área percolada				
h	2	Alto dren				
b	6.2	Ancho dren				
L	30	Largo dren				
p	0.9	Porosidad				
Duración (hrs, min)	Concepción Pt(mm)	Vafl (m ³)	Vinf (m ³)	Valm (m ³)	Vacu (m ³)	Verificación
0 h 0 m	0.00	0.00	0.00	0.00	334.8	OK
0 h 5 m	6.21	24.65	0.33	24.32	334.8	OK
0 h 10 m	9.22	36.58	0.65	35.92	334.8	OK
0 h 15 m	11.22	44.53	0.98	43.55	334.8	OK
0 h 20 m	12.83	50.89	1.31	49.58	334.8	OK
0 h 30 m	15.23	60.43	1.96	58.47	334.8	OK
0 h 40 m	17.23	68.38	2.62	65.77	334.8	OK
0 h 50 m	18.84	74.74	3.27	71.47	334.8	OK
1 h	19.97	79.23	3.92	75.31	334.8	OK
2 h	31.53	125.11	7.85	117.26	334.8	OK
4 h	39.94	158.47	15.69	142.77	334.8	OK
6 h	49.40	196.00	23.54	172.46	334.8	OK
8 h	58.86	233.53	31.39	202.14	334.8	OK
10 h	67.26	266.89	39.24	227.65	334.8	OK
12 h	73.57	291.91	47.08	244.83	334.8	OK
14 h	80.93	321.10	54.93	266.17	334.8	OK
18 h	93.54	371.15	70.63	300.52	334.8	OK
24 h	105.10	417.02	94.17	322.85	334.8	OK

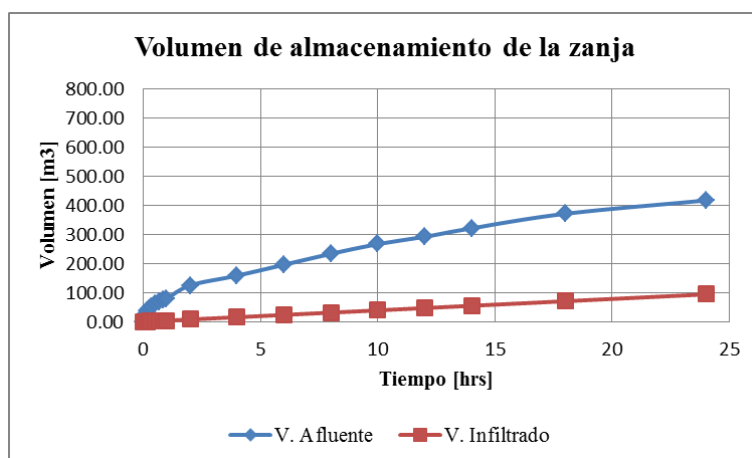


Figura 46: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo SM 44 (mm/hr).

Se observan los parámetros, dimensiones y verificación para un suelo SM con capacidad de infiltración de 39.3 [mm/hr]:

Tabla 60: Parámetros, dimensión y verificación para dren 1 en un suelo SM 39.3 (mm/hr).

Cs	0.75	Factor de seguridad				
A	2438.25	Área impermeable				
f	19.65	Capacidad de infiltración				
Az	379.8	Área percolada				
h	2	Alto dren				
b	6.2	Ancho dren				
L	50	Largo dren				
p	0.3	Porosidad				
Duración (hrs, min)	Concepción Pt(mm)	Vall (m3)	Vinf (m3)	Valm (m3)	Vacu (m3)	Verificación
0 h 0 m	0.00	0.00	0.00	0.00	186	OK
0 h 5 m	6.21	18.93	0.47	18.47	186	OK
0 h 10 m	9.22	28.10	0.93	27.16	186	OK
0 h 15 m	11.22	34.20	1.40	32.80	186	OK
0 h 20 m	12.83	39.09	1.87	37.22	186	OK
0 h 30 m	15.23	46.42	2.80	43.62	186	OK
0 h 40 m	17.23	52.53	3.73	48.80	186	OK
0 h 50 m	18.84	57.41	4.66	52.75	186	OK
1 h	19.97	60.86	5.60	55.26	186	OK
2 h	31.53	96.10	11.19	84.90	186	OK
4 h	39.94	121.72	22.39	99.33	186	OK
6 h	49.40	150.55	33.58	116.97	186	OK
8 h	58.86	179.38	44.78	134.60	186	OK
10 h	67.26	205.01	55.97	149.04	186	OK
12 h	73.57	224.23	67.17	157.06	186	OK
14 h	80.93	246.65	78.36	168.29	186	OK
18 h	93.54	285.09	100.75	184.34	186	OK
24 h	105.10	320.33	134.34	185.99	186	OK

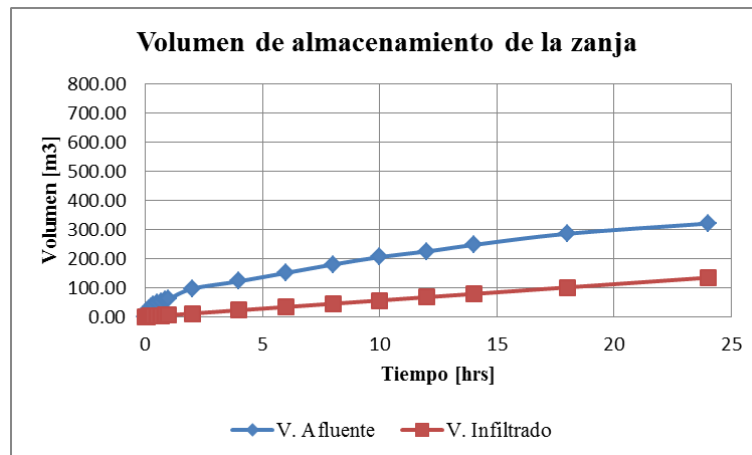


Figura 47: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo SM 39.3 (mm/hr).

Tabla 61: Parámetros, dimensión y verificación para dren 1 en un suelo SM 39.3 (mm/hr).

Cs	0.75	Factor de seguridad				
A	2438.25	Área impermeable				
f	19.65	Capacidad de infiltración				
Az	272.5	Área percolada				
h	2	Alto dren				
b	2.5	Ancho dren				
L	50	Largo dren				
p	0.9	Porosidad				
Duración (hrs, min)	Concepción Pt(mm)	Vafl (m ³)	Vinf (m ³)	Valm (m ³)	Vacu (m ³)	Verificación
0 h 0 m	0.00	0.00	0.00	0.00	225	OK
0 h 5 m	6.21	18.93	0.33	18.60	225	OK
0 h 10 m	9.22	28.10	0.67	27.43	225	OK
0 h 15 m	11.22	34.20	1.00	33.20	225	OK
0 h 20 m	12.83	39.09	1.34	37.75	225	OK
0 h 30 m	15.23	46.42	2.01	44.41	225	OK
0 h 40 m	17.23	52.53	2.68	49.85	225	OK
0 h 50 m	18.84	57.41	3.35	54.07	225	OK
1 h	19.97	60.86	4.02	56.85	225	OK
2 h	31.53	96.10	8.03	88.07	225	OK
4 h	39.94	121.72	16.06	105.66	225	OK
6 h	49.40	150.55	24.10	126.46	225	OK
8 h	58.86	179.38	32.13	147.25	225	OK
10 h	67.26	205.01	40.16	164.85	225	OK
12 h	73.57	224.23	48.19	176.04	225	OK
14 h	80.93	246.65	56.22	190.43	225	OK
18 h	93.54	285.09	72.29	212.80	225	OK
24 h	105.10	320.33	96.38	223.94	225	OK

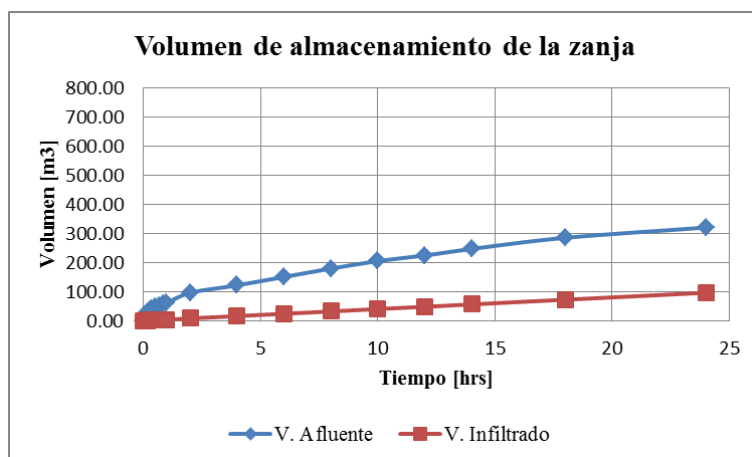


Figura 48: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo SM 39.3 (mm/hr).

Tabla 62: Parámetros, dimensión y verificación para dren 2 en un suelo SM 39.3 (mm/hr).

Cs	0.75	Factor de seguridad				
A	3174.25	Área impermeable				
f	19.65	Capacidad de infiltración				
Az	408.8	Área percolada				
h	2	Alto dren				
b	15.2	Ancho dren				
L	30	Largo dren				
p	0.3	Porosidad				
Duración (hrs, min)	Concepción Pt(mm)	Vafl (m ³)	Vinf (m ³)	Valm (m ³)	Vacu (m ³)	Verificación
0 h 0 m	0.00	0.00	0.00	0.00	273.6	OK
0 h 5 m	6.21	24.65	0.50	24.15	273.6	OK
0 h 10 m	9.22	36.58	1.00	35.57	273.6	OK
0 h 15 m	11.22	44.53	1.51	43.02	273.6	OK
0 h 20 m	12.83	50.89	2.01	48.88	273.6	OK
0 h 30 m	15.23	60.43	3.01	57.42	273.6	OK
0 h 40 m	17.23	68.38	4.02	64.37	273.6	OK
0 h 50 m	18.84	74.74	5.02	69.72	273.6	OK
1 h	19.97	79.23	6.02	73.21	273.6	OK
2 h	31.53	125.11	12.05	113.06	273.6	OK
4 h	39.94	158.47	24.10	134.37	273.6	OK
6 h	49.40	196.00	36.15	159.85	273.6	OK
8 h	58.86	233.53	48.20	185.33	273.6	OK
10 h	67.26	266.89	60.25	206.64	273.6	OK
12 h	73.57	291.91	72.30	219.62	273.6	OK
14 h	80.93	321.10	84.35	236.76	273.6	OK
18 h	93.54	371.15	108.44	262.70	273.6	OK
24 h	105.10	417.02	144.59	272.42	273.6	OK

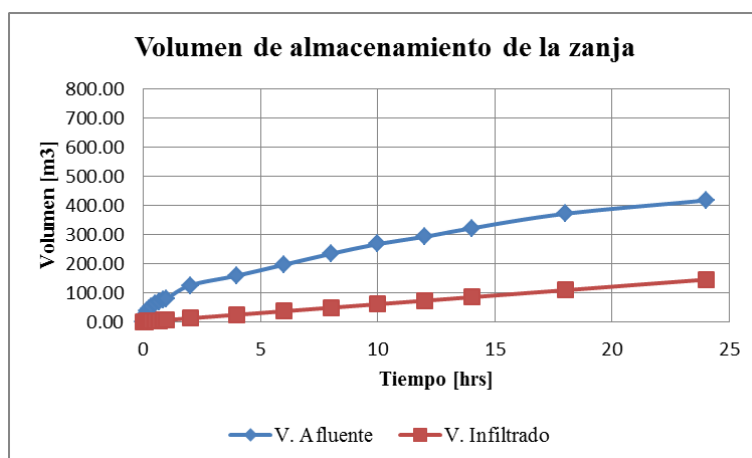


Figura 49: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo SM 39.3 (mm/hr).

Tabla 63: Parámetros, dimensión y verificación para dren 2 en un suelo SM 39.3 (mm/hr).

