

**Escuela Superior Politécnica del Litoral**

**Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

Diseño del sistema de drenaje pluvial de la Base Naval Norte de Guayaquil

INGE-3053

**Proyecto Integrador**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero Civil**

Presentado por:

Sebastián Alexander Filippov Calderón

Guayaquil - Ecuador

Año: 2025

## Dedicatoria

---

Dedico este trabajo a mi madre, quien ha sido un pilar fundamental a lo largo de mi vida universitaria. Gracias por su apoyo incondicional, por estar presente desde las primeras horas del día hasta muy tarde en la noche, acompañándome en los momentos más exigentes y difíciles del estudio. Su paciencia, esfuerzo y confianza constante fueron una motivación permanente para no rendirme y seguir adelante. Este logro también es suyo.

## Agradecimientos

---

Agradezco en primer lugar a Dios, por brindarme la fortaleza, la salud y la perseverancia en mi formación profesional. A mi madre, por su apoyo incondicional, por acompañarme día a día y por ser mi mayor fuente de motivación en los momentos más difíciles del camino universitario. Expreso un sincero agradecimiento al Ing. Cristian Salas, por su guía, apoyo y disposición durante el desarrollo de esta tesis. De igual manera, agradezco a los profesores Tomas Vitvar, Priscila Valverde y Johanna Zambrano, quienes me brindaron su apoyo académico y humano cuando más lo necesité, contribuyendo de manera significativa a mi formación. Asimismo, extiendo mi agradecimiento a todos los profesores de las distintas materias de FICT, por compartir sus conocimientos y experiencias a lo largo de mi carrera universitaria. Finalmente, agradezco de manera especial al profesor Marco Tulio, quien confió en mí desde el primer momento en la ESPOL.

---

## Declaración Expresa

---

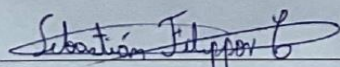
Yo Sebastián Alexander Filippov Calderón acuerdo y reconozco que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al autor que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 14 de octubre del 2025.



---

Sebastián Alexander Filippov Calderón

## **Evaluadores**

---

---

**MSc. Ing. Josué David Briones Bitar**

Profesor de Materia

---

**MSc. Ing. Cristian Alfonso Salas Vázquez**

Tutor de proyecto

# Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo diseñar un sistema de drenaje pluvial para la Base Naval Norte de Guayaquil, mediante el establecimiento de parámetros hidrológicos, el modelamiento hidráulico y la evaluación del impacto ambiental, con la finalidad de reducir el riesgo de inundaciones y mejorar la resiliencia de la infraestructura. La hipótesis plantea que la integración de un drenaje por gravedad, superficies de infiltración y un dique de protección costera permite optimizar el desempeño hidráulico y disminuir costos a largo plazo. El desarrollo del proyecto se basó en el uso de información topográfica y geotécnica proporcionada, así como datos meteorológicos actualizados para la construcción de curvas IDF. El diseño se realizó bajo las normativas CPE-INEN, EPMAPS y CONAGUA, empleando el software SWMM para el modelamiento hidráulico. Los resultados indicaron una reducción estimada del riesgo de inundación del orden del 65 %, así como una disminución del costo global del proyecto cercana al 30 % respecto a un sistema tradicional, con un presupuesto estimado de 1,2 millones de dólares. Finalmente, se concluye que el sistema propuesto es técnica, económica y ambientalmente viable, constituyéndose en una solución sostenible y replicable para el norte de la ciudad de Guayaquil.

**Palabras claves:**

Curvas IDF, drenaje pluvial, SWMM, superficies de infiltración, dique costero.

## Abstract

*The objective of this project is to design a stormwater drainage system for the North Naval Base of Guayaquil by defining hydrological parameters, hydraulic modeling, and environmental impact assessment, in order to reduce flood risk and improve infrastructure resilience. The hypothesis states that the integration of gravity drainage, infiltration surfaces, and a coastal protection dike improves hydraulic performance and reduces long-term costs. The project development was based on the use of available topographic and geotechnical information, as well as updated meteorological data for the construction of IDF curves. The design was carried out following CPE-INEN, EPMAPS, and CONAGUA standards, using the SWMM software for hydraulic modeling. The results showed an estimated flood risk reduction of about 65%, as well as a decrease in the total project cost of approximately 20% compared to a traditional system, with an estimated budget of 1.2 million dollars. Finally, it is concluded that the proposed system is technically, economically, and environmentally viable, becoming a sustainable and replicable solution for the northern area of the city of Guayaquil.*

**Keywords:**

IDF Curves, Stormwater Drainage, SWMM, Infiltration Surfaces, Coastal Dike

# Índice general

Resumen.....	I
Abstract.....	II
Índice general.....	III
Abreviaturas.....	IX
Simbología.....	IX
Índice de figuras.....	X
Índice de tablas.....	XIII
Índice de planos.....	XIV
Capítulo 1.....	1
1.    Introducción.....	2
1.1    Antecedentes.....	2
1.2    Descripción del Problema.....	6
1.3    Justificación del Problema.....	6
1.4    Objetivos.....	7
1.4.1    Objetivo general.....	7
1.4.2    Objetivos específicos.....	7
Capítulo 2.....	8
2.    MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
2.1    Revisión de literatura.....	9
2.1.1    Marco teórico.....	13
2.1.2    Marco metodológico:.....	15
2.2    Área de estudio.....	16
2.3    Trabajo de campo y laboratorio.....	19
2.4    Análisis de datos.....	21

2.5	Análisis de alternativas .....	22
Capítulo 3.....		28
3.	DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES .....	29
3.1	Análisis y estudios preliminares .....	29
3.1.1	Curvas IDF del área de estudio .....	29
3.1.2	Coefficiente de escorrentía del área de estudio .....	36
3.1.3	Caudal del área de estudio.....	39
3.1.4	Hietogramas para T=5 años y T=10 años del área de estudio.....	41
3.1.5	Tuberías PEAD a usar en el diseño.....	44
3.2	Diseño definitivo.....	45
3.2.1	Caudal de diseño .....	46
3.2.2	Diámetro de diseño.....	49
3.2.3	Criterios hidráulicos .....	51
3.2.4	Pérdida en los pozos.....	54
3.2.5	Profundidad de tuberías y pozos .....	57
3.2.6	Diseño de cuentas.....	59
3.2.7	Diseño de sumideros .....	61
3.2.8	Diseño de superficies de infiltración.....	63
3.2.9	Propuesta de dique de protección costera .....	66
3.2.9.1	Caudal de filtración con método de Pavlovsky .....	68
3.2.9.2	Estabilidad del dique con método de Bishop.....	69
3.2.9.3	Análisis sísmico pseudoestático .....	72
3.2.9.4	Asentamiento en el dique .....	74
3.2.10	Volúmenes de obra .....	75
3.2.11	Modelaje de red de drenaje pluvial en SWMM.....	77

Capítulo 4.....	93
4. ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL .....	94
4.1 Descripción del proyecto .....	94
4.2 Línea base ambiental.....	95
4.2.1 Medio natural .....	95
4.2.2 Medio humano.....	100
4.3 Actividades del proyecto.....	101
4.4 Identificación de impactos ambientales .....	103
4.5 Valoración de impactos ambientales .....	104
4.6 Propuestas de medidas de prevención/mitigación .....	105
4.6.1 Medidas de mitigación ante la generación de polvo en el aire por demolición de carpeta asfáltica y veredas.....	105
4.6.2 Medidas de mitigación ante el aumento de ruido y vibraciones por uso de maquinaria.....	106
4.6.3 Medidas de mitigación ante la afectación temporal a la salud de la población por polvo y ruido.....	106
4.6.4 Medidas de mitigación ante el incremento de ruido al realizar la excavación de zanjas para tuberías de aguas lluvias.....	107
4.6.5 Medidas de mitigación ante la emisión de CO <sub>2</sub> por vehículos de transporte de material excavado .....	107
4.6.6 Medidas de mitigación ante la generación de ruido y vibraciones por transporte de material.....	108
4.6.7 Medidas de mitigación ante el incremento de vibraciones en las inmediaciones al compactar .....	108
4.6.8 Medidas de mitigación ante la alteración del suelo al compactar .....	109
4.6.9 Medidas de mitigación ante la generación de ruido al nivelar el terreno.....	109

4.6.10	Medidas de mitigación ante la contaminación de polvo hacia el exterior de la obra	110
4.6.11	Medidas de mitigación ante la generación de ruido y vibraciones por vehículos pesados.....	110
4.6.12	Plan de manejo ambiental.....	111
4.7	Resultados de medidas .....	112
4.7.1	Análisis de resultados.....	112
4.7.2	Conclusiones .....	113
4.7.3	Recomendaciones.....	113
Capítulo 5	.....	114
5.	PRESUPUESTO.....	115
5.1	Estructura Desglosada de Trabajo .....	115
5.1.1	Nivel 1: proyecto.....	115
5.1.2	Nivel 2: componentes principales del proyecto .....	115
5.1.3	Nivel 3 y 4: subcomponentes y rubros .....	115
5.2	Especificaciones Técnicas .....	118
5.2.1	Obras preliminares .....	118
5.2.2	Replanteo, nivelación y control topográfico de la obra .....	119
5.2.3	Demolición de pavimentos y veredas.....	119
5.2.4	Excavación mecánica de zanjas .....	120
5.2.5	Excavación mecánica de zanjas con uso de tablestacas.....	121
5.2.6	Carga, transporte y desalojo de material .....	122
5.2.7	Suministro e instalación de tubería pluvial PEAD diámetro nominal 315–800 mm	122
5.2.8	Relleno y compactación mecánica de mejoramiento en zanjas .....	123
5.2.9	Construcción de pozos de revisión con tapa de hierro (d = 1,0–1,2 m).....	124

5.2.10	Construcción de superficies de infiltración con tubería perforada .....	124
5.2.11	Construcción de gaviones para dique de protección costera .....	125
5.2.12	Construcción de núcleo impermeable de arcilla compactada en dique de protección costera .....	126
5.2.13	Relleno y conformación de talud aguas abajo con material proveniente de excavación para dique de protección costera .....	127
5.2.14	Construcción de drenaje interno en dique (tubo dren) .....	127
5.2.15	Reposición de pavimentos y veredas .....	128
5.2.16	Construcción de sumideros y cunetas .....	129
5.2.17	Ensayos y control de calidad .....	130
5.2.18	Protección ambiental y manejo de residuos .....	131
5.2.19	Control y manejo de aguas durante la construcción .....	131
5.2.20	Señalización vial y control de tránsito .....	132
5.2.21	Implantación de cobertura vegetal en superficies de infiltración .....	132
5.2.22	Limpieza final y cierre de obra .....	133
5.2.23	Pruebas hidráulicas y puesta en servicio del sistema pluvial .....	134
5.3	Rubros y análisis de precios unitarios .....	134
5.3.1	Descripción de los rubros .....	135
5.4	Cantidades de obra .....	141
5.5	Costo del proyecto .....	142
5.6	Cronograma de obra .....	143
Capítulo 6	.....	145
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	146
6.1	Conclusiones .....	146
6.2	Recomendaciones .....	148
Referencias	.....	150

Planos y anexos..... 154

## Abreviaturas

DGAC	Dirección General de Aviación Civil
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IDF	Intensidad, duración y frecuencia
AA.LL	Alcantarillado de aguas lluvias
APU	Análisis de precio unitario
SWMM	Storm Water Management Model

## Simbología

m	metro
m <sup>2</sup>	metro cuadrado
m <sup>3</sup> /s	metro cúbico por segundo
mm	milímetro
ha	hectárea
D	diámetro de la tubería
Q	caudal
I	intensidad de lluvia
P	precipitación
S	pendiente hidráulica
Tr	período de retorno
V	velocidad del flujo
H	tirante hidráulico
n	coeficiente de rugosidad de Manning

## Índice de figuras

Figura 1 .....	4
Figura 2 .....	5
Figura 3 .....	12
Figura 4 .....	15
Figura 5 .....	16
Figura 6 .....	17
Figura 7 .....	18
Figura 8 .....	20
Figura 9 .....	20
Figura 10 .....	23
Figura 11 .....	24
Figura 12 .....	25
Figura 13 .....	29
Figura 14 .....	35
Figura 15 .....	36
Figura 16 .....	37
Figura 17 .....	38
Figura 18 .....	40
Figura 19 .....	43
Figura 20 .....	43
Figura 21 .....	45
Figura 22 .....	46
Figura 23 .....	48
Figura 24 .....	66
Figura 25 .....	78
Figura 26 .....	78

Figura 27 .....	79
Figura 28 .....	79
Figura 29 .....	80
Figura 30 .....	80
Figura 31 .....	81
Figura 32 .....	82
Figura 33 .....	82
Figura 34 .....	82
Figura 35 .....	83
Figura 36 .....	84
Figura 37 .....	84
Figura 38 .....	85
Figura 39 .....	86
Figura 40 .....	86
Figura 41 .....	87
Figura 42 .....	87
Figura 43 .....	88
Figura 44 .....	89
Figura 45 .....	89
Figura 46 .....	90
Figura 47 .....	90
Figura 48 .....	91
Figura 49 .....	91
Figura 50 .....	92
Figura 51 .....	95
Figura 52 .....	96
Figura 53 .....	96
Figura 54 .....	97
Figura 55 .....	98

Figura 56 .....	98
Figura 57 .....	100
Figura 58 .....	103
Figura 59 .....	104
Figura 60 .....	140
Figura 61 .....	141
Figura 62 .....	142
Figura 63 .....	144

## Índice de tablas

Tabla 1 .....	27
Tabla 2 .....	31
Tabla 3 .....	32
Tabla 4 .....	33
Tabla 5 .....	33
Tabla 6 .....	35
Tabla 7 .....	37
Tabla 8 .....	38
Tabla 9 .....	42
Tabla 10 .....	43
Tabla 11 .....	44
Tabla 12 .....	56
Tabla 13 .....	71
Tabla 14 .....	72
Tabla 15 .....	73
Tabla 16 .....	101
Tabla 17 .....	102
Tabla 18 .....	144

# Índice de planos

PLANO 1 Implementación general del sistema de drenaje pluvial

PLANO 2 Cortes de sección transversal y longitudinal de elementos del sistema de drenaje

# Capítulo 1

## **1. INTRODUCCIÓN**

La creación o desarrollo de un sistema de drenaje pluvial es vital para la adecuada evacuación de las aguas dadas por las precipitaciones, sin este sistema existen grandes probabilidades que se originen inundaciones que ocasionarían proliferación de enfermedades como el dengue o relacionadas con la mezcla de aguas sépticas, daños a las edificaciones que convergen en ese sector y afectación de la vida cotidiana de las personas que habitan en la zona. Estos sistemas se conforman por una serie de tramos como tuberías, cajas de registro, sumideros y demás elementos que integran grandes redes en las ciudades, los cuales se enmarcan en drenar el exceso de las aguas lluvias que se origina por la poca permeabilidad en el suelo, en zonas de carreteras y en grandes áreas agrícolas.

El drenaje de las aguas lluvias ha sido un pilar fundamental en el crecimiento de las sociedades desde sus inicios, siendo este un punto de partida para otras invenciones o mejoras en distintos entornos como la salud pública, la construcción de distintas estructuras, la agricultura, el comercio y las ciencias, los cuales catapultaron a las sociedades en grandes imperios desde la antigüedad hasta grandes metrópolis en la actualidad.

### **1.1 Antecedentes**

El drenaje pluvial es considerado como un componente esencial en el desarrollo urbano y en la protección de las poblaciones frente a los grandes efectos que pueden provocar las lluvias, esto ha sido incorporado desde las más antiguas civilizaciones, como la Mesopotámica, la Romana y la Inca, donde se ha evidenciado el uso de sistemas rudimentarios de canales y alcantarillas que servían para evacuar las aguas lluvias, evitar inundaciones en sus asentamientos y redirigir dicha agua a pozos de almacenamiento.

Para Watanabe (2014) Sudamérica y Centroamérica concentran las ciudades más urbanizadas alrededor del mundo, tales como: Buenos Aires, Lima, Ciudad de México, Río de Janeiro y Sao Paulo, las cuales poseen poblaciones superiores a 10 millones de habitantes. Con el paso del tiempo, este crecimiento de ciudades y el aumento de las superficies impermeables al construir grandes carreteras, urbanizaciones y demás estructuras que van de la mano con el crecimiento económico de un determinado país, destruyendo a su vez bosques y humedales, los cuales sirven como esponjas naturales de absorción y retención de las aguas lluvias, ha generado la necesidad de diseñar sistemas de drenajes más eficientes, grandes y planificados, integrando criterios hidráulicos, ambientales y de sostenibilidad.