Cs	0.75	Factor de seguridad				
A	3174.25	Área impermeable				
f	19.65	Capacidad de infiltración				
Az	237.8	Área percolada				
h	2	Alto dren				
b	6.2	Ancho dren				
L	30	Largo dren				
p	0.9	Porosidad				
Duración (hrs, min)	Concepción Pt(mm)	Vafl (m ³)	Vinf (m ³)	Valm (m ³)	Vacu (m ³)	Verificación
0 h 0 m	0.00	0.00	0.00	0.00	334.8	OK
0 h 5 m	6.21	24.65	0.29	24.36	334.8	OK
0 h 10 m	9.22	36.58	0.58	35.99	334.8	OK
0 h 15 m	11.22	44.53	0.88	43.65	334.8	OK
0 h 20 m	12.83	50.89	1.17	49.72	334.8	OK
0 h 30 m	15.23	60.43	1.75	58.68	334.8	OK
0 h 40 m	17.23	68.38	2.34	66.05	334.8	OK
0 h 50 m	18.84	74.74	2.92	71.82	334.8	OK
1 h	19.97	79.23	3.50	75.73	334.8	OK
2 h	31.53	125.11	7.01	118.10	334.8	OK
4 h	39.94	158.47	14.02	144.45	334.8	OK
6 h	49.40	196.00	21.03	174.97	334.8	OK
8 h	58.86	233.53	28.04	205.49	334.8	OK
10 h	67.26	266.89	35.05	231.85	334.8	OK
12 h	73.57	291.91	42.05	249.86	334.8	OK
14 h	80.93	321.10	49.06	272.04	334.8	OK
18 h	93.54	371.15	63.08	308.06	334.8	OK
24 h	105.10	417.02	84.11	332.91	334.8	OK

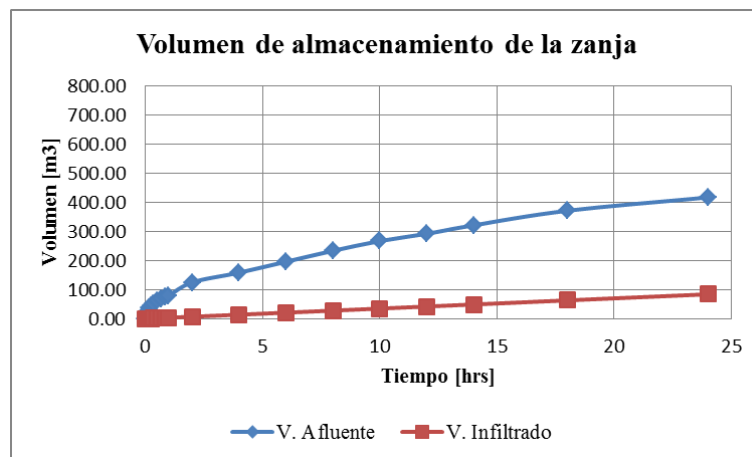


Figura 50: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo SM 39.3 (mm/hr).

Los parámetros, dimensiones y verificación para un suelo MH con capacidad de infiltración de 47.2 [mm/hr], se observan en las siguientes tablas:

Tabla 64: Parámetros, dimensión y verificación para dren 1 en un suelo MH 47.2 (mm/hr).

Cs	0.75	Factor de seguridad				
A	2438.25	Área impermeable				
f	23.6	Capacidad de infiltración				
Az	368.2	Área percolada				
h	2	Alto dren				
b	5.8	Ancho dren				
L	50	Largo dren				
p	0.3	Porosidad				
Duración (hrs, min)	Concepción Pt(mm)	Vall (m3)	Vinf (m3)	Valm (m3)	Vacu (m3)	Verificación
0 h 0 m	0.00	0.00	0.00	0.00	174	OK
0 h 5 m	6.21	18.93	0.54	18.39	174	OK
0 h 10 m	9.22	28.10	1.09	27.01	174	OK
0 h 15 m	11.22	34.20	1.63	32.57	174	OK
0 h 20 m	12.83	39.09	2.17	36.92	174	OK
0 h 30 m	15.23	46.42	3.26	43.16	174	OK
0 h 40 m	17.23	52.53	4.34	48.18	174	OK
0 h 50 m	18.84	57.41	5.43	51.98	174	OK
1 h	19.97	60.86	6.52	54.34	174	OK
2 h	31.53	96.10	13.03	83.06	174	OK
4 h	39.94	121.72	26.07	95.65	174	OK
6 h	49.40	150.55	39.10	111.45	174	OK
8 h	58.86	179.38	52.14	127.24	174	OK
10 h	67.26	205.01	65.17	139.84	174	OK
12 h	73.57	224.23	78.21	146.02	174	OK
14 h	80.93	246.65	91.24	155.41	174	OK
18 h	93.54	285.09	117.31	167.78	174	OK
24 h	105.10	320.33	156.41	163.91	174	OK

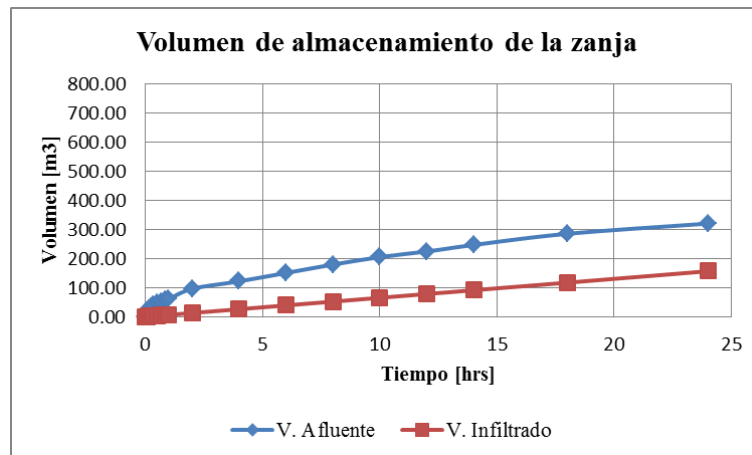


Figura 51: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo MH 47.2 (mm/hr).

Tabla 65: Parámetros, dimensión y verificación para dren 1 en un suelo MH 47.2 (mm/hr).

Cs	0.75	Factor de seguridad				
A	2438.25	Área impermeable				
f	23.6	Capacidad de infiltración				
Az	269.6	Área percolada				
h	2	Alto dren				
b	2.4	Ancho dren				
L	50	Largo dren				
p	0.9	Porosidad				
Duración (hrs, min)	Concepción Pt(mm)	Vafl (m ³)	Vinf (m ³)	Valm (m ³)	Vacu (m ³)	Verificación
0 h 0 m	0.00	0.00	0.00	0.00	216	OK
0 h 5 m	6.21	18.93	0.40	18.54	216	OK
0 h 10 m	9.22	28.10	0.80	27.30	216	OK
0 h 15 m	11.22	34.20	1.19	33.01	216	OK
0 h 20 m	12.83	39.09	1.59	37.50	216	OK
0 h 30 m	15.23	46.42	2.39	44.03	216	OK
0 h 40 m	17.23	52.53	3.18	49.35	216	OK
0 h 50 m	18.84	57.41	3.98	53.44	216	OK
1 h	19.97	60.86	4.77	56.09	216	OK
2 h	31.53	96.10	9.54	86.55	216	OK
4 h	39.94	121.72	19.09	102.64	216	OK
6 h	49.40	150.55	28.63	121.92	216	OK
8 h	58.86	179.38	38.18	141.21	216	OK
10 h	67.26	205.01	47.72	157.29	216	OK
12 h	73.57	224.23	57.26	166.96	216	OK
14 h	80.93	246.65	66.81	179.84	216	OK
18 h	93.54	285.09	85.89	199.19	216	OK
24 h	105.10	320.33	114.53	205.80	216	OK

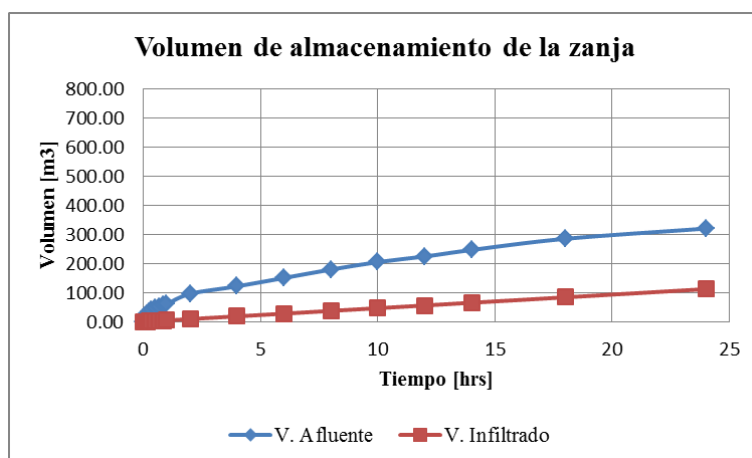


Figura 52: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo MH 47.2 (mm/hr).

Tabla 66: Parámetros, dimensión y verificación para dren 2 en un suelo MH 47.2 (mm/hr).

Cs	0.75	Factor de seguridad				
A	3174.25	Área impermeable				
f	23.6	Capacidad de infiltración				
Az	389.8	Área percolada				
h	2	Alto dren				
b	14.2	Ancho dren				
L	30	Largo dren				
p	0.3	Porosidad				
Duración (hrs, min)	Concepción Pt(mm)	Vafl (m ³)	Vinf (m ³)	Valm (m ³)	Vacu (m ³)	Verificación
0 h 0 m	0.00	0.00	0.00	0.00	255.6	OK
0 h 5 m	6.21	24.65	0.57	24.07	255.6	OK
0 h 10 m	9.22	36.58	1.15	35.43	255.6	OK
0 h 15 m	11.22	44.53	1.72	42.80	255.6	OK
0 h 20 m	12.83	50.89	2.30	48.59	255.6	OK
0 h 30 m	15.23	60.43	3.45	56.98	255.6	OK
0 h 40 m	17.23	68.38	4.60	63.78	255.6	OK
0 h 50 m	18.84	74.74	5.75	68.99	255.6	OK
1 h	19.97	79.23	6.90	72.33	255.6	OK
2 h	31.53	125.11	13.80	111.31	255.6	OK
4 h	39.94	158.47	27.60	130.87	255.6	OK
6 h	49.40	196.00	41.40	154.60	255.6	OK
8 h	58.86	233.53	55.20	178.33	255.6	OK
10 h	67.26	266.89	68.99	197.90	255.6	OK
12 h	73.57	291.91	82.79	209.12	255.6	OK
14 h	80.93	321.10	96.59	224.51	255.6	OK
18 h	93.54	371.15	124.19	246.95	255.6	OK
24 h	105.10	417.02	165.59	251.43	255.6	OK

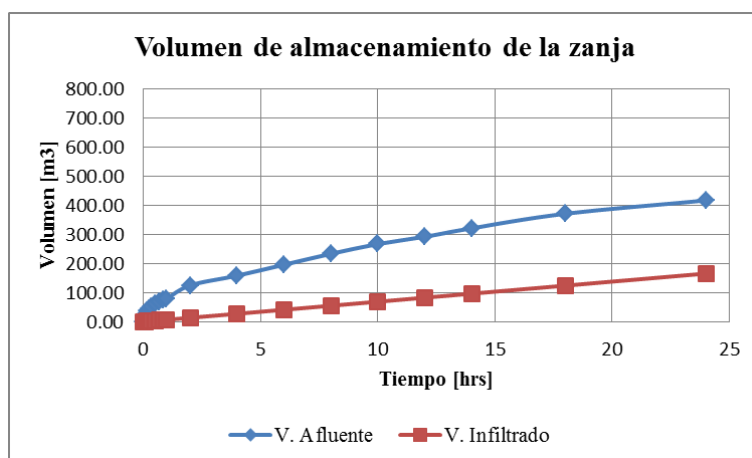


Figura 53: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo MH 47.2 (mm/hr).

Tabla 67: Parámetros, dimensión y verificación para dren 2 en un suelo MH 47.2 (mm/hr).

Cs	0.75	Factor de seguridad				
A	3174.25	Área impermeable				
f	23.6	Capacidad de infiltración				
Az	234	Área percolada				
h	2	Alto dren				
b	6	Ancho dren				
L	30	Largo dren				
p	0.9	Porosidad				
Duración (hrs, min)	Concepción Pt(mm)	Vafl (m ³)	Vinf (m ³)	Valm (m ³)	Vacu (m ³)	Verificación
0 h 0 m	0.00	0.00	0.00	0.00	324	OK
0 h 5 m	6.21	24.65	0.35	24.30	324	OK
0 h 10 m	9.22	36.58	0.69	35.89	324	OK
0 h 15 m	11.22	44.53	1.04	43.49	324	OK
0 h 20 m	12.83	50.89	1.38	49.51	324	OK
0 h 30 m	15.23	60.43	2.07	58.36	324	OK
0 h 40 m	17.23	68.38	2.76	65.62	324	OK
0 h 50 m	18.84	74.74	3.45	71.29	324	OK
1 h	19.97	79.23	4.14	75.09	324	OK
2 h	31.53	125.11	8.28	116.82	324	OK
4 h	39.94	158.47	16.57	141.90	324	OK
6 h	49.40	196.00	24.85	171.15	324	OK
8 h	58.86	233.53	33.13	200.40	324	OK
10 h	67.26	266.89	41.42	225.47	324	OK
12 h	73.57	291.91	49.70	242.21	324	OK
14 h	80.93	321.10	57.99	263.12	324	OK
18 h	93.54	371.15	74.55	296.59	324	OK
24 h	105.10	417.02	99.40	317.61	324	OK

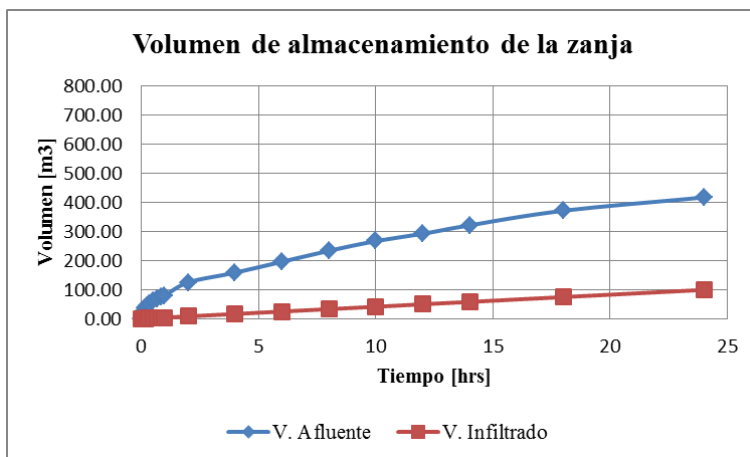


Figura 54: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo MH 47.2 (mm/hr).

En las siguientes tablas se muestran los parámetros, dimensiones y verificación para un suelo MH con una capacidad de infiltración de 15.4 [mm/hr]:

Tabla 68: Parámetros, dimensión y verificación para dren 1 en un suelo MH 15.4 (mm/hr).

Cs	0.75	Factor de seguridad				
A	2438.25	Área impermeable				
f	7.7	Capacidad de infiltración				
Az	455.2	Área percolada				
h	2	Alto dren				
b	8.8	Ancho dren				
L	50	Largo dren				
p	0.3	Porosidad				
Duración (hrs, min)	Concepción Pt(mm)	Vall (m3)	Vinf (m3)	Valm (m3)	Vacu (m3)	Verificación
0 h 0 m	0.00	0.00	0.00	0.00	264	OK
0 h 5 m	6.21	18.93	0.22	18.71	264	OK
0 h 10 m	9.22	28.10	0.44	27.66	264	OK
0 h 15 m	11.22	34.20	0.66	33.55	264	OK
0 h 20 m	12.83	39.09	0.88	38.21	264	OK
0 h 30 m	15.23	46.42	1.31	45.10	264	OK
0 h 40 m	17.23	52.53	1.75	50.77	264	OK
0 h 50 m	18.84	57.41	2.19	55.22	264	OK
1 h	19.97	60.86	2.63	58.23	264	OK
2 h	31.53	96.10	5.26	90.84	264	OK
4 h	39.94	121.72	10.52	111.21	264	OK
6 h	49.40	150.55	15.77	134.78	264	OK
8 h	58.86	179.38	21.03	158.35	264	OK
10 h	67.26	205.01	26.29	178.72	264	OK
12 h	73.57	224.23	31.55	192.68	264	OK
14 h	80.93	246.65	36.80	209.85	264	OK
18 h	93.54	285.09	47.32	237.77	264	OK
24 h	105.10	320.33	63.09	257.23	264	OK

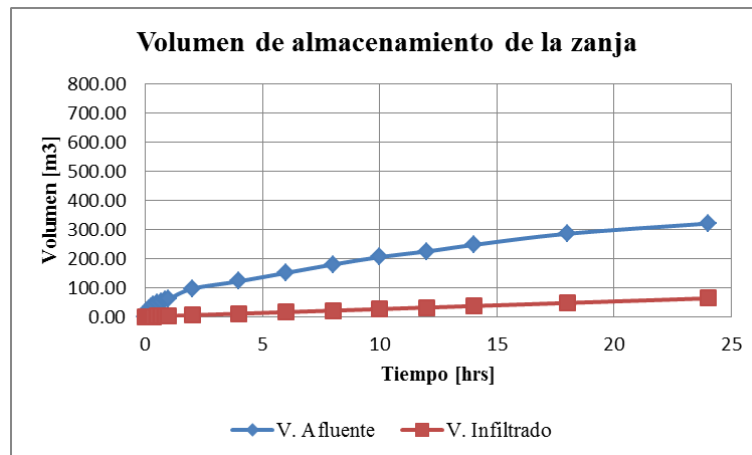


Figura 55: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo MH 15.4 (mm/hr).

Tabla 69: Parámetros, dimensión y verificación para dren 1 en un suelo MH 15.4 (mm/hr).

Cs	0.75	Factor de seguridad				
A	2438.25	Área impermeable				
f	7.7	Capacidad de infiltración				
Az	292.8	Área percolada				
h	2	Alto dren				
b	3.2	Ancho dren				
L	50	Largo dren				
p	0.9	Porosidad				
Duración (hrs, min)	Concepción Pt(mm)	Vafl (m ³)	Vinf (m ³)	Valm (m ³)	Vacu (m ³)	Verificación
0 h 0 m	0.00	0.00	0.00	0.00	288	OK
0 h 5 m	6.21	18.93	0.14	18.79	288	OK
0 h 10 m	9.22	28.10	0.28	27.81	288	OK
0 h 15 m	11.22	34.20	0.42	33.78	288	OK
0 h 20 m	12.83	39.09	0.56	38.53	288	OK
0 h 30 m	15.23	46.42	0.85	45.57	288	OK
0 h 40 m	17.23	52.53	1.13	51.40	288	OK
0 h 50 m	18.84	57.41	1.41	56.00	288	OK
1 h	19.97	60.86	1.69	59.17	288	OK
2 h	31.53	96.10	3.38	92.72	288	OK
4 h	39.94	121.72	6.76	114.96	288	OK
6 h	49.40	150.55	10.15	140.41	288	OK
8 h	58.86	179.38	13.53	165.85	288	OK
10 h	67.26	205.01	16.91	188.10	288	OK
12 h	73.57	224.23	20.29	203.94	288	OK
14 h	80.93	246.65	23.67	222.98	288	OK
18 h	93.54	285.09	30.44	254.65	288	OK
24 h	105.10	320.33	40.58	279.74	288	OK

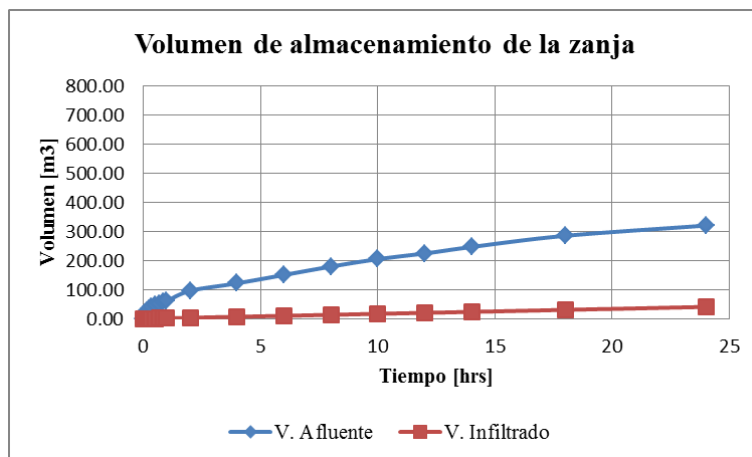


Figura 56: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo MH 15.4 (mm/hr).

Tabla 70: Parámetros, dimensión y verificación para dren 2 en un suelo MH 15.4 (mm/hr).

Cs	0.75	Factor de seguridad				
A	3174.25	Área impermeable				
f	7.7	Capacidad de infiltración				
Az	500	Área percolada				
h	2	Alto dren				
b	20	Ancho dren				
L	30	Largo dren				
p	0.3	Porosidad				
Duración (hrs, min)	Concepción Pt(mm)	Vafl (m ³)	Vinf (m ³)	Valm (m ³)	Vacu (m ³)	Verificación
0 h 0 m	0.00	0.00	0.00	0.00	360	OK
0 h 5 m	6.21	24.65	0.24	24.41	360	OK
0 h 10 m	9.22	36.58	0.48	36.10	360	OK
0 h 15 m	11.22	44.53	0.72	43.81	360	OK
0 h 20 m	12.83	50.89	0.96	49.93	360	OK
0 h 30 m	15.23	60.43	1.44	58.99	360	OK
0 h 40 m	17.23	68.38	1.93	66.46	360	OK
0 h 50 m	18.84	74.74	2.41	72.34	360	OK
1 h	19.97	79.23	2.89	76.35	360	OK
2 h	31.53	125.11	5.78	119.33	360	OK
4 h	39.94	158.47	11.55	146.92	360	OK
6 h	49.40	196.00	17.33	178.67	360	OK
8 h	58.86	233.53	23.10	210.43	360	OK
10 h	67.26	266.89	28.88	238.02	360	OK
12 h	73.57	291.91	34.65	257.26	360	OK
14 h	80.93	321.10	40.43	280.68	360	OK
18 h	93.54	371.15	51.98	319.17	360	OK
24 h	105.10	417.02	69.30	347.72	360	OK

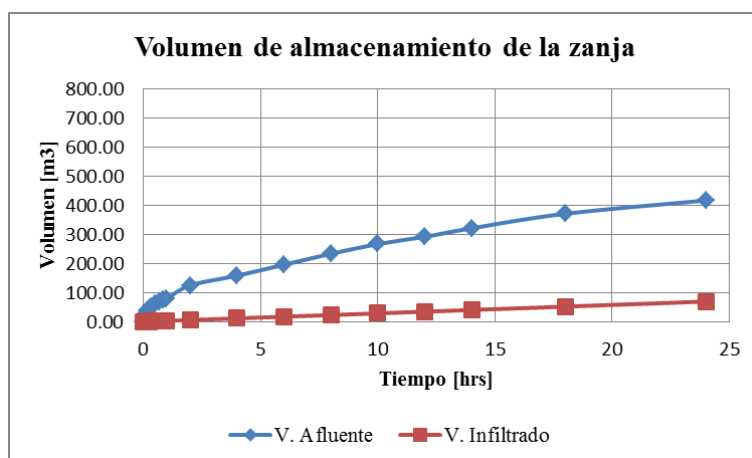


Figura 57: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo MH 15.4 (mm/hr).

Tabla 71: Parámetros, dimensión y verificación para dren 2 en un suelo MH 15.4 (mm/hr).

Cs	0.75	Factor de seguridad				
A	3174.25	Área impermeable				
f	7.7	Capacidad de infiltración				
Az	262.5	Área percolada				
h	2	Alto dren				
b	7.5	Ancho dren				
L	30	Largo dren				
p	0.9	Porosidad				
Duración (hrs, min)	Concepción Pt(mm)	Vafl (m ³)	Vinf (m ³)	Valm (m ³)	Vacu (m ³)	Verificación
0 h 0 m	0.00	0.00	0.00	0.00	405	OK
0 h 5 m	6.21	24.65	0.13	24.52	405	OK
0 h 10 m	9.22	36.58	0.25	36.32	405	OK
0 h 15 m	11.22	44.53	0.38	44.15	405	OK
0 h 20 m	12.83	50.89	0.51	50.38	405	OK
0 h 30 m	15.23	60.43	0.76	59.67	405	OK
0 h 40 m	17.23	68.38	1.01	67.37	405	OK
0 h 50 m	18.84	74.74	1.26	73.48	405	OK
1 h	19.97	79.23	1.52	77.72	405	OK
2 h	31.53	125.11	3.03	122.07	405	OK
4 h	39.94	158.47	6.06	152.40	405	OK
6 h	49.40	196.00	9.10	186.90	405	OK
8 h	58.86	233.53	12.13	221.40	405	OK
10 h	67.26	266.89	15.16	251.73	405	OK
12 h	73.57	291.91	18.19	273.72	405	OK
14 h	80.93	321.10	21.22	299.88	405	OK
18 h	93.54	371.15	27.29	343.86	405	OK
24 h	105.10	417.02	36.38	380.63	405	OK

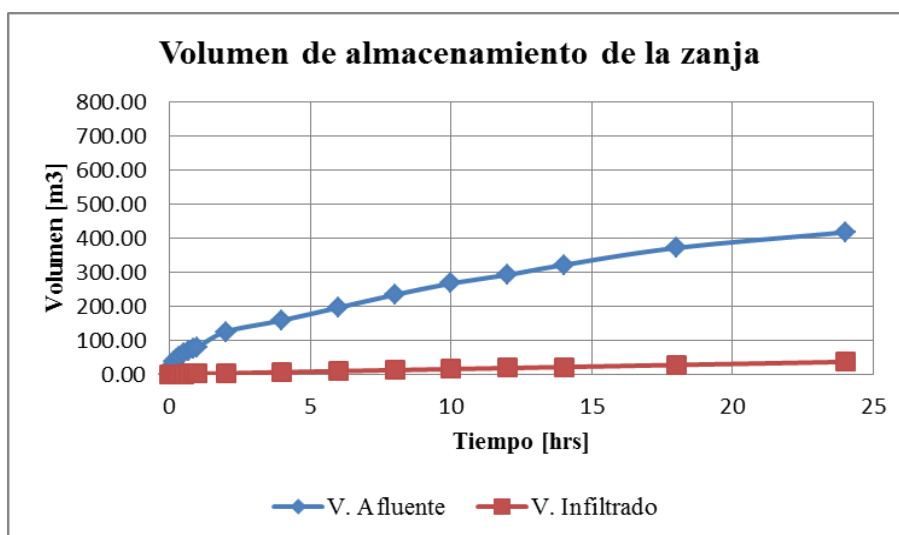


Figura 58: Volumen de almacenamiento de la zanja para suelo MH 15.4 (mm/hr).