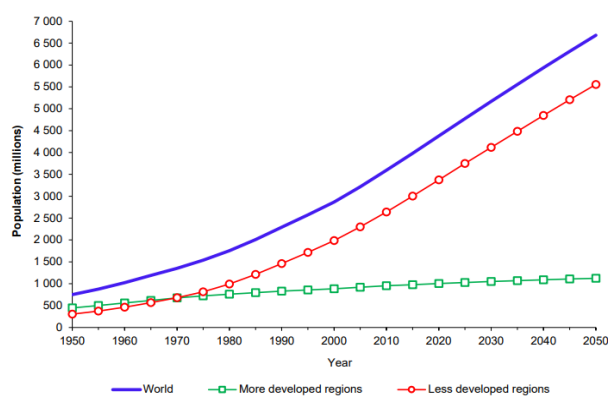
Según el sexto informe del IPCC (2022) aproximadamente 4200 millones de personas habitan en zonas urbanas, es decir, más de la mitad de la población mundial. Este crecimiento de urbanizaciones involucra un aumento de exposición hacia riesgos y peligros por impacto climático. En un contexto internacional, las inundaciones urbanas cada vez son más frecuentes y destructivas alrededor del mundo, principalmente en las ciudades costeras o con riberas a un río. Según el quinto informe del IPCC (2013) se expuso que los sucesos de precipitaciones extremas sobre tierra firme se han acrecentado en más partes del mundo desde la mitad del siglo XX. Estos incrementos se deben a los grandes avances que se dieron en materia urbanística e industrial desde ese momento. Es a partir de aquí que se dan reconocidas inundaciones como la de los Países Bajos en 1953, la cual hizo que las autoridades de dicho país tomen acciones contundentes como la construcción de todo un circuito de diques, canales y barreras hidráulicas que han permitido mitigar la acción climática que se da en la zona. Así mismo, se suscitaron diversas inundaciones conformen pasaban los años en el litoral asiático y americano junto a grandes huracanes que no se daban antes, es así que se da para el año 2005 una inmensa inundación por el huracán Katrina en

Estados Unidos devastando todo a su paso. Al final de todos esos sucesos, se comenzaron a realizar reformas ambientales, implementaciones tecnológicas e incorporación de nuevos sistemas de drenaje sostenible.

Pero, una adecuada planificación territorial sigue siendo un reto importante de alcanzar, debido a un crecimiento desmedido que busca solo satisfacer las necesidades de la sociedad afectando al medio ambiente y originando consecuencias hidrológicas a futuro; la desigualdad económica entre los países hace que los que tienen menos recursos posterguen estas planificaciones, logrando acrecentar el problema, lo cual se evidencia en una saturación del drenaje de aguas lluvias e incremento de las inundaciones. Tal como lo evidencia la UNDESA (2018) para 2050, se prevé que más de dos tercios de la población mundial sea urbana, muchos de ellos viviendo en asentamientos informales y no planificados, así como en centros urbanos más pequeños de África y Asia. En el siguiente gráfico se evidencia como las urbanizaciones aumentan en países menos desarrollados:

**Figura 1**

*Proyección mundial urbana proyectada y estimada entre 1950 a 2050*



*Nota.* Tomado de World Urbanization Prospects 2018,

United Nations, 2018, <https://population.un.org/wup/>

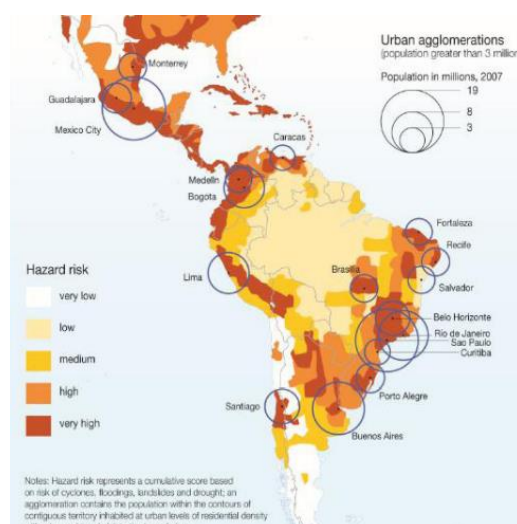
Para Xie et al. (2025) el rápido crecimiento urbanístico que se está dando junto con la contaminación climática está provocando un gran desafío para los sistemas de drenaje de aguas lluvias actuales debido a la intensidad de las lluvias y al aumento de la impermeabilidad de la superficie.

Actualmente, el cambio climático está afectando la duración de las estaciones climáticas en el Ecuador, aumentando las sequías o las precipitaciones en tan solo un par de días de lo que debería de llover en todo un mes, este cambio también ocasiona un aumento progresivo de los niveles del mar y de los ríos debido al deshielo. Por tal motivo, las ciudades con borde costero y con superficie que están por debajo del nivel del mar están en una constante amenaza de inundaciones impactando de distintas formas a los habitantes de estas ciudades.

Tal como se evidencia en la figura 2:

**Figura 2**

*Niveles de riesgo ante inundaciones en el continente americano*



*Nota.* Tomado de Vital Climate Change Graphics for Latin America and the Caribbean 2010, UNEP, ECLAC and UNEP/GRID-Arendal, 2010.

## **1.2 Descripción del Problema**

El problema principal consiste en evitar que el incremento del nivel de las aguas lluvias y del Río Guayas, especialmente durante la época invernal, provoque inundaciones en la Base Naval Norte de Guayaquil. Actualmente, esta situación se ve agravada por el colapso y deterioro del sistema de AA.LL existente dentro de la base, el cual presenta deficiencias estructurales y falta de mantenimiento adecuado. A esto se suma la influencia del islote El Palmar, que altera la dinámica natural del cauce del río y contribuye a la reducción de la capacidad de evacuación de aguas lluvias en los sectores cercanos a la base. Como resultado, se generan estancamientos recurrentes que afectan directamente a las instalaciones y operaciones de la Armada del Ecuador, limitando su capacidad de respuesta y comprometiendo la seguridad de su infraestructura. Esta problemática, aunque focalizada en una institución específica, tiene implicaciones que pueden extenderse a la seguridad pública del sector norte de Guayaquil, ya que la Base Naval cumple funciones estratégicas de vigilancia y apoyo logístico. Por ello, la falta de un sistema de drenaje eficiente no solo representa un riesgo físico y operativo, sino también un obstáculo para la continuidad de las actividades militares y de defensa nacional que allí se desarrollan.

## **1.3 Justificación del Problema**

Esta problemática es una necesidad prioritaria debido a su impacto directo en la operatividad, seguridad y conservación de la infraestructura militar. Atender esta situación permite garantizar la continuidad de las actividades estratégicas de la Armada del Ecuador, proteger el equipamiento institucional y mantener las condiciones adecuadas para el personal que labora en la base. Implementar un sistema de drenaje pluvial eficiente contribuiría a reducir el riesgo de daños estructurales, evitar interrupciones en las operaciones logísticas y mejorar la resiliencia de la zona frente a eventos meteorológicos extremos. Por el contrario,

no intervenir este problema podría generar consecuencias significativas, como el deterioro progresivo de las instalaciones, pérdidas económicas por mantenimientos frecuentes, afectaciones al entorno ambiental debido al estancamiento de aguas contaminadas y, sobre todo, una disminución en la capacidad de respuesta ante emergencias. Además, la recurrencia de las inundaciones podría comprometer la seguridad pública y la imagen institucional de la Armada, afectando su rol dentro del sistema de defensa nacional y la gestión marítima del país.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 *Objetivo general***

Diseñar el sistema de aguas lluvias de la Base Naval Norte mediante información topográfica, geotécnica, hidrológica y el uso de técnicas constructivas modernas, para el adecuado drenaje de las aguas lluvias y el aplacamiento de las inundaciones ocasionadas por el nivel del río.

### **1.4.2 *Objetivos específicos***

1. Establecer los parámetros hidrológicos adyacentes a la zona de la Base Naval Norte, para el correcto diseño y durabilidad de todos los elementos que constituyan el alcantarillado pluvial en esa zona.
2. Diseñar la red del sistema de alcantarillado pluvial mediante el uso software Storm Water Management Model (SWMM), para la verificación del correcto funcionamiento de dicho sistema pluvial.
3. Realizar la evaluación de impacto ambiental en la zona de diseño alineándose a los ODS # 6, 8, 11, 13 y 15, para la identificación y mitigación de estos durante la ejecución de la obra.

## **Capítulo 2**

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Revisión de literatura

Según la revisión sobre mitigación de inundaciones en Indonesia realizada por Koerniawan et al. (2023) definen al drenaje pluvial como un conjunto de estructuras articuladas de tal forma que conducen o gestionan el exceso de las aguas lluvias ya sea por zanjas en la parte superficial o el respectivo alcantarillado en la zona subterránea, el cual cumple con la función prioritaria de evitar inundaciones en las zonas urbanas, a la par definen las inundaciones como consecuencia de eventos climáticos repentinos, vientos huracanados, filtraciones en los diques de protección, el bajo nivel de la superficie con respecto al mar, la excesiva construcción de grandes edificaciones en las zonas ribereñas y alteración fluvial de los ríos por la obstrucción de restos de basura junto a la deforestación de bosques ribereños aguas arriba.

Según Abd-Elhamid et al. (2020) la alteración hidrológica que se da en las ciudades se ve reflejada en el aumento de los coeficientes de escorrentía, los cuales afectan el adecuado funcionamiento del sistema de drenaje pluvial, incrementando las velocidades de los caudales, generando duplicar o triplicar los costos de construcción y reduciendo el tiempo de gestión ante inundaciones.

Por otro lado, Quichimbo et al. (2022) mencionan que con los últimos cambios que se están dando en el uso del suelo y expansión poblacional, los sistemas convencionales tienden a fallar, por ello en el estudio que ellos hacen sobre incorporar estrategias de desarrollo de bajo impacto en la ciudad de Guayaquil, dan a conocer como resultado una reducción de escorrentía de al menos un 20% para eventos cortos y cerca de un 19% para eventos extremos.

Así mismo, para Walther et al. (2025) las limitaciones de espacios para que el agua de la lluvia pueda filtrar y brindar una mejor atención ecológica a las áreas verdes de las zonas urbanas son muy frecuentes en la actualidad, debido a la colocación excesiva de calles y aceras pavimentadas, por ello en el estudio que ellos realizan al reutilizar las zanjas de tuberías subterráneas, usando como puentes subterráneos entre estas y las áreas verdes en la ciudad de Leichlingen ubicada en Alemania, se obtuvo como resultado en un tramo de 20 metros se pueden albergar entre 1028 y 1285 litros de agua, demostrando efectividad en la retención de agua lluvia, reduciendo la escorrentía superficial y mejora en el habitat verde urbanístico.

Según la revisión realizada por Monachese et al. (2024) los sistemas urbanos de drenaje sostenible se han destacado en recientes investigaciones debido a que estos colaboran con el entorno verde de las zonas urbanas, regulan la temperatura de la zona, y son más resilientes a eventos extremos climáticos, frente a los sistemas convencionales, los cuales poseen mucho tiempo en uso, su única función es drenar el agua de la lluvia de manera rápida y no soportan el escenario actual climático provocando presiones hídricas, obstrucciones, encharcamientos y aumento de escorrentía superficial.

Por otra parte, Wang et al. (2025) mencionan que las estructuras de biorretención en el drenaje urbano juegan un papel esencial en la actualidad, principalmente en zonas costeras con un nivel freático elevado y con precipitaciones extremas que hacen aumentar aún más, por ello en el estudio experimental que realizaron, se constató que conforme el nivel freático ascendía de 0,2 a 0,5 m, el caudal en las respectivas tuberías incrementaba haciendo que se drene el agua de la lluvia hacia su receptor y a vez se reducía el agua que se distribuye en los acuíferos, entonces al modificar el suelo con uno franco arenoso y quitando la tubería de

drenaje se evidenció una reducción del tiempo de drenaje entre un 41% y un 43% junto a una mejora en la infiltración del agua de la lluvia hacia los acuíferos.

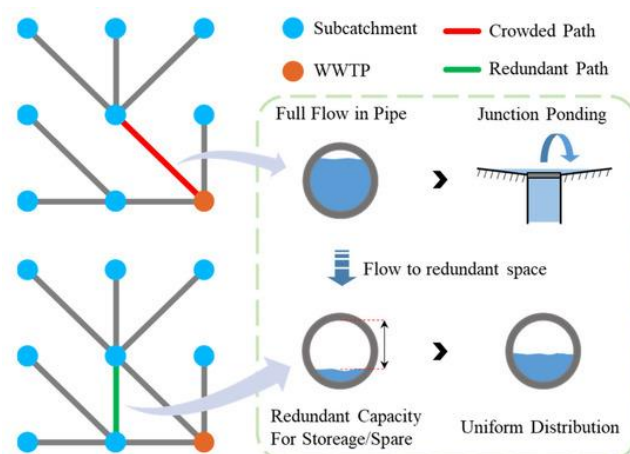
Dentro de la revisión que realiza Qin (2020) sobre las técnicas de mitigación de inundaciones urbanas, sostiene que existen varias técnicas cuyo denominador común en la eficacia en el drenaje de las aguas lluvias, pero estas no han tenido una evolución en su aspecto de funcionalidad, dado que cuando se incrementan las precipitaciones estas tienden a sufrir desbordamientos, entre estas técnicas él expone que las de pavimento permeable siempre van a depender de su capacidad de retención y la permeabilidad del suelo, mientras que los jardines, zanjas filtrantes, los techos verdes, la biorretención y los árboles en zonas urbanas pueden alterar su capacidad de infiltración a lo largo del tiempo al modificar la especie de planta por una con raíces que absorban más y que aflojen el suelo para infiltración hacia acuíferos, es por ello que él recomienda prolongar el tiempo de la descargar reteniendo el agua de la lluvia en áreas más grandes de suelo con una modificación en la funcionalidad de las plantas y agregando tanques de retención.

En países en desarrollo como Ecuador, la falta de monitoreo, las limitaciones financieras y la ausencia de políticas adecuadas incrementan los problemas de inundaciones. Eso se constata para Haddad et al. (2025) que en su estudio de percepciones de los profesionales que trabajan en la integración de los sistemas de drenaje sostenible, se revelan que existen varias dificultades entorno al conocimiento, el costo de construcción y mantenimiento de estos sistemas dentro de las autoridades que conforman un país, es por ello que no se propaga el uso de estos debido a una desconfianza a lo nuevo si haber tenido experiencias propias, deficiencia en la información de estos y déficit fiscal para dar oportunidad a estos sistemas.

En lo que respecta a nuevos sistemas de drenaje de aguas lluvias, se encuentra el tema de la redundancia, lo cual para Xie et al. (2025) es una evolución con respecto a un drenaje resiliente y operativo que mejora el uso de la infraestructura gris, dicho estudio que realizaron tiene su origen en una regulación integral y óptima del diseño de drenaje pluvial en lo que respecta a la teoría de grafos, demostraron que al modificar una red de drenaje centralizada a descentralizada, la dinámica, la resiliencia y el transporte de las aguas lluvias tuvieron una notable mejoría, debido a que si el agua se distribuye a otras tuberías se reduce la presión dentro de estos tubos, se disminuye la posibilidad de estancamiento por obstrucción, se obtiene una lámina de agua mucho menor, se logra un mejor almacenamiento, se adapta a un entorno climático cambiante, y se puede mejorar agregando técnica de desarrollo de bajo impacto para una mayor retención y posterior descarga.

**Figura 3**

*Vías de redundancia para la mitigación de la presión de las tuberías*



*Nota.* Tomado de Enhancing Urban Drainage Resilience Through Holistic Stormwater Regulation, Xie et al, 2025, <https://doi.org/10.3390/w17101536>

### **2.1.1 Marco teórico**

#### **Caudal de diseño:**

El caudal de diseño es el volumen máximo esperado de agua que debe transportar un sistema hidráulico durante un evento de lluvia crítico. Según Chow et al. (1988), el caudal de diseño se determina considerando la intensidad de lluvia, el área de aportación y las características de escurrimiento del terreno, con el fin de garantizar que la infraestructura opere sin desbordamientos bajo condiciones extremas. En drenaje urbano, este caudal se estima usualmente mediante el método racional.

#### **Diámetro de diseño:**

El diámetro de diseño es la dimensión interna mínima de una tubería que permite transportar el caudal calculado con velocidades y esfuerzos dentro de rangos seguros. Mays (2011) señala que el diámetro se selecciona considerando la rugosidad, pendiente hidráulica y régimen de flujo, aplicando ecuaciones como Manning para garantizar eficiencia y evitar sedimentación o erosión interna.

#### **Zanja filtrante**

Una zanja filtrante es un sistema lineal excavado y relleno con material granular o capas permeables destinado a infiltrar y almacenar temporalmente el agua lluvia. De acuerdo con Akan y Houghtalen (2003), este tipo de infraestructura funciona como una técnica de drenaje sostenible, reduciendo caudales pico y promoviendo la recarga subterránea, especialmente en zonas con limitaciones de pendiente o saturación superficial.

#### **Tiempo de recorrido y tiempo de concentración**

El tiempo de recorrido es el tiempo que tarda una gota de agua en desplazarse por un tramo específico del sistema. Por su parte, el tiempo de concentración es el tiempo total

requerido para que el flujo desde el punto más distante de la cuenca llegue al punto de salida. French (1985) explica que estos tiempos determinan la duración crítica del evento de lluvia y condicionan la intensidad usada en el cálculo del caudal de diseño.

### **Sumideros**

Los sumideros son estructuras de captación superficial que permiten ingresar el agua lluvia al sistema de conducción. Sturm (2001) menciona que su espaciamiento depende de la capacidad hidráulica, pendiente vial y caudal generado, siendo elementos clave para evitar acumulaciones y encharcamientos.