9.2 Costos de instalación

Se adjuntan las tablas de presupuesto para los diferentes tipos de suelos.

Presupuesto para zanja con bolón.

Suelo GP 185 mm/hr:

Tabla 72: Presupuesto suelo GP 185 (mm/hr).

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio (UF)	
				Unitario	Subtotal
1	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1.1	Excavación de zanja	m3	1049	0.364	381.647
1.2	Retiro de excedentes	m3	1169	0.277	323.873
				Subtotal	705.520
2	SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y PRUEBAS				
2.1	Geotextil	m2	945	0.023	21.938
2.2	Bolones	m3	609	0.951	579.178
2.3	Filtro granular de grava	m3	153	0.634	97.005
2.4	Arena gruesa y limpia	m3	184	0.457	84.029
2.5	Cañería PVC clase I D=315 mm	ml	115	2.158	248.169
2.6	Cañería drenaje PVC clase I D=315 mm	ml	88	2.158	189.903
2.7	Alfombra de pasto natural	m2	305	0.069	20.893
				Subtotal	1241.114
3	OTROS				
3.1	Sumidero tipo S-3	unidad	5	12.856	64.280
3.2	Rejilla Fe fdo. Sumidero S-3	unidad	5	6.274	31.370
3.3	Cámara de inspección tipo "b" c/decantador	unidad	6	32.260	193.560
				Subtotal	289.210
	RESUMEN				
1	Subtotal movimiento de tierra				705.520
2	Subtotal suministro, transporte y colocación				1241.114
3	Subtotal otros				289.210
	VALOR TOTAL				2235.844

Suelo GP-GM 100 mm/hr:

Tabla 73: Presupuesto suelo GP-GM 100 (mm/hr).

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio (UF)	
				Unitario	Subtotal
1	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1.1	Excavación de zanja	m3	1530	0.364	556.644
1.2	Retiro de excedentes	m3	1725	0.277	477.913
					Subtotal 1034.557
2	SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y PRUEBAS				
2.1	Geotextil	m2	1271	0.023	29.506
2.2	Bolones	m3	935	0.951	889.214
2.3	Filtro granular de grava	m3	234	0.634	148.361
2.4	Arena gruesa y limpia	m3	281	0.457	128.326
2.5	Cañería PVC clase I D=315 mm	ml	115	2.158	248.169
2.6	Cañería drenaje PVC clase I D=315 mm	ml	88	2.158	189.903
2.7	Alfombra de pasto natural	m2	468	0.069	32.059
					Subtotal 1665.538
3	OTROS				
3.1	Sumidero tipo S-3	unidad	5	12.856	64.280
3.2	Rejilla Fe fdo. Sumidero S-3	unidad	5	6.274	31.370
3.3	Cámara de inspección tipo "b" c/decantador	unidad	6	32.260	193.560
					Subtotal 289.210
	RESUMEN				
1	Subtotal movimiento de tierra				1034.557
2	Subtotal suministro, transporte y colocación				1665.538
3	Subtotal otros				289.210
VALOR TOTAL				2989.305	

Suelo GM 217 mm/hr:

Tabla 74: Presupuesto suelo GM 217 (mm/hr).

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio (UF)	
				Unitario	Subtotal
1	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1.1	Excavación de zanja	m3	944	0.364	343.446
1.2	Retiro de excedentes	m3	953	0.277	264.030
					Subtotal 607.475
2	SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y PRUEBAS				
2.1	Geotextil	m2	874	0.023	20.289
2.2	Bolones	m3	538	0.951	511.655
2.3	Filtro granular de grava	m3	135	0.634	85.593
2.4	Arena gruesa y limpia	m3	162	0.457	73.982
2.5	Cañería PVC clase I D=315 mm	ml	115	2.158	248.169
2.6	Cañería drenaje PVC clase I D=315 mm	ml	88	2.158	189.903
2.7	Alfombra de pasto natural	m2	269	0.069	18.427
					Subtotal 1148.018
3	OTROS				
3.1	Sumidero tipo S-3	unidad	5	12.856	64.280
3.2	Rejilla Fe fdo. Sumidero S-3	unidad	5	6.274	31.370
3.3	Cámara de inspección tipo "b" c/decantador	unidad	6	32.260	193.560
					Subtotal 289.210
	RESUMEN				
1	Subtotal movimiento de tierra				607.475
2	Subtotal suministro, transporte y colocación				1148.018
3	Subtotal otros				289.210
VALOR TOTAL				2044.703	

Suelo GM 153 mm/hr:

Tabla 75: Presupuesto suelo GM 153 (mm/hr).

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio (UF)	
				Unitario	Subtotal
1	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1.1	Excavación de zanja	m3	1142	0.364	415.4821277
1.2	Retiro de excedentes	m3	1191	0.277	329.9677472
					Subtotal 745.4498749
2	SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y PRUEBAS				
2.1	Geotextil	m2	1008	0.023	23.400
2.2	Bolones	m3	672	0.951	639.093
2.3	Filtro granular de grava	m3	169	0.634	107.149
2.4	Arena gruesa y limpia	m3	203	0.457	92.706
2.5	Cañería PVC clase I D=315 mm	ml	115	2.158	248.169
2.6	Cañería drenaje PVC clase I D=315 mm	ml	88	2.158	189.903
2.7	Alfombra de pasto natural	m2	337	0.069	23.085
					Subtotal 1323.505
3	OTROS				
3.1	Sumidero tipo S-3	unidad	5	12.856	64.280
3.2	Rejilla Fe fdo. Sumidero S-3	unidad	5	6.274	31.370
3.3	Cámara de inspección tipo "b" c/decantador	unidad	6	32.260	193.560
					Subtotal 289.21
	RESUMEN				
1	Subtotal movimiento de tierra				745.450
2	Subtotal suministro, transporte y colocación				1323.505
3	Subtotal otros				289.210
	VALOR TOTAL			2358.165	

Suelo SM 44 mm/hr:

Tabla 76: Presupuesto suelo SM 44 (mm/hr).

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio (UF)	
				Unitario	Subtotal
1	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1.1	Excavación de zanja	m3	2475	0.364	900.4538232
1.2	Retiro de excedentes	m3	2674	0.277	740.8343878
					Subtotal 1641.288211
2	SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y PRUEBAS				
2.1	Geotextil	m2	1911	0.023	44.363
2.2	Bolones	m3	1575	0.951	1497.874
2.3	Filtro granular de grava	m3	395	0.634	250.438
2.4	Arena gruesa y limpia	m3	473	0.457	216.008
2.5	Cañería PVC clase I D=315 mm	ml	115	2.158	248.169
2.6	Cañería drenaje PVC clase I D=315 mm	ml	88	2.158	189.903
2.7	Alfombra de pasto natural	m2	788	0.069	53.979
					Subtotal 2500.734
3	OTROS				
3.1	Sumidero tipo S-3	unidad	5	12.856	64.280
3.2	Rejilla Fe fdo. Sumidero S-3	unidad	5	6.274	31.370
3.3	Cámara de inspección tipo "b" c/decantador	unidad	6	32.260	193.560
					Subtotal 289.21
	RESUMEN				
1	Subtotal movimiento de tierra				1641.288
2	Subtotal suministro, transporte y colocación				2500.734
3	Subtotal otros				289.210
	VALOR TOTAL			4431.233	

Suelo SM 39.3 mm/hr:

Tabla 77: Presupuesto suelo SM 39.3 (mm/hr).

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio (UF)	
				Unitario	Subtotal
1	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1.1	Excavación de zanja	m3	2525	0.364	918.6448096
1.2	Retiro de excedentes	m3	2732	0.277	756.9033461
					Subtotal 1675.548156
2	SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y PRUEBAS				
2.1	Geotextil	m2	1945	0.023	45.152
2.2	Bolones	m3	1609	0.951	1530.209
2.3	Filtro granular de grava	m3	403	0.634	255.510
2.4	Arena gruesa y limpia	m3	484	0.457	221.032
2.5	Cañería PVC clase I D=315 mm	ml	115	2.158	248.169
2.6	Cañería drenaje PVC clase I D=315 mm	ml	88	2.158	189.903
2.7	Alfombra de pasto natural	m2	805	0.069	55.144
					Subtotal 2545.119
3	OTROS				
3.1	Sumidero tipo S-3	unidad	5	12.856	64.280
3.2	Rejilla Fe fdo. Sumidero S-3	unidad	5	6.274	31.370
3.3	Cámara de inspección tipo "b" c/decantador	unidad	6	32.260	193.560
					Subtotal 289.21
	RESUMEN				
1	Subtotal movimiento de tierra				1675.548
2	Subtotal suministro, transporte y colocación				2545.119
3	Subtotal otros				289.21
	VALOR TOTAL				4509.877

Suelo MH 47.2 mm/hr:

Tabla 78: Presupuesto suelo MH 47.2 (mm/hr).

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio (UF)	
				Unitario	Subtotal
1	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1.1	Excavación de zanja	m3	2370	0.364	862.252752
1.2	Retiro de excedentes	m3	2442	0.277	676.5585546
					Subtotal 1538.811307
2	SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y PRUEBAS				
2.1	Geotextil	m2	1840	0.023	42.715
2.2	Bolones	m3	1504	0.951	1430.350
2.3	Filtro granular de grava	m3	377	0.634	239.026
2.4	Arena gruesa y limpia	m3	452	0.457	206.418
2.5	Cañería PVC clase I D=315 mm	ml	115	2.158	248.169
2.6	Cañería drenaje PVC clase I D=315 mm	ml	88	2.158	189.903
2.7	Alfombra de pasto natural	m2	448	0.069	30.689
					Subtotal 2387.270
3	OTROS				
3.1	Sumidero tipo S-3	unidad	5	12.856	64.280
3.2	Rejilla Fe fdo. Sumidero S-3	unidad	5	6.274	31.370
3.3	Cámara de inspección tipo "b" c/decantador	unidad	6	32.260	193.560
					Subtotal 289.21
	RESUMEN				
1	Subtotal movimiento de tierra				1538.811
2	Subtotal suministro, transporte y colocación				2387.270
3	Subtotal otros				289.210
	VALOR TOTAL				4215.291

Suelo MH 15.4 mm/hr:

Tabla 79: Presupuesto suelo MH 15.4 (mm/hr).

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio (UF)	
				Unitario	Subtotal
1	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1.1	Excavación de zanja	m3	3374	0.364	1227.527757
1.2	Retiro de excedentes	m3	3547	0.277	982.6999153
					Subtotal 2210.227673
2	SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y PRUEBAS				
2.1	Geotextil	m2	2520	0.023	58.500
2.2	Bolones	m3	2184	0.951	2077.051
2.3	Filtro granular de grava	m3	546	0.634	346.175
2.4	Arena gruesa y limpia	m3	656	0.457	299.580
2.5	Cañería PVC clase I D=315 mm	ml	115	2.158	248.169
2.6	Cañería drenaje PVC clase I D=315 mm	ml	88	2.158	189.903
2.7	Alfombra de pasto natural	m2	630	0.069	43.156
					Subtotal 3262.536
3	OTROS				
3.1	Sumidero tipo S-3	unidad	5	12.856	64.280
3.2	Rejilla Fe fdo. Sumidero S-3	unidad	5	6.274	31.370
3.3	Cámara de inspección tipo "b" c/decantador	unidad	6	32.260	193.560
					Subtotal 289.21
	RESUMEN				
1	Subtotal movimiento de tierra				2210.228
2	Subtotal suministro, transporte y colocación				3262.536
3	Subtotal otros				289.210
VALOR TOTAL				5761.973	

Presupuesto para zanja con cubo.