### **Relaciones hidráulicas**

Las relaciones hidráulicas son vínculos matemáticos entre variables como caudal, área hidráulica, velocidad y energía. Según Mays (2011), estas permiten analizar el comportamiento del flujo en tuberías y canales, siendo fundamentales para asegurar condiciones de flujo estable y eficiente.

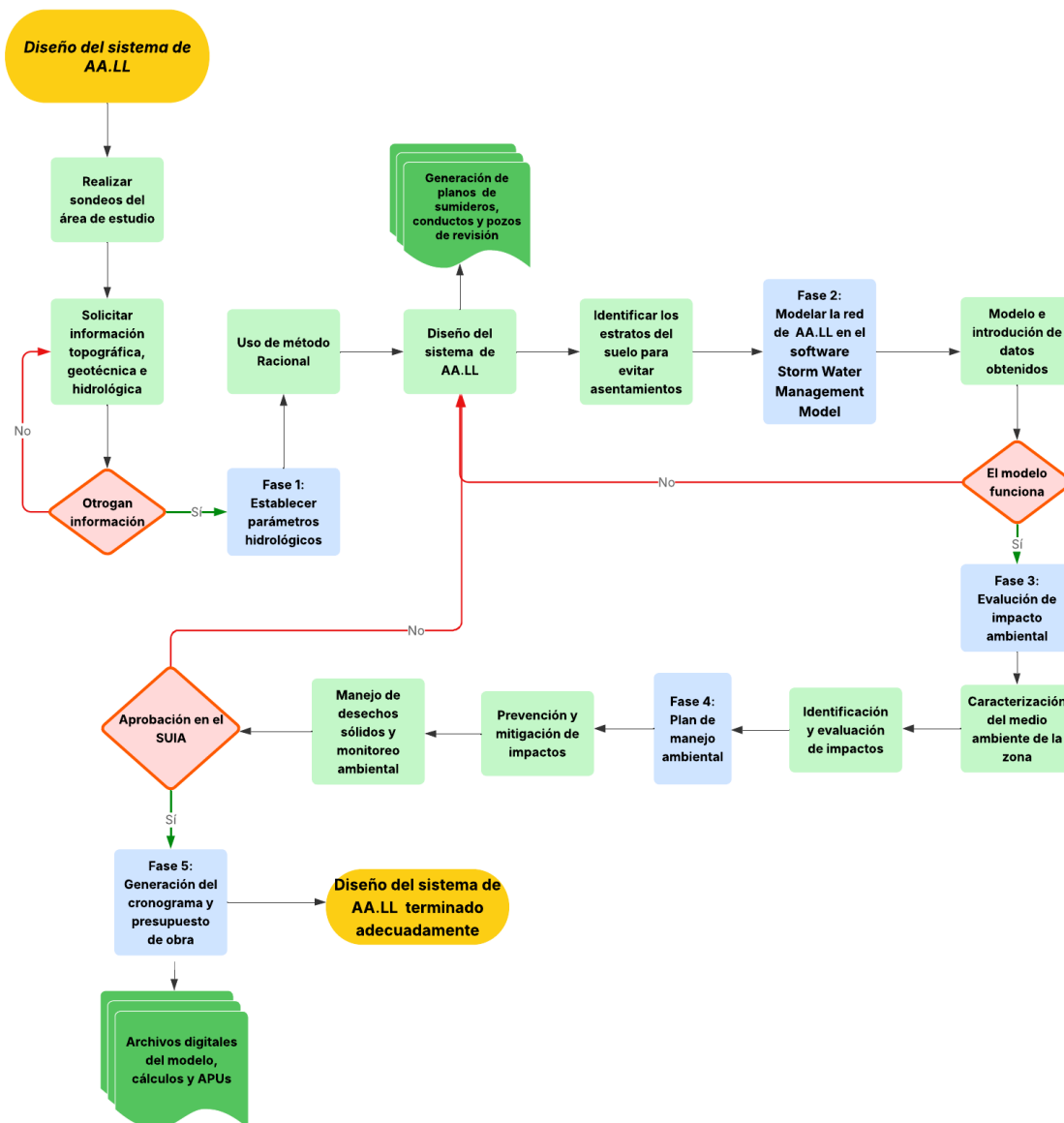
### **Curvas IDF**

Las curvas Intensidad–Duración–Frecuencia representan estadísticamente el comportamiento de lluvias extremas. Chow et al. (1988) indica que estas curvas permiten seleccionar la intensidad máxima probable para un periodo de retorno, garantizando que el sistema de drenaje esté diseñado para eventos críticos.

## 2.1.2 Marco metodológico:

Figura 4

Diagrama de flujo sobre la metodología a utilizar en el diseño de AA.LL



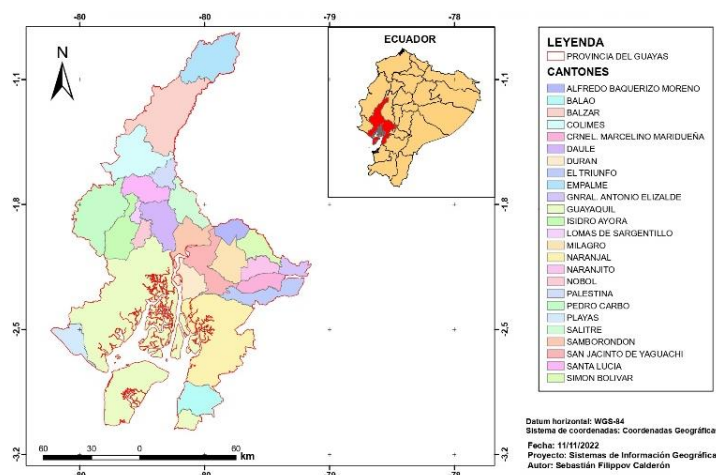
La metodología empleada para el diseño del sistema de AA.LL se desarrolla mediante un enfoque secuencial y multidisciplinario, iniciando con el trabajo de campo y la recopilación de información topográfica, geotécnica e hidrológica del área de estudio. Posteriormente, se establecen los parámetros hidrológicos mediante el método racional, lo que permite definir caudales y diámetros de diseño.

En la fase de modelación, la red propuesta de sumideros, conductos y pozos se modelan en el software SWMM, integrando los datos obtenidos para verificar su desempeño hidráulico. Si el modelo cumple con los criterios técnicos, se procede a la evaluación del impacto ambiental, incluyendo la caracterización del entorno, la identificación de impactos y la formulación de un plan de manejo que incorpore acciones de prevención, mitigación y monitoreo. Finalmente, tras una aprobación en el SUIA, se elabora el cronograma, el presupuesto y los documentos técnicos digitales, culminando con la generación de los planos definitivos y la validación integral del sistema diseñado.

## 2.2 Área de estudio

**Figura 5**

*Mapa con coordenadas UTM de la provincia del Guayas*



El área de estudio donde se proyecta el diseño de drenaje pluvial se ubica en la provincia del Guayas, dentro del cantón Guayaquil, correspondiente a la parroquia Tarqui (figura 5). Esta área colinda con el Río Guayas al Este, con el aeropuerto internacional de la ciudad de Guayaquil al Oeste y con el puente de la Unidad Nacional al norte. Está situado en un entorno ribereño con un nivel freático alto típico de un ecosistema de humedal alto junto a

zonas portuarias contiguas, debido a esto el terreno presenta una baja cota rasante y hace que las mareas se involucren en inundaciones cada vez que hay precipitaciones intensas.

**Figura 6**

*Imagen satelital del Área de estudio*



*Nota.* Tomada de Google Earth, 2025

El tipo de suelo predominante de esta área es arcilloso y limoso, típico de las zonas ribereñas que conforman el delta del Río Guayas, lo que genera una baja infiltración y una rápida saturación durante eventos de lluvia. El clima corresponde a un régimen tropical húmedo, con temperaturas elevadas durante casi todo el año y una estación lluviosa marcada entre enero y abril. La vegetación de la zona tal como se puede observar en la figura 6 se compone principalmente de manglar, gramíneas y áreas intervenidas, propias de una zona donde la actividad antrópica es intensa.

El cauce del río Guayas, que bordea la Base, es ancho, de flujo lento y con un comportamiento influenciado por mareas. Durante la época invernal, el nivel del río suele elevarse de forma considerable, reduciendo la capacidad de descarga de los sistemas urbanos de drenaje y generando condiciones de contraflujo, esto debido a que el flujo choca con el islote El Palmar provocando un desborde en la zona de estudio. Cabe mencionar que el Río

Guayas forma parte de la cuenca hidrográfica de su mismo nombre, la cual es una de las más extensas y complejas del país, recibe aportes de numerosas subcuencas que incrementan los caudales en temporada lluviosa, lo que afecta directamente a las zonas ribereñas como esta.

**Figura 7**

*Topografía del área de estudio usando Civil 3D*



*Nota.* Tomado de Mapa topográfico de la Base Naval Norte, Armada del Ecuador, 2020

Desde el punto de vista topográfico del cual se puede observar de la figura 7, el área presenta una pendiente muy suave (colores fríos), prácticamente plana, lo cual favorece la acumulación de escorrentías y dificulta la evacuación natural del agua de las precipitaciones.

El sistema de drenaje pluvial existente dentro de la Base Naval Norte es antiguo, mal planificado y construido con criterios que no responden a las condiciones actuales del entorno. Las tuberías presentan deterioro, sedimentos acumulados y conexiones que no garantizan la fluidez del agua de la lluvia. Además, muchos tramos carecen de pendientes

mínimas o de estructuras de alivio, lo que provoca colapsos frecuentes en eventos de lluvia moderada. La combinación de infraestructura envejecida, bajas cotas de la superficie y aumento del nivel del río durante el invierno convierte al sector en un punto crítico, susceptible a inundaciones que afectan el funcionamiento operativo y logístico de la institución asentada en este lugar.

### **2.3 Trabajo de campo y laboratorio**

Como parte del diagnóstico inicial del sistema de drenaje pluvial en la Base, se efectuó un recorrido técnico in situ por todas las áreas relevantes de las instalaciones. Durante esta inspección se registró evidencia fotográfica que permitió documentar el estado real de la infraestructura hidráulica. Se constató un evidente deterioro del sistema existente, identificado por la presencia de sumideros obstruidos y cubiertos por vegetación, lo que impedía el paso adecuado del flujo superficial. Así mismo, se observó mezcla indebida de aguas residuales con aguas lluvias en ciertos puntos, indicando conexiones irregulares y fallas en la separación de redes. Varias rejillas presentaban diseños no adecuados o insuficientes para la captación pluvial, y se detectaron tramos de tuberías parcialmente colapsadas u obstruidas, limitando la conducción por gravedad. En conjunto, estas observaciones confirmaron que el sistema se encuentra en un estado funcional deficiente, con alto riesgo de inundación y sobrecarga hidráulica, justificando la necesidad de plantear alternativas de rediseño y mejora integral.

**Figura 8**

*Estado actual de los sumideros de la Base Naval Norte*



Cabe mencionar que se ha realizado trabajos anteriores de topografía de la zona, así como también la batimetría de la zona colindante al Río Guayas y ensayos geotécnicos en tierra y en agua de los suelos cercanos al río.

Por otro lado, se obtuvieron datos del pluviómetro ubicado dentro de las instalaciones del aeropuerto de la ciudad de Guayaquil, dicho datos fueron transferidos por la DGAC, los cuales son de gran utilidad por su gran cercanía al área de estudio. Con estos datos se procedió a construir una ecuación de intensidad de la zona y posteriormente las respectivas curvas IDF con distintos periodos de duración y de retorno. A continuación se muestra en la figura 9 el pluviómetro.

**Figura 9**

*Pluviómetro ubicado en el aeropuerto de Guayaquil*



## 2.4 Análisis de datos

Los informes geotécnicos muestran que el terreno en la base naval norte está compuesto principalmente por depósitos arenosos limosos y suelos de grano fino con presencia variable de humedad, lo que indica una permeabilidad media a baja y una capacidad limitada para evacuar agua por infiltración natural. En el estudio “En Tierra” se evidencia la existencia de estratos superiores relativamente sueltos y con posibilidad de saturación rápida durante lluvias intensas, lo que incrementa el riesgo de asentamientos diferenciales, pérdida de soporte y reducción de la capacidad portante del terreno. Además, la presencia de finos y el grado de compactación natural sugieren que el suelo tiene susceptibilidad a ablandamiento bajo cargas hidráulicas prolongadas. Esto confirma que un sistema de drenaje que dependa únicamente de la infiltración natural o de la gravedad tendría un desempeño limitado en condiciones extremas.

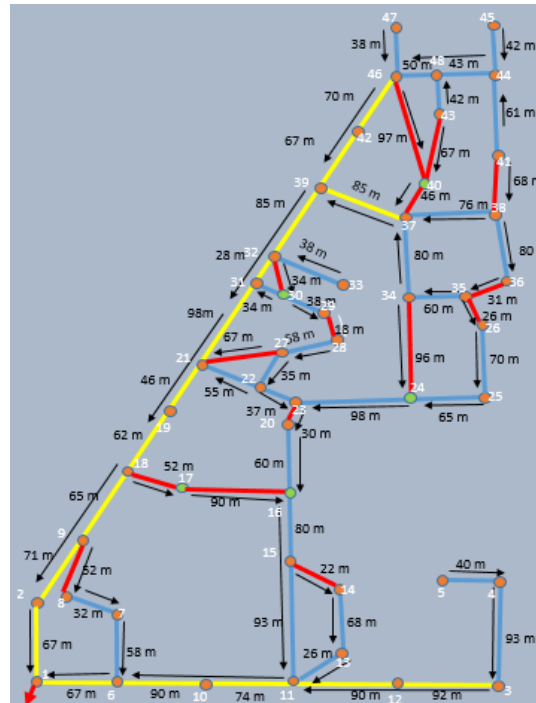
Por su parte, el informe “En Agua” confirma la presencia de un nivel freático elevado, cercano a superficie en determinados puntos, lo que implica que el suelo puede encontrarse en estado casi saturado durante épocas lluviosas. Este factor reduce aún más la permeabilidad efectiva y puede generar presiones intersticiales elevadas, favoreciendo anegamientos, disminución de resistencia al corte y problemas de estabilidad en excavaciones y zanjas. De manera conjunta, ambos informes indican que la zona tiene un comportamiento hidrogeotécnico desfavorable para el drenaje pasivo, lo que justifica la necesidad de sistemas complementarios como superficies de infiltración controlada, drenaje subterráneo reforzado, capas filtrantes con materiales granulares y soluciones que reduzcan la saturación del terreno.

Ambos informes muestran una secuencia estratigráfica similar, con suelo blando y compresible en los primeros 10–12 m, transición granular hasta los 22–24 m y un estrato arenoso denso competente por debajo de los 24 m hasta aproximadamente los 36 m.

## **2.5 Análisis de alternativas**

Se proponen 3 alternativas, las cuales se ajustan a una realidad climática cambiante y a un entorno en crecimiento como el que se estudia.

En la alternativa 1, se propone un sistema convencional con redundancia por gravedad, todo este sistema tendría colectores y sumideros con descarga hacia la red pública, su principales objetivos serían tener una mayor capacidad de almacenamiento de agua lluvia, disminuir la presión hídrica dentro de las tuberías, disminuir la posibilidad de obstrucciones actuando como un bypass y reducir el tirante normal del agua dentro de las tuberías. Cabe mencionar que en los cálculos que se hicieron para esta alternativa, se obtuvieron un total de 48 pozos, 3610 m de longitud de tubería PEAD, caudales de diseño que van desde los 0,015  $\frac{m^3}{s}$  hasta los 0,749  $\frac{m^3}{s}$  y diámetros de diseño nominales desde los 315 mm hasta los 900 mm, evidenciando el debido incremento en el diámetro de la tuberías para funcionar como un gran sistema de depósito subterráneo de agua lluvia. A continuación se adjunta el siguiente trazado de esta alternativa:

**Figura 10***Trazado de la red de AA.LL de la Alternativa 1*

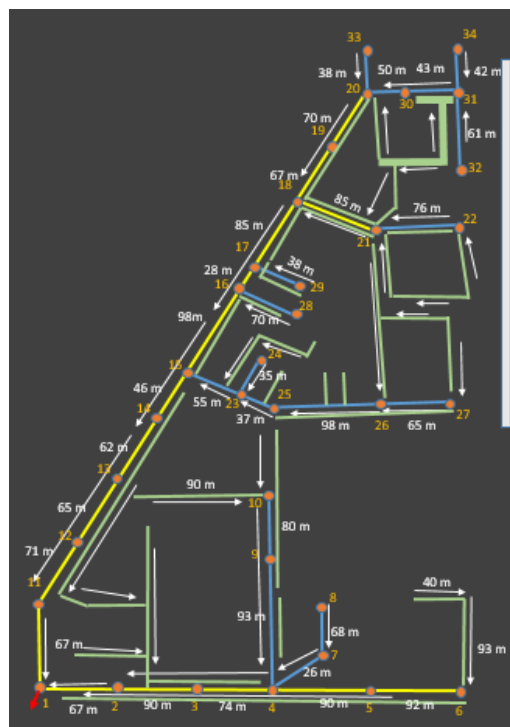
Donde se pueden observar la cantidad de pozos, la cantidad de tramos de tuberías, las respectivas longitudes en metros, la dirección del flujo del agua lluvia, los colectores principales de color amarillo, colectores secundarios de color celeste y finalmente los colectores redundantes de color rojo.