Suelo GP 185 mm/hr:

Tabla 80: Presupuesto suelo GP 185 (mm/hr).

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio (UF)	
				Unitario	Subtotal
1	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1.1	Excavación de zanja	m3	650	0.364	236.483
1.2	Retiro de excedentes	m3	650	0.277	180.083
					Subtotal 416.566
2	SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y PRUEBAS				
2.1	Geotextil	m2	580	0.023	13.464
2.2	Cubo Insytec	m3	278	2.607	724.815
2.3	Filtro granular de grava	m3	71	0.634	45.015
2.4	Arena gruesa y limpia	m3	103	0.457	47.038
2.5	Cañería PVC clase I D=315 mm	ml	115	2.158	248.169
2.6	Cañería drenaje PVC clase I D=315 mm	ml	88	2.158	189.903
2.7	Alfombra de pasto natural	m2	140	0.069	9.590
					Subtotal 1277.995
3	OTROS				
3.1	Sumidero tipo S-3	unidad	5	12.856	64.280
3.2	Rejilla Fe fdo. Sumidero S-3	unidad	5	6.274	31.370
3.3	Cámara de inspección tipo "b" c/decantador	unidad	6	32.260	193.560
					Subtotal 289.210
	RESUMEN				
1	Subtotal movimiento de tierra				416.566
2	Subtotal suministro, transporte y colocación				1277.995
3	Subtotal otros				289.210
	VALOR TOTAL			1983.771	

Suelo GP-GM 100 mm/hr:

Tabla 81: Presupuesto suelo GP-GM 100 (mm/hr).

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio (UF)	
				Unitario	Subtotal
1	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1.1	Exacación de zanja	m3	876	0.364	318.706
1.2	Retiro de excedentes	m3	908	0.277	251.562
					Subtotal 570.268
2	SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y PRUEBAS				
2.1	Geotextil	m2	761	0.023	17.666
2.2	Cubo Insyttec	m3	425	2.607	1108.080
2.3	Filtro granular de grava	m3	107	0.634	67.840
2.4	Arena gruesa y limpia	m3	148	0.457	67.588
2.5	Cañería PVC clase I D=315 mm	ml	115	2.158	248.169
2.6	Cañería drenaje PVC clase I D=315 mm	ml	88	2.158	189.903
2.7	Alfombra de pasto natural	m2	213	0.069	14.591
					Subtotal 1713.838
3	OTROS				
3.1	Sumidero tipo S-3	unidad	5	12.856	64.280
3.2	Rejilla Fe fdo. Sumidero S-3	unidad	5	6.274	31.370
3.3	Cámara de inspección tipo "b" c/decantador	unidad	6	32.260	193.560
					Subtotal 289.210
	RESUMEN				
1	Subtotal movimiento de tierra				570.268
2	Subtotal suministro, transporte y colocación				1713.838
3	Subtotal otros				289.210
	VALOR TOTAL				2573.316

Suelo GM 217 mm/hr:

Tabla 82: Presupuesto suelo GM 217 (mm/hr).

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio (UF)	
				Unitario	Subtotal
1	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1.1	Exacación de zanja	m3	585	0.364	212.835
1.2	Retiro de excedentes	m3	522	0.277	144.621
					Subtotal 357.455
2	SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y PRUEBAS				
2.1	Geotextil	m2	524	0.023	12.164
2.2	Cubo Insyttec	m3	238	2.607	620.525
2.3	Filtro granular de grava	m3	60	0.634	38.041
2.4	Arena gruesa y limpia	m3	89	0.457	40.644
2.5	Cañería PVC clase I D=315 mm	ml	115	2.158	248.169
2.6	Cañería drenaje PVC clase I D=315 mm	ml	88	2.158	189.903
2.7	Alfombra de pasto natural	m2	119	0.069	8.152
					Subtotal 1157.599
3	OTROS				
3.1	Sumidero tipo S-3	unidad	5	12.856	64.280
3.2	Rejilla Fe fdo. Sumidero S-3	unidad	5	6.274	31.370
3.3	Cámara de inspección tipo "b" c/decantador	unidad	6	32.260	193.560
					Subtotal 289.210
	RESUMEN				
1	Subtotal movimiento de tierra				357.455
2	Subtotal suministro, transporte y colocación				1157.599
3	Subtotal otros				289.210
	VALOR TOTAL				1804.264

Suelo GM 153 mm/hr:

Tabla 83: Presupuesto suelo GM 153 (mm/hr).

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio (UF)	
				Unitario	Subtotal
1	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1.1	Excavación de zanja	m3	713	0.364	259.403
1.2	Retiro de excedentes	m3	676	0.277	187.286
					Subtotal 446.690
2	SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y PRUEBAS				
2.1	Geotextil	m2	644	0.023	14.950
2.2	Cubo Insyttec	m3	316	2.607	823.890
2.3	Filtro granular de grava	m3	80	0.634	50.722
2.4	Arena gruesa y limpia	m3	115	0.457	52.518
2.5	Cañería PVC clase I D=315 mm	ml	115	2.158	248.169
2.6	Cañería drenaje PVC clase I D=315 mm	ml	88	2.158	189.903
2.7	Alfombra de pasto natural	m2	159	0.069	10.892
					Subtotal 1391.044
3	OTROS				
3.1	Sumidero tipo S-3	unidad	5	12.856	64.280
3.2	Rejilla Fe fdo. Sumidero S-3	unidad	5	6.274	31.370
3.3	Cámara de inspección tipo "b" c/decantador	unidad	6	32.260	193.560
					Subtotal 289.210
	RESUMEN				
1	Subtotal movimiento de tierra				446.690
2	Subtotal suministro, transporte y colocación				1391.044
3	Subtotal otros				289.210
	VALOR TOTAL				2126.944

Suelo SM 44 mm/hr:

Tabla 84: Presupuesto suelo SM 44 (mm/hr).

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio (UF)	
				Unitario	Subtotal
1	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1.1	Excavación de zanja	m3	1198	0.364	435.856
1.2	Retiro de excedentes	m3	1206	0.277	334.124
					Subtotal 769.980
2	SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y PRUEBAS				
2.1	Geotextil	m2	979	0.023	22.727
2.2	Cubo Insyttec	m3	643	2.607	1676.460
2.3	Filtro granular de grava	m3	161	0.634	102.077
2.4	Arena gruesa y limpia	m3	214	0.457	97.729
2.5	Cañería PVC clase I D=315 mm	ml	115	2.158	248.169
2.6	Cañería drenaje PVC clase I D=315 mm	ml	88	2.158	189.903
2.7	Alfombra de pasto natural	m2	322	0.069	22.058
					Subtotal 2359.123
3	OTROS				
3.1	Sumidero tipo S-3	unidad	5	12.856	64.280
3.2	Rejilla Fe fdo. Sumidero S-3	unidad	5	6.274	31.370
3.3	Cámara de inspección tipo "b" c/decantador	unidad	6	32.260	193.560
					Subtotal 289.210
	RESUMEN				
1	Subtotal movimiento de tierra				769.980
2	Subtotal suministro, transporte y colocación				2359.123
3	Subtotal otros				289.210
	VALOR TOTAL				3418.313

Suelo SM 39.3 mm/hr:

Tabla 85: Presupuesto suelo SM 39.3 (mm/hr).

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio (UF)	
				Unitario	Subtotal
1	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1.1	Excavación de zanja	m3	1214	0.364	441.677
1.2	Retiro de excedentes	m3	1224	0.277	339.110
					Subtotal 780.788
2	SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y PRUEBAS				
2.1	Geotextil	m2	990	0.023	22.982
2.2	Cubo Insyttec	m3	654	2.607	1705.140
2.3	Filtro granular de grava	m3	164	0.634	103.979
2.4	Arena gruesa y limpia	m3	217	0.457	99.099
2.5	Cañería PVC clase I D=315 mm	ml	115	2.158	248.169
2.6	Cañería drenaje PVC clase I D=315 mm	ml	88	2.158	189.903
2.7	Alfombra de pasto natural	m2	328	0.069	22.469
					Subtotal 2391.742
3	OTROS				
3.1	Sumidero tipo S-3	unidad	5	12.856	64.280
3.2	Rejilla Fe fdo. Sumidero S-3	unidad	5	6.274	31.370
3.3	Cámara de inspección tipo "b" c/decantador	unidad	6	32.260	193.560
					Subtotal 289.210
	RESUMEN				
1	Subtotal movimiento de tierra				780.788
2	Subtotal suministro, transporte y colocación				2391.742
3	Subtotal otros				289.210
	VALOR TOTAL			3461.739	

Suelo MH 47.2 mm/hr:

Tabla 86: Presupuesto suelo MH 47.2 (mm/hr).

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio (UF)	
				Unitario	Subtotal
1	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1.1	Excavación de zanja	m3	1149	0.364	418.029
1.2	Retiro de excedentes	m3	1206	0.277	334.124
					Subtotal 752.152
2	SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y PRUEBAS				
2.1	Geotextil	m2	945	0.023	21.938
2.2	Cubo Insyttec	m3	609	2.607	1587.814
2.3	Filtro granular de grava	m3	153	0.634	97.005
2.4	Arena gruesa y limpia	m3	203	0.457	92.706
2.5	Cañería PVC clase I D=315 mm	ml	115	2.158	248.169
2.6	Cañería drenaje PVC clase I D=315 mm	ml	88	2.158	189.903
2.7	Alfombra de pasto natural	m2	305	0.069	20.893
					Subtotal 2258.428
3	OTROS				
3.1	Sumidero tipo S-3	unidad	5	12.856	64.280
3.2	Rejilla Fe fdo. Sumidero S-3	unidad	5	6.274	31.370
3.3	Cámara de inspección tipo "b" c/decantador	unidad	6	32.260	193.560
					Subtotal 289.210
	RESUMEN				
1	Subtotal movimiento de tierra				752.152
2	Subtotal suministro, transporte y colocación				2258.428
3	Subtotal otros				289.210
	VALOR TOTAL			3299.790	

Suelo MH 15.4 mm/hr:

Tabla 87: Presupuesto suelo MH 15.4 (mm/hr).

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio (UF)	
				Unitario	Subtotal
1	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1.1	Excavación de zanja	m3	1443	0.364	524.992
1.2	Retiro de excedentes	m3	1423	0.277	394.244
				Subtotal	919.235
2	SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y PRUEBAS				
2.1	Geotextil	m2	1145	0.023	26.581
2.2	Cubo Insytec	m3	809	2.607	2109.264
2.3	Filtro granular de grava	m3	203	0.634	128.706
2.4	Arena gruesa y limpia	m3	264	0.457	120.563
2.5	Cañería PVC clase I D=315 mm	ml	115	2.158	248.169
2.6	Cañería drenaje PVC clase I D=315 mm	ml	88	2.158	189.903
2.7	Alfombra de pasto natural	m2	405	0.069	27.743
				Subtotal	2850.928
3	OTROS				
3.1	Sumidero tipo S-3	unidad	5	12.856	64.280
3.2	Rejilla Fe fdo. Sumidero S-3	unidad	5	6.274	31.370
3.3	Cámara de inspección tipo "b" c/decantador	unidad	6	32.260	193.560
				Subtotal	289.210
	RESUMEN				
1	Subtotal movimiento de tierra				919.235
2	Subtotal suministro, transporte y colocación				2850.928
3	Subtotal otros				289.210
VALOR TOTAL			4059.374		

9.3 Costos de mantención

Presupuesto para la mantención curativa de la obra e infiltración.

Para zanja de infiltración con bolón.

Suelo GP 185 mm/hr:

Tabla 88: Presupuesto suelo GP 185 (mm/hr).

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio (UF)	
				Unitario	Subtotal
1	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1.1	Excavación de zanja	m3	899	0.364	327.074
1.2	Retiro de excedentes	m3	1169	0.277	323.873
				Subtotal	650.947
2	SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y PRUEBAS				
2.1	Geotextil	m2	945	0.023	21.938
2.2	Bolones	m3	609	0.951	579.178
2.3	Filtro granular de grava	m3	153	0.634	97.005
2.4	Arena gruesa y limpia	m3	184	0.457	84.029
2.5	Alfombra de pasto natural	m2	305	0.069	20.893
				Subtotal	803.042
3	OTROS				
				Subtotal	0.000
	RESUMEN				
1	Subtotal movimiento de tierra				650.947
2	Subtotal suministro, transporte y colocación				803.042
3	Subtotal otros				0.000
VALOR TOTAL			1453.989		

Suelo GP-GM 100 mm/hr:

Tabla 89: Presupuesto suelo GP-GM 100 (mm/hr).

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio (UF)	
				Unitario	Subtotal
1	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1.1	Exacación de zanja	m ³	1380	0.364	502.071
1.2	Retiro de excedentes	m ³	1725	0.277	477.913
				Subtotal	979.984
2	SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y PRUEBAS				
2.1	Geotextil	m ²	1271	0.023	29.506
2.2	Bolones	m ³	935	0.951	889.214
2.3	Filtro granular de grava	m ³	234	0.634	148.361
2.4	Arena gruesa y limpia	m ³	281	0.457	128.326
2.5	Alfombra de pasto natural	m ²	468	0.069	32.059
				Subtotal	1227.465
3	OTROS				
				Subtotal	0.000
	RESUMEN				
1	Subtotal movimiento de tierra				979.984
2	Subtotal suministro, transporte y colocación				1227.465
3	Subtotal otros				0.000
	VALOR TOTAL				2207.450

Suelo GM 217 mm/hr:

Tabla 90: Presupuesto suelo GM 217 (mm/hr).

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio (UF)	
				Unitario	Subtotal
1	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1.1	Exacación de zanja	m ³	794	0.364	288.873
1.2	Retiro de excedentes	m ³	953	0.277	264.030
				Subtotal	552.902
2	SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y PRUEBAS				
2.1	Geotextil	m ²	874	0.023	20.289
2.2	Bolones	m ³	538	0.951	511.655
2.3	Filtro granular de grava	m ³	135	0.634	85.593
2.4	Arena gruesa y limpia	m ³	162	0.457	73.982
2.5	Alfombra de pasto natural	m ²	269	0.069	18.427
				Subtotal	709.945
3	OTROS				
				Subtotal	0
	RESUMEN				
1	Subtotal movimiento de tierra				552.902
2	Subtotal suministro, transporte y colocación				709.945
3	Subtotal otros				0.000
	VALOR TOTAL				1262.848

Suelo GM 153 mm/hr:

Tabla 91: Presupuesto suelo GM 153 (mm/hr).

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio (UF)	
				Unitario	Subtotal
1	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1.1	Exacación de zanja	m3	992	0.364	360.9091688
1.2	Retiro de excedentes	m3	1191	0.277	329.9677472
					Subtotal 690.8769159
2	SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y PRUEBAS				
2.1	Geotextil	m2	1008	0.023	23.400
2.2	Bolones	m3	672	0.951	639.093
2.3	Filtro granular de grava	m3	169	0.634	107.149
2.4	Arena gruesa y limpia	m3	203	0.457	92.706
2.5	Alfombra de pasto natural	m2	337	0.069	23.085
					Subtotal 885.433
3	OTROS				
					Subtotal 0
	RESUMEN				
1	Subtotal movimiento de tierra				690.877
2	Subtotal suministro, transporte y colocación				885.433
3	Subtotal otros				0.000
	VALOR TOTAL			1576.310	

Suelo SM 44 mm/hr:

Tabla 92: Presupuesto suelo SM 44 (mm/hr).

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio (UF)	
				Unitario	Subtotal
1	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1.1	Exacación de zanja	m3	2325	0.364	845.8808643
1.2	Retiro de excedentes	m3	2674	0.277	740.8343878
					Subtotal 1586.715252
2	SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y PRUEBAS				
2.1	Geotextil	m2	1911	0.023	44.363
2.2	Bolones	m3	1575	0.951	1497.874
2.3	Filtro granular de grava	m3	395	0.634	250.438
2.4	Arena gruesa y limpia	m3	473	0.457	216.008
2.5	Alfombra de pasto natural	m2	788	0.069	53.979
					Subtotal 2062.662
3	OTROS				
					Subtotal 0
	RESUMEN				
1	Subtotal movimiento de tierra				1586.715
2	Subtotal suministro, transporte y colocación				2062.662
3	Subtotal otros				0.000
	VALOR TOTAL			3649.377	

Suelo SM 39.3 mm/hr:

Tabla 93: Presupuesto suelo SM 39.3 (mm/hr).

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio (UF)	
				Unitario	Subtotal
1	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1.1	Exacación de zanja	m3	2375	0.364	864.0718506
1.2	Retiro de excedentes	m3	2732	0.277	756.9033461
					Subtotal 1620.975197
2	SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y PRUEBAS				
2.1	Geotextil	m2	1945	0.023	45.152
2.2	Bolones	m3	1609	0.951	1530.209
2.3	Filtro granular de grava	m3	403	0.634	255.510
2.4	Arena gruesa y limpia	m3	484	0.457	221.032
2.5	Alfombra de pasto natural	m2	805	0.069	55.144
					Subtotal 2107.047
3	OTROS				
					Subtotal 0
	RESUMEN				
1	Subtotal movimiento de tierra				1620.975
2	Subtotal suministro, transporte y colocación				2107.047
3	Subtotal otros				0
			VALOR TOTAL	3728.022	

Suelo MH 47.2 mm/hr:

Tabla 94: Presupuesto suelo MH 47.2 (mm/hr).

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio (UF)	
				Unitario	Subtotal
1	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1.1	Exacación de zanja	m3	2220	0.364	807.679793
1.2	Retiro de excedentes	m3	2442	0.277	676.5585546
					Subtotal 1484.238348
2	SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y PRUEBAS				
2.1	Geotextil	m2	1840	0.023	42.715
2.2	Bolones	m3	1504	0.951	1430.350
2.3	Filtro granular de grava	m3	377	0.634	239.026
2.4	Arena gruesa y limpia	m3	452	0.457	206.418
2.5	Alfombra de pasto natural	m2	448	0.069	30.689
					Subtotal 1949.198
3	OTROS				
					Subtotal 0
	RESUMEN				
1	Subtotal movimiento de tierra				1484.238
2	Subtotal suministro, transporte y colocación				1949.198
3	Subtotal otros				0.000
			VALOR TOTAL	3433.436	

Suelo MH 15.4 mm/hr:

Tabla 95: Presupuesto suelo MH 15.4 (mm/hr).

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio (UF)	
				Unitario	Subtotal
1	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1.1	Excavación de zanja	m3	3224	0.364	1172.954798
1.2	Retiro de excedentes	m3	3547	0.277	982.6999153
					Subtotal 2155.654714
2	SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y PRUEBAS				
2.1	Geotextil	m2	2520	0.023	58.500
2.2	Bolones	m3	2184	0.951	2077.051
2.3	Filtro granular de grava	m3	546	0.634	346.175
2.4	Arena gruesa y limpia	m3	656	0.457	299.580
2.5	Alfombra de pasto natural	m2	630	0.069	43.156
					Subtotal 2824.463
3	OTROS				
					Subtotal 0
	RESUMEN				
1	Subtotal movimiento de tierra				2155.655
2	Subtotal suministro, transporte y colocación				2824.463
3	Subtotal otros				0.000
VALOR TOTAL			4980.118		

Para zanja de infiltración con cubo.

Suelo GP 185 mm/hr:

Tabla 96: Presupuesto suelo GP 185 (mm/hr).

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio (UF)	
				Unitario	Subtotal
1	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1.1	Excavación de zanja	m3	500	0.364	181.910
1.2	Retiro de excedentes	m3	650	0.277	180.083
				Subtotal	361.993
2	SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y PRUEBAS				
2.1	Geotextil	m2	580	0.023	13.464
2.2	Caja	m3	278	2.607	724.815
2.3	Filtro granular de grava	m3	71	0.634	45.015
2.4	Arena gruesa y limpia	m3	103	0.457	47.038
2.5	Alfombra de pasto natural	m2	140	0.069	9.590
				Subtotal	839.923
3	OTROS				
				Subtotal	0.000
	RESUMEN				
1	Subtotal movimiento de tierra				361.993
2	Subtotal suministro, transporte y colocación				839.923
3	Subtotal otros				0.000
VALOR TOTAL			1201.916		

Suelo GP-GM 100 mm/hr:

Tabla 97: Presupuesto suelo GP-GM 100 (mm/hr).

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio (UF)	
				Unitario	Subtotal
1	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1.1	Excavación de zanja	m3	726	0.364	264.133
1.2	Retiro de excedentes	m3	908	0.277	251.562
				Subtotal	515.695
2	SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y PRUEBAS				
2.1	Geotextil	m2	761	0.023	17.666
2.2	Caja	m3	425	2.607	1108.080
2.3	Filtro granular de grava	m3	107	0.634	67.840
2.4	Arena gruesa y limpia	m3	148	0.457	67.588
2.5	Alfombra de pasto natural	m2	213	0.069	14.591
				Subtotal	1275.766
3	OTROS				
				Subtotal	0.000
	RESUMEN				
1	Subtotal movimiento de tierra				515.695
2	Subtotal suministro, transporte y colocación				1275.766
3	Subtotal otros				0.000
	VALOR TOTAL			1791.461	

Suelo GM 217 mm/hr:

Tabla 98: Presupuesto suelo GM 217 (mm/hr).

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio (UF)	
				Unitario	Subtotal
1	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1.1	Excavación de zanja	m3	435	0.364	158.262
1.2	Retiro de excedentes	m3	522	0.277	144.621
				Subtotal	302.882
2	SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y PRUEBAS				
2.1	Geotextil	m2	524	0.023	12.164
2.2	Caja	m3	238	2.607	620.525
2.3	Filtro granular de grava	m3	60	0.634	38.041
2.4	Arena gruesa y limpia	m3	89	0.457	40.644
2.5	Alfombra de pasto natural	m2	119	0.069	8.152
				Subtotal	719.527
3	OTROS				
				Subtotal	0.000
	RESUMEN				
1	Subtotal movimiento de tierra				302.882
2	Subtotal suministro, transporte y colocación				719.527
3	Subtotal otros				0.000
	VALOR TOTAL			1022.409	

Suelo GM 153 mm/hr:

Tabla 99: Presupuesto suelo GM 153 (mm/hr).

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio (UF)	
				Unitario	Subtotal
1	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1.1	Excavación de zanja	m3	563	0.364	204.831
1.2	Retiro de excedentes	m3	676	0.277	187.286
				Subtotal	392.117
2	SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y PRUEBAS				
2.1	Geotextil	m2	644	0.023	14.950
2.2	Caja	m3	316	2.607	823.890
2.3	Filtro granular de grava	m3	80	0.634	50.722
2.4	Arena gruesa y limpia	m3	115	0.457	52.518
2.5	Alfombra de pasto natural	m2	159	0.069	10.892
				Subtotal	952.972
3	OTROS				
				Subtotal	0.000
	RESUMEN				
1	Subtotal movimiento de tierra				392.117
2	Subtotal suministro, transporte y colocación				952.972
3	Subtotal otros				0.000
	VALOR TOTAL			1345.089	

Suelo SM 44 mm/hr:

Tabla 100: Presupuesto suelo SM 44 (mm/hr).

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio (UF)	
				Unitario	Subtotal
1	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1.1	Excavación de zanja	m3	1048	0.364	381.283
1.2	Retiro de excedentes	m3	1206	0.277	334.124
				Subtotal	715.407
2	SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y PRUEBAS				
2.1	Geotextil	m2	979	0.023	22.727
2.2	Caja	m3	643	2.607	1676.460
2.3	Filtro granular de grava	m3	161	0.634	102.077
2.4	Arena gruesa y limpia	m3	214	0.457	97.729
2.5	Alfombra de pasto natural	m2	322	0.069	22.058
				Subtotal	1921.051
3	OTROS				
				Subtotal	0.000
	RESUMEN				
1	Subtotal movimiento de tierra				715.407
2	Subtotal suministro, transporte y colocación				1921.051
3	Subtotal otros				0.000
	VALOR TOTAL			2636.458	

Suelo SM 39.3 mm/hr:

Tabla 101: Presupuesto suelo SM 39.3 (mm/hr).