En la alternativa 2, se propone sistema convencional mixto por gravedad y superficies de infiltración, donde se tendría dentro de este sistema colectores y sumideros con descarga hacia la red pública más la colocación de dique de protección en la ribera con el Río Guayas. Sus principales características serían la de llevar el agua de lluvia con asistencia de la propia gravedad a través de los sumideros y colectores de material PEAD, esto se complementa con un caudal de infiltración dadas por las superficies filtrantes donde estas cumplirán su función cuando se presenten precipitaciones extremas atrapando el agua de lluvia a través de las capas de suelo y el excedente viajaría por un tubo perforado PVC envuelto en un geotextil hacia los

pozos más cercanos. Entre los resultados logrados con esta alternativa, se obtuvieron 34 pozos, un total de 2078 m de longitud de tubería PEAD, caudales de diseño que van desde los  $0,005 \frac{m^3}{s}$  hasta los  $0,253 \frac{m^3}{s}$  incluyendo el descuento que otorga las superficies filtrantes y diámetros nominales que van desde los 315 mm hasta 560 mm. A continuación se presenta el trazado de la alternativa 2:

**Figura 11**

*Trazado de la red de AA.LL de la Alternativa 2*



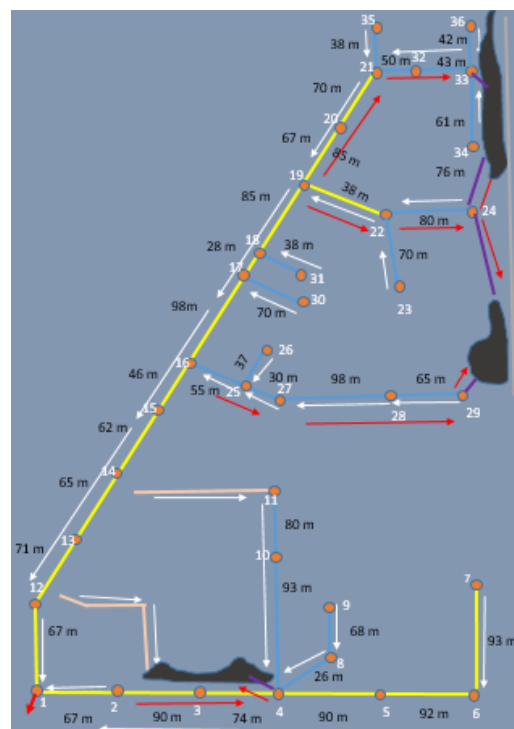
Donde se puede evidenciar la cantidad de pozos, las longitudes de tuberías, la dirección del flujo de agua de lluvia, las superficies filtrantes de color verde, los colectores principales de color amarillo, los colectores secundarios de color azul, el dique de protección de color gris y la respectiva descarga hacia el drenaje público de color rojo.

Por otro lado, en la alternativa 3, se propone un sistema convencional por gravedad y bombeo, donde se tendría los respectivos colectores, drenes y sumideros con descarga hacia

red pública o lagunas artificiales más la implementación de un dique de protección costero. Entre sus principales objetivos de este sistema sería un funcionamiento adecuado por gravedad, pero una vez que este falle por un incremento sustancial de las precipitaciones, entraría en escena el bombeo de esta agua de lluvia hacia las respectivas lagunas artificiales, cuyo función sería la de almacenar y descargar esta agua de manera progresiva en el río una vez que la marea este baja. Entre los resultados logrados se obtuvieron un total de 37 pozos, una longitud total de tuberías PEAD de 2257 m, caudales de diseño que van desde los  $0,007 \frac{m^3}{s}$  hasta los  $0,274 \frac{m^3}{s}$  y diámetros nominales desde los 315 mm hasta los 560 mm. A continuación se presenta el trazado de esta alternativa:

**Figura 12**

*Trazado de la red de AA.LL de la Alternativa 3*



Donde se puede evidenciar la cantidad de pozos, longitudes de la tuberías PEAD, el sentido del flujo del agua de lluvia, las dirección junto al punto de partida de la línea de bombeo de color rojo, los respectivos drenes de color rosa, los colectores principales de color

amarillo, los colectores secundarios de color celeste, las lagunas artificiales de color negro y finalmente el dique de protección de color gris en la parte noreste.

Finalmente, se procedió a la selección de la mejor opción de las 3 alternativas usando el método de Pugh, debido a que permite comparar alternativas considerando criterios tanto cualitativos como cuantitativos mediante una matriz de decisión estructurada, en donde uno da un determinado peso de importancia a las características o parámetros establecidos y luego se procede con la calificación que va desde -1, 0 hasta +1. Pugh (1990) dio a conocer en su libro que este método es especialmente útil en ingeniería cuando las alternativas presentan diferentes comportamientos técnicos, económicos y operativos.

Para la calificación de cada alternativa se tuvo en cuenta las distintas características o condiciones del área de estudio como pendientes mínimas, presencia de suelos con permeabilidad baja y un nivel freático elevado. Estas características hacen que un sistema puramente por gravedad como la alternativa 1 tenga limitaciones operativas importantes, lo que justifica puntuaciones bajas en riesgo geotécnico y factibilidad. La alternativa 2 mixta con superficies de infiltración mejora de manera significativa el desempeño hidráulico, ya que permite combinar conducción y recarga filtrante, reduciendo los picos de caudal que llegan a la red pública y mitigando la saturación del terreno. En contraste, el sistema de la alternativa 3 que incorpora bombeo ofrece el mejor rendimiento hidráulico pero incrementa los costos, complejidad de construcción y mantenimiento, lo que se refleja en sus calificaciones negativas en costo, tiempo y operación. Por lo tanto, a continuación se puede evidenciar la Tabla 1, con sus respectivas calificaciones y dando como ganadora a la alternativa 2.

**Tabla 1***Criterios de selección mediante matriz del método de Pugh*

Criterio	A1: Convencional Gravedad	A2: Mixto Gravedad + Infiltración	A3: Gravedad + Bombeo
Costo	0	+1	-1
Eficiencia hidráulica	-1	+1	+1
Comportamiento ante lluvias intensas	-1	+1	+1
Adaptabilidad al suelo BASNOR	-1	+1	0
Riesgo geotécnico	-1	+1	0
Tiempo de construcción	+1	0	-1
Mantenimiento	+1	0	-1
Impacto ambiental	0	+1	-1
Confiabilidad del sistema	0	+1	+1
Total	-2	+7	+1

*Nota.* Las calificaciones (+1, 0, -1) corresponden a la evaluación relativa de cada alternativa mediante el método Pugh.

## **Capítulo 3**

### 3. DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES

#### 3.1 Análisis y estudios preliminares

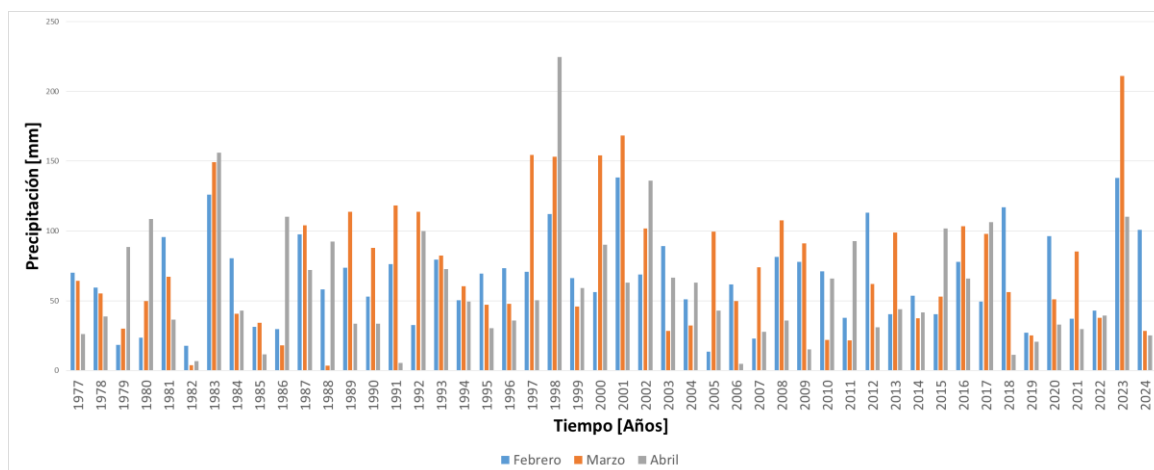
##### 3.1.1 Curvas IDF del área de estudio

Para el diseño de la alternativa ganadora se procedió como primer paso la obtención de datos de precipitaciones máximas de 24 horas mensuales dadas en la zona de estudio, los cuales se encuentran en la estación meteorológica que posee el aeropuerto de Guayaquil, cuya ubicación se encuentra a menos de 100 metros de la Base Naval Norte. Una vez otorgados los datos por la DGAC, se comenzaron a realizar varios procesos previos para la construcción de la curva IDF.