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio (UF)	
				Unitario	Subtotal
1	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1.1	Excavación de zanja	m3	1064	0.364	387.104
1.2	Retiro de excedentes	m3	1224	0.277	339.110
				Subtotal	726.215
2	SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y PRUEBAS				
2.1	Geotextil	m2	990	0.023	22.982
2.2	Caja	m3	654	2.607	1705.140
2.3	Filtro granular de grava	m3	164	0.634	103.979
2.4	Arena gruesa y limpia	m3	217	0.457	99.099
2.5	Alfombra de pasto natural	m2	328	0.069	22.469
				Subtotal	1953.669
3	OTROS				
				Subtotal	0.000
	RESUMEN				
1	Subtotal movimiento de tierra				726.215
2	Subtotal suministro, transporte y colocación				1953.669
3	Subtotal otros				0.000
	VALOR TOTAL			2679.884	

Suelo MH 47.2 mm/hr:

Tabla 102: Presupuesto suelo MH 47.2 (mm/hr).

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio (UF)	
				Unitario	Subtotal
1	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1.1	Excavación de zanja	m3	999	0.364	363.456
1.2	Retiro de excedentes	m3	1206	0.277	334.124
				Subtotal	697.579
2	SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y PRUEBAS				
2.1	Geotextil	m2	945	0.023	21.938
2.2	Caja	m3	609	2.607	1587.814
2.3	Filtro granular de grava	m3	153	0.634	97.005
2.4	Arena gruesa y limpia	m3	203	0.457	92.706
2.5	Alfombra de pasto natural	m2	305	0.069	20.893
				Subtotal	1820.355
3	OTROS				
				Subtotal	0.000
	RESUMEN				
1	Subtotal movimiento de tierra				697.579
2	Subtotal suministro, transporte y colocación				1820.355
3	Subtotal otros				0.000
	VALOR TOTAL			2517.935	

Suelo MH 15.4 mm/hr:

Tabla 103: Presupuesto suelo MH 15.4 (mm/hr).

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio (UF)	
				Unitario	Subtotal
1	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1.1	Excavación de zanja	m3	1293	0.364	470.419
1.2	Retiro de excedentes	m3	1423	0.277	394.244
				Subtotal	864.662
2	SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y PRUEBAS				
2.1	Geotextil	m2	1145	0.023	26.581
2.2	Caja	m3	809	2.607	2109.264
2.3	Filtro granular de grava	m3	203	0.634	128.706
2.4	Arena gruesa y limpia	m3	264	0.457	120.563
2.5	Alfombra de pasto natural	m2	405	0.069	27.743
				Subtotal	2412.856
3	OTROS				
				Subtotal	0.000
	RESUMEN				
1	Subtotal movimiento de tierra				864.662
2	Subtotal suministro, transporte y colocación				2412.856
3	Subtotal otros				0.000
	VALOR TOTAL			3277.519	

9.4 Tiempo de instalación

Para zanja de infiltración con bolón.

Suelo GP 185 mm/hr:

Tabla 104: Tiempo de instalación suelo GP 185 (mm/hr).

N°	Nombre de tarea	Unidades	Duración	Predecesoras
1	Proyecto Agua Lluvia con Zanja de Infiltración		17.35 días	
2	Inicio		0 días	
3	Excavación y Rellenos		17.35 días	
4	Excavación Zanja de Infiltración	m3	3.75 días	2
5	Excavación Colectores	m3	0.48 días	4
6	Excavación Cámaras y Sumideros	m3	0.15 días	5
7	Relleno Colectores	m3	1.75 días	14
8	Relleno Gravilla	m3	0.19 días	4
9	Relleno Cubo Insytec	m3	0.76 días	8,17
10	Relleno Arena	m3	0.23 días	15
11	Retiro Excedentes		4.87 días	
12	Retiro Material Exavación	m3	4.87 días	4,5,6
13	Instalaciones de Materiales		11.66 días	
14	Cañería PVC Clase I D=315 mm	ml	0.22 días	5,18,19
15	Cañería Drenaje PVC Clase I D=315 mm	ml	0.16 días	9,17
16	Alfombra Césped Natural	m2	0.69 días	10
17	Geotextil	m2	0.16 días	8
18	Sumidero tipo S-3	unidad	5 días	6
19	Cámaras de Inspección tipo "b" c/Decantador	unidad	6 días	18
20	Fin		0 días	7

Suelo GP-GM 100 mm/hr:

Tabla 105: Tiempo de instalación suelo GP-GM 100 (mm/hr).

Nº	Nombre de tarea	Unidades	Duración	Predecesoras
1	Proyecto Agua Lluvia con Zanja de Infiltración		19.35 días	
2	Inicio		0 días	
3	Excavación y Rellenos		19.35 días	
4	Excavación Zanja de Infiltración	m3	5.75 días	2
5	Excavación Colectores	m3	0.48 días	4
6	Excavación Cámaras y Sumideros	m3	0.15 días	5
7	Relleno Colectores	m3	1.75 días	14
8	Relleno Gravilla	m3	0.17 días	4
9	Relleno Cubo Insytec	m3	1.17 días	8,17
10	Relleno Arena	m3	0.35 días	15
11	Retiro Excedentes		7.19 días	
12	Retiro Material Exavación	m3	7.19 días	4,5,6
13	Instalaciones de Materiales		11.68 días	
14	Cañería PVC Clase I D=315 mm	ml	0.22 días	5,18,19
15	Cañería Drenaje PVC Clase I D=315 mm	ml	0.16 días	9,17
16	Alfombra Césped Natural	m2	1.06 días	10
17	Geotextil	m2	0.15 días	8
18	Sumidero tipo S-3	unidad	5 días	6
19	Cámaras de Inspección tipo "b" c/Decantador	unidad	6 días	18
20	Fin		0 días	7

Suelo GM 217 mm/hr:

Tabla 106: Tiempo de instalación suelo GM 217 (mm/hr).

Nº	Nombre de tarea	Unidades	Duración	Predecesoras
1	Proyecto Agua Lluvia con Zanja de Infiltración		16.91 días	
2	Inicio		0 días	
3	Excavación y Rellenos		16.91 días	
4	Excavación Zanja de Infiltración	m3	3.31 días	2
5	Excavación Colectores	m3	0.48 días	4
6	Excavación Cámaras y Sumideros	m3	0.15 días	5
7	Relleno Colectores	m3	1.75 días	14
8	Relleno Gravilla	m3	0.13 días	4
9	Relleno Cubo Insytec	m3	0.52 días	8,17
10	Relleno Arena	m3	0.16 días	15
11	Retiro Excedentes		3.97 días	
12	Retiro Material Exavación	m3	3.97 días	4,5,6
13	Instalaciones de Materiales		11.72 días	
14	Cañería PVC Clase I D=315 mm	ml	0.22 días	5,18,19
15	Cañería Drenaje PVC Clase I D=315 mm	ml	0.16 días	9,17
16	Alfombra Césped Natural	m2	0.61 días	10
17	Geotextil	m2	0.15 días	8
18	Sumidero tipo S-3	unidad	5 días	6
19	Cámaras de Inspección tipo "b" c/Decantador	unidad	6 días	18
20	Fin		0 días	7

Suelo GM 153 mm/hr:

Tabla 107: Tiempo de instalación suelo GM 153 (mm/hr).

Nº	Nombre de tarea	Unidades	Duración	Predecesoras
1	Proyecto Agua Lluvia con Zanja de Infiltración		17.73 días	
2	Inicio		0 días	
3	Excavación y Rellenos		17.73 días	
4	Excavación Zanja de Infiltración	m3	4.13 días	2
5	Excavación Colectores	m3	0.48 días	4
6	Excavación Cámaras y Sumideros	m3	0.15 días	5
7	Relleno Colectores	m3	1.75 días	14
8	Relleno Gravilla	m3	0.21 días	4
9	Relleno Cubo Insytec	m3	0.84 días	8,17
10	Relleno Arena	m3	0.25 días	15
11	Retiro Excedentes		4.96 días	
12	Retiro Material Exavación	m3	4.96 días	4,5,6
13	Instalaciones de Materiales		11.64 días	
14	Cañería PVC Clase I D=315 mm	ml	0.22 días	5,18,19
15	Cañería Drenaje PVC Clase I D=315 mm	ml	0.16 días	9,17
16	Alfombra Césped Natural	m2	0.77 días	10
17	Geotextil	m2	0.17 días	8
18	Sumidero tipo S-3	unidad	5 días	6
19	Cámaras de Inspección tipo "b" c/Decantador	unidad	6 días	18
20	Fin		0 días	7

Suelo SM 44 mm/hr:

Tabla 108: Tiempo de instalación suelo SM 44 (mm/hr).

Nº	Nombre de tarea	Unidades	Duración	Predecesoras
1	Proyecto Agua Lluvia con Zanja de Infiltración		23.29 días	
2	Inicio		0 días	
3	Excavación y Rellenos		23.29 días	
4	Excavación Zanja de Infiltración	m3	9.69 días	2
5	Excavación Colectores	m3	0.48 días	4
6	Excavación Cámaras y Sumideros	m3	0.15 días	5
7	Relleno Colectores	m3	1.75 días	14
8	Relleno Gravilla	m3	0.49 días	4
9	Relleno Cubo Insytec	m3	1.97 días	8,17
10	Relleno Arena	m3	0.59 días	15
11	Retiro Excedentes		11.14 días	
12	Retiro Material Exavación	m3	11.14 días	4,5,6
13	Instalaciones de Materiales		11.36 días	
14	Cañería PVC Clase I D=315 mm	ml	0.22 días	5,18,19
15	Cañería Drenaje PVC Clase I D=315 mm	ml	0.16 días	9,17
16	Alfombra Césped Natural	m2	1.79 días	10
17	Geotextil	m2	0.32 días	8
18	Sumidero tipo S-3	unidad	5 días	6
19	Cámaras de Inspección tipo "b" c/Decantador	unidad	6 días	18
20	Fin		0 días	7

Suelo SM 39.3 mm/hr:

Tabla 109: Tiempo de instalación suelo SM 39.3 (mm/hr).

Nº	Nombre de tarea	Unidades	Duración	Predecesoras
1	Proyecto Agua Lluvia con Zanja de Infiltración		23.5 días	
2	Inicio		0 días	
3	Excavación y Rellenos		23.5 días	
4	Excavación Zanja de Infiltración	m3	9.9 días	2
5	Excavación Colectores	m3	0.48 días	4
6	Excavación Cámaras y Sumideros	m3	0.15 días	5
7	Relleno Colectores	m3	1.75 días	14
8	Relleno Gravilla	m3	0.5 días	4
9	Relleno Cubo Insytec	m3	2.01 días	8,17
10	Relleno Arena	m3	0.61 días	15
11	Retiro Excedentes		11.38 días	
12	Retiro Material Exavación	m3	11.38 días	4,5,6
13	Instalaciones de Materiales		11.35 días	
14	Cañería PVC Clase I D=315 mm	ml	0.22 días	5,18,19
15	Cañería Drenaje PVC Clase I D=315 mm	ml	0.16 días	9,17
16	Alfombra Césped Natural	m2	1.83 días	10
17	Geotextil	m2	0.32 días	8
18	Sumidero tipo S-3	unidad	5 días	6
19	Cámaras de Inspección tipo "b" c/Decantador	unidad	6 días	18
20	Fin		0 días	7

Suelo MH 47.2 mm/hr:

Tabla 110: Tiempo de instalación suelo MH 47.2 (mm/hr).

Nº	Nombre de tarea	Unidades	Duración	Predecesoras
1	Proyecto Agua Lluvia con Zanja de Infiltración		22.85 días	
2	Inicio		0 días	
3	Excavación y Rellenos		22.85 días	
4	Excavación Zanja de Infiltración	m3	9.25 días	2
5	Excavación Colectores	m3	0.48 días	4
6	Excavación Cámaras y Sumideros	m3	0.15 días	5
7	Relleno Colectores	m3	1.75 días	14
8	Relleno Gravilla	m3	0.47 días	4
9	Relleno Cubo Insytec	m3	1.88 días	8,17
10	Relleno Arena	m3	0.57 días	15
11	Retiro Excedentes		10.18 días	
12	Retiro Material Exavación	m3	10.18 días	4,5,6
13	Instalaciones de Materiales		11.38 días	
14	Cañería PVC Clase I D=315 mm	ml	0.22 días	5,18,19
15	Cañería Drenaje PVC Clase I D=315 mm	ml	0.16 días	9,17
16	Alfombra Césped Natural	m2	1.71 días	10
17	Geotextil	m2	0.31 días	8
18	Sumidero tipo S-3	unidad	5 días	6
19	Cámaras de Inspección tipo "b" c/Decantador	unidad	6 días	18
20	Fin		0 días	7

Suelo MH 15.4 mm/hr:

Tabla 111: Tiempo de instalación suelo MH 15.4 (mm/hr).

N°	Nombre de tarea	Unidades	Duración	Predecesoras
1	Proyecto Agua Lluvia con Zanja de Infiltración		28.84 días	
2	Inicio		0 días	
3	Excavación y Rellenos		27.03 días	
4	Excavación Zanja de Infiltración	m3	13.43 días	2
5	Excavación Colectores	m3	0.48 días	4
6	Excavación Cámaras y Sumideros	m3	0.15 días	5
7	Relleno Colectores	m3	1.75 días	14
8	Relleno Gravilla	m3	0.68 días	4
9	Relleno Cubo Insytec	m3	2.73 días	8,17
10	Relleno Arena	m3	0.82 días	15
11	Retiro Excedentes		14.78 días	
12	Retiro Material Exavación	m3	14.78 días	4,5,6
13	Instalaciones de Materiales		11.22 días	
14	Cañería PVC Clase I D=315 mm	ml	0.22 días	5,18,19
15	Cañería Drenaje PVC Clase I D=315 mm	ml	0.16 días	9,17
16	Alfombra Césped Natural	m2	2.48 días	10
17	Geotextil	m2	0.42 días	8
18	Sumidero tipo S-3	unidad	5 días	6
19	Cámaras de Inspección tipo "b" c/Decantador	unidad	6 días	18
20	Fin		0 días	7

Para zanja de infiltración con cubo.

Suelo GP 185 mm/hr:

Tabla 112: Tiempo de instalación suelo GP 185 (mm/hr).

N°	Nombre de tarea	Unidades	Duración	Predecesoras
1	Proyecto Agua Lluvia con Zanja de Infiltración		15.68 días	
2	Inicio		0 días	
3	Excavación y Rellenos		15.68 días	
4	Excavación Zanja de Infiltración	m3	2.08 días	2
5	Excavación Colectores	m3	0.48 días	4
6	Excavación Cámaras y Sumideros	m3	0.15 días	5
7	Relleno Colectores	m3	1.75 días	14
8	Relleno Gravilla	m3	0.09 días	4
9	Relleno Cubo Insytec	m3	3.48 días	8,17
10	Relleno Arena	m3	0.13 días	15
11	Retiro Excedentes		2.71 días	
12	Retiro Material Exavación	m3	2.71 días	4,5,6
13	Instalaciones de Materiales		11.76 días	
14	Cañería PVC Clase I D=315 mm	ml	0.22 días	5,18,19
15	Cañería Drenaje PVC Clase I D=315 mm	ml	0.16 días	9,17
16	Alfombra Césped Natural	m2	0.32 días	10
17	Geotextil	m2	0.1 días	8
18	Sumidero tipo S-3	unidad	5 días	6
19	Cámaras de Inspección tipo "b" c/Decantador	unidad	6 días	18
20	Fin		0 días	7

Suelo GP-GM 100 mm/hr:

Tabla 113: Tiempo de instalación suelo GP-GM 100 (mm/hr).

Nº	Nombre de tarea	Unidades	Duración	Predecesoras
1	Proyecto Agua Lluvia con Zanja de Infiltración		16.63 días	
2	Inicio		0 días	
3	Excavación y Rellenos		16.63 días	
4	Excavación Zanja de Infiltración	m3	3.03 días	2
5	Excavación Colectores	m3	0.48 días	4
6	Excavación Cámaras y Sumideros	m3	0.15 días	5
7	Relleno Colectores	m3	1.75 días	14
8	Relleno Gravilla	m3	0.13 días	4
9	Relleno Cubo Insytec	m3	5.31 días	8,17
10	Relleno Arena	m3	0.19 días	15
11	Retiro Excedentes		3.78 días	
12	Retiro Material Exavación	m3	3.78 días	4,5,6
13	Instalaciones de Materiales		11.72 días	
14	Cañería PVC Clase I D=315 mm	ml	0.22 días	5,18,19
15	Cañería Drenaje PVC Clase I D=315 mm	ml	0.16 días	9,17
16	Alfombra Césped Natural	m2	0.48 días	10
17	Geotextil	m2	0.13 días	8
18	Sumidero tipo S-3	unidad	5 días	6
19	Cámaras de Inspección tipo "b" c/Decantador	unidad	6 días	18
20	Fin		0 días	7

Suelo GM 217 mm/hr:

Tabla 114: Tiempo de instalación suelo GM 217 (mm/hr).

Nº	Nombre de tarea	Unidades	Duración	Predecesoras
1	Proyecto Agua Lluvia con Zanja de Infiltración		15.41 días	
2	Inicio		0 días	
3	Excavación y Rellenos		15.41 días	
4	Excavación Zanja de Infiltración	m3	1.81 días	2
5	Excavación Colectores	m3	0.48 días	4
6	Excavación Cámaras y Sumideros	m3	0.15 días	5
7	Relleno Colectores	m3	1.75 días	14
8	Relleno Gravilla	m3	0.08 días	4
9	Relleno Cubo Insytec	m3	2.98 días	8,17
10	Relleno Arena	m3	0.11 días	15
11	Retiro Excedentes		2.18 días	
12	Retiro Material Exavación	m3	2.18 días	4,5,6
13	Instalaciones de Materiales		11.77 días	
14	Cañería PVC Clase I D=315 mm	ml	0.22 días	5,18,19
15	Cañería Drenaje PVC Clase I D=315 mm	ml	0.16 días	9,17
16	Alfombra Césped Natural	m2	0.27 días	10
17	Geotextil	m2	0.09 días	8
18	Sumidero tipo S-3	unidad	5 días	6
19	Cámaras de Inspección tipo "b" c/Decantador	unidad	6 días	18
20	Fin		0 días	7

Suelo GM 153 mm/hr:

Tabla 115: Tiempo de instalación suelo GM 153 (mm/hr).

Nº	Nombre de tarea	Unidades	Duración	Predecesoras
1	Proyecto Agua Lluvia con Zanja de Infiltración		15.95 días	
2	Inicio		0 días	
3	Excavación y Rellenos		15.95 días	
4	Excavación Zanja de Infiltración	m3	2.35 días	2
5	Excavación Colectores	m3	0.48 días	4
6	Excavación Cámaras y Sumideros	m3	0.15 días	5
7	Relleno Colectores	m3	1.75 días	14
8	Relleno Gravilla	m3	0.1 días	4
9	Relleno Cubo Insytec	m3	3.95 días	8,17
10	Relleno Arena	m3	0.14 días	15
11	Retiro Excedentes		2.82 días	
12	Retiro Material Exavación	m3	2.82 días	4,5,6
13	Instalaciones de Materiales		11.75 días	
14	Cañería PVC Clase I D=315 mm	ml	0.22 días	5,18,19
15	Cañería Drenaje PVC Clase I D=315 mm	ml	0.16 días	9,17
16	Alfombra Césped Natural	m2	0.36 días	10
17	Geotextil	m2	0.11 días	8
18	Sumidero tipo S-3	unidad	5 días	6
19	Cámaras de Inspección tipo "b" c/Decantador	unidad	6 días	18
20	Fin		0 días	7

Suelo SM 44 mm/hr:

Tabla 116: Tiempo de instalación suelo SM 44 (mm/hr).

Nº	Nombre de tarea	Unidades	Duración	Predecesoras
1	Proyecto Agua Lluvia con Zanja de Infiltración		17.97 días	
2	Inicio		0 días	
3	Excavación y Rellenos		17.97 días	
4	Excavación Zanja de Infiltración	m3	4.37 días	2
5	Excavación Colectores	m3	0.48 días	4
6	Excavación Cámaras y Sumideros	m3	0.15 días	5
7	Relleno Colectores	m3	1.75 días	14
8	Relleno Gravilla	m3	0.2 días	4
9	Relleno Cubo Insytec	m3	8.04 días	8,17
10	Relleno Arena	m3	0.27 días	15
11	Retiro Excedentes		5.03 días	
12	Retiro Material Exavación	m3	5.03 días	4,5,6
13	Instalaciones de Materiales		11.65 días	
14	Cañería PVC Clase I D=315 mm	ml	0.22 días	5,18,19
15	Cañería Drenaje PVC Clase I D=315 mm	ml	0.16 días	9,17
16	Alfombra Césped Natural	m2	0.73 días	10
17	Geotextil	m2	0.16 días	8
18	Sumidero tipo S-3	unidad	5 días	6
19	Cámaras de Inspección tipo "b" c/Decantador	unidad	6 días	18
20	Fin		0 días	7

Suelo SM 39.3 mm/hr:

Tabla 117: Tiempo de instalación suelo SM 39.3 (mm/hr).

Nº	Nombre de tarea	Unidades	Duración	Predecesoras
1	Proyecto Agua Lluvia con Zanja de Infiltración		18.03 días	
2	Inicio		0 días	
3	Excavación y Rellenos		18.03 días	
4	Excavación Zanja de Infiltración	m3	4.43 días	2
5	Excavación Colectores	m3	0.48 días	4
6	Excavación Cámaras y Sumideros	m3	0.15 días	5
7	Relleno Colectores	m3	1.75 días	14
8	Relleno Gravilla	m3	0.21 días	4
9	Relleno Cubo Insytec	m3	8.18 días	8,17
10	Relleno Arena	m3	0.27 días	15
11	Retiro Excedentes		5.1 días	
12	Retiro Material Exavación	m3	5.1 días	4,5,6
13	Instalaciones de Materiales		11.64 días	
14	Cañería PVC Clase I D=315 mm	ml	0.22 días	5,18,19
15	Cañería Drenaje PVC Clase I D=315 mm	ml	0.16 días	9,17
16	Alfombra Césped Natural	m2	0.75 días	10
17	Geotextil	m2	0.17 días	8
18	Sumidero tipo S-3	unidad	5 días	6
19	Cámaras de Inspección tipo "b" c/Decantador	unidad	6 días	18
20	Fin		0 días	7

Suelo MH47.2 mm/hr:

Tabla 118: Tiempo de instalación suelo MH 47.2 (mm/hr).

Nº	Nombre de tarea	Unidades	Duración	Predecesoras
1	Proyecto Agua Lluvia con Zanja de Infiltración		17.76 días	
2	Inicio		0 días	
3	Excavación y Rellenos		17.76 días	
4	Excavación Zanja de Infiltración	m3	4.16 días	2
5	Excavación Colectores	m3	0.48 días	4
6	Excavación Cámaras y Sumideros	m3	0.15 días	5
7	Relleno Colectores	m3	1.75 días	14
8	Relleno Gravilla	m3	0.19 días	4
9	Relleno Cubo Insytec	m3	7.61 días	8,17
10	Relleno Arena	m3	0.25 días	15
11	Retiro Excedentes		4.58 días	
12	Retiro Material Exavación	m3	4.58 días	4,5,6
13	Instalaciones de Materiales		11.66 días	
14	Cañería PVC Clase I D=315 mm	ml	0.22 días	5,18,19
15	Cañería Drenaje PVC Clase I D=315 mm	ml	0.16 días	9,17
16	Alfombra Césped Natural	m2	0.69 días	10
17	Geotextil	m2	0.16 días	8
18	Sumidero tipo S-3	unidad	5 días	6
19	Cámaras de Inspección tipo "b" c/Decantador	unidad	6 días	18
20	Fin		0 días	7

Suelo MH 15.4 mm/hr:

Tabla 119: Tiempo de instalación suelo MH 15.4 (mm/hr).

N°	Nombre de tarea	Unidades	Duración	Predecesoras
1	Proyecto Agua Lluvia con Zanja de Infiltración		18.99 días	
2	Inicio		0 días	
3	Excavación y Rellenos		18.99 días	
4	Excavación Zanja de Infiltración	m3	5.39 días	2
5	Excavación Colectores	m3	0.48 días	4
6	Excavación Cámaras y Sumideros	m3	0.15 días	5
7	Relleno Colectores	m3	1.75 días	14
8	Relleno Gravilla	m3	0.25 días	4
9	Relleno Cubo Insytec	m3	10.11 días	8,17
10	Relleno Arena	m3	0.33 días	15
11	Retiro Excedentes		5.93 días	
12	Retiro Material Exavación	m3	5.93 días	4,5,6
13	Instalaciones de Materiales		11.71 días	
14	Cañería PVC Clase I D=315 mm	ml	0.22 días	5,18,19
15	Cañería Drenaje PVC Clase I D=315 mm	ml	0.16 días	9,17
16	Alfombra Césped Natural	m2	0.92 días	10
17	Geotextil	m2	0.19 días	8
18	Sumidero tipo S-3	unidad	5 días	6
19	Cámaras de Inspección tipo "b" c/Decantador	unidad	6 días	18
20	Fin		0 días	7

9.5 Planos