Con los datos de precipitaciones de la zona de estudio, se construyó un gráfico de barras con los meses de febrero, marzo y abril desde el año 1977 hasta el año 2024, los cuales representan los meses más lluvioso en época invernal tal como se muestra en la figura # 13. En este gráfico se puede constatar que han existido 3 grandes picos de precipitaciones dadas en los años de 1983, 1998 y 2023, dicha información es vital para tener en cuenta un diseño con dimensiones más conservadoras.

**Figura 13**

Datos de precipitación desde 1970 hasta 2024 dados por el pluviómetro de DGAC



Luego de obtener las máximas precipitaciones anuales de cada año, se procedió a usar una distribución de Gumbel para obtener las respectivas intensidades, obteniendo en primera instancia el promedio, la desviación estándar, la constante alfa y la constante u.

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = \frac{4963,3}{48} = 103,4 \text{ mm}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{69375,03}{47}} = 38,42 \text{ mm}$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} \cdot s = \frac{\sqrt{6}}{3,14} \cdot 38,42 = 29,96 \text{ mm}$$

$$u = \bar{x} - 0,5772 \cdot \alpha = 103,4 - 0,5772 \cdot 29,96 = 86,11 \text{ mm}$$

Con estos valores, se calcularon los valores de precipitación de acuerdo al período de retorno mediante el uso de la fórmula de Gumbel. Se detalla a continuación el procedimiento para obtener la precipitación con un período de retorno de 5 años.

Primero se calculó la probabilidad de ser igualado o superado:

$$F(x) = 1 - \frac{1}{T} = 1 - \frac{1}{5} = 0,8$$

Luego obteniendo la variable reducida YT

$$YT = -\ln(-\ln(F(x))) = -\ln(-\ln(0,8)) = 1,50$$

Finalmente, se obtuvo la correspondiente precipitación:

$$XT = -\ln(-\ln(F(x))) \cdot \alpha + u$$

$$XT = 1,50 \cdot 29,96 + 86,11 = 131,04 \text{ mm}$$

Este y otros resultados para los demás períodos de retorno se muestran en anexos.

Luego, con ayuda de la siguiente tabla # 2 donde se proporcionan los coeficientes que relacionan la duración de lluvia, los cuales van a servir para determinar las máximas precipitaciones probables para cada período de retorno, es decir, distribuir las precipitaciones obtenidas por Gumbel XT a distintas duraciones en horas. Se detalla a continuación el proceso si eligiéramos una duración de 3 horas y un período de retorno de 5 años:

**Tabla 2**

Coeficientes de relación con la duración de lluvia

<b>Duraciones en horas</b>									
1	2	3	4	5	6	8	12	18	24
0,3	0,39	0,46	0,52	0,57	0,61	0,68	0,8	0,91	1

Nota. Datos obtenidos de D.F. Campos A., 1978, "Procesos del ciclo Hidrológicos", México

Teniendo en cuenta que la duración de 3 horas que da un coeficiente de 0,46 y la precipitación obtenida anteriormente mediante Gumbel:

$$T = 5 \text{ años} \rightarrow P = 0,46 \cdot 131,04 = 60,28 \text{ mm}$$

Por otro lado, a partir de este valor también se obtuvo la intensidad máxima probable con esas mismas condiciones, de la siguiente manera:

$$I = \frac{60,28 \text{ mm}}{3 \text{ h}} = 20,09 \frac{\text{mm}}{\text{h}}$$

Este y los demás valores de precipitación e intensidad para los otros períodos de retorno se encuentran en anexos.

Luego, teniendo esa información se procedió a armar la ecuación de intensidad, a partir del uso de regresiones para la obtención de los parámetros de ajuste. Así mismo, usando como ejemplo con un período de retorno de 5 años, en donde la variable "x" representa la duración en minutos de las 10 duraciones en horas y la variable "y" representa

las intensidades anteriormente calculadas para ese determinado período, se obtuvo la siguiente tabla de ajuste:

**Tabla 3**

Regresión para T=5 años

Período de retorno para T= 5 años						
N°	x	Y	ln x	ln y	ln x* ln y	(ln x)^2
1	1440	5,46013909	7,27239839	1,69747426	12,3447091	52,8877784
2	1080	6,62496877	6,98471632	1,89084566	13,2070205	48,7862621
3	720	8,73622255	6,57925121	2,16747789	14,2603816	43,2865465
4	480	11,1386837	6,1737861	2,41042407	14,8814426	38,1156349
5	360	13,3227394	5,88610403	2,5894723	15,2419034	34,6462207
6	300	14,9389406	5,70378247	2,70397126	15,4228639	32,5331345
7	240	17,035634	5,48063892	2,83530727	15,5392954	30,037403
8	180	20,0933119	5,19295685	3,00038702	15,5808803	26,9668009
9	120	25,553451	4,78749174	3,24077237	15,515171	22,9200772
10	60	39,3130015	4,09434456	3,67155529	15,0326124	16,7636574
suma:			58,1554706	26,2076874	147,02628	346,943515

Después de obtener estos datos de regresión, se realizaron las respectivas sumas para proceder con la obtención de los parámetros de ajuste “n” y “d” para este período de retorno, para el parámetro “n” se usó la siguiente expresión:

$$n = \frac{N \cdot \sum(\ln(x) \cdot \ln(y)) - \sum(\ln(x)) \cdot \sum(\ln(y))}{N \cdot \sum(\ln(x))^2 - (\sum(\ln(x)))^2}$$

$$n = \frac{10 \cdot 147,02 - 58,16 \cdot 26,21}{10 \cdot 346,94 - (58,16)^2} = -0,62$$

Para la obtención del parámetro “d” se empieza con la siguiente expresión:

$$\ln(d) = \frac{\sum(\ln(y)) - n \cdot \sum(\ln(x))}{N}$$

$$\ln(d) = \frac{26,21 \cdot -(-0,62) \cdot 58,16}{10} = 6,21$$

$$e^{\ln(d)} = e^{6,21}$$

$$d = 495,41$$

Los correspondientes valores de los demás períodos se encuentran en anexos. Una vez obtenido todos los respectivos parámetros de cada período de retorno, se procedió con la obtención del promedio del parámetro “n”, es decir, el coeficiente de regresión.

**Tabla 4**  
Coeficientes de regresión para distintos T

Período de retorno (años)	Coeficiente de regresión (n)
2	-0,616386088
5	-0,616386088
10	-0,616386088
25	-0,616386088
50	-0,616386088
100	-0,616386088
500	-0,616386088
Promedio:	-0,616386088

Se puede evidenciar que todos los coeficientes “n” son iguales, esto se da porque en las regresiones se realizaron sobre una misma variable independiente, por ende, en el ámbito logarítmico al graficar la regresión esta “n” pendiente se mantiene constante para cada período. Finalmente, se realiza la regresión potencial final, en donde la variable “x” representa los períodos de retorno y la variable “y” representa los parámetros “d”.

**Tabla 5**  
Resultados de regresión potencial

N°	x	y	Regresión potencial			
			ln x	ln y	ln x* ln y	(ln x)^2
1	2	367,0543	0,6931	5,9055	4,0934	0,4805
2	5	495,4126	1,6094	6,2054	9,9872	2,5903
3	10	580,3970	2,3026	6,3637	14,6530	5,3019
4	25	687,7751	3,2189	6,5335	21,0304	10,3612
5	50	767,4342	3,9120	6,6431	25,9878	15,3039
6	100	846,5052	4,6052	6,7411	31,0440	21,2076
7	500	1029,2261	6,2146	6,9366	43,1080	38,6214
	Suma:		22,5558	45,3288	149,9038	93,8667

Una vez obteniendo las respectivas sumatorias como se ve en la tabla # 5, se procedió a calcular el coeficiente de regresión "m" a partir de la siguiente expresión:

$$m = \frac{N \cdot \sum(\ln(x) \cdot \ln(y)) - \sum(\ln(x)) \cdot \sum(\ln(y))}{N \cdot \sum(\ln(x))^2 - (\sum(\ln(x)))^2}$$

$$m = \frac{7 \cdot 149,9 - 22,56 \cdot 45,32}{7 \cdot 93,87 - (22,56)^2} = 0,1814$$

Para la constante de regresión "K" se calcula con la siguiente expresión:

$$\ln(K) = \frac{\sum(\ln(y)) - m \cdot \sum(\ln(x))}{N}$$

$$\ln(K) = \frac{45,32 - (-0,1814) \cdot 22,56}{7} = 5,89$$

$$e^{\ln(K)} = e^{5,89}$$

$$K = 361,82$$

Habiendo obtenido los respectivos coeficientes y constante de regresión "n", "m" y "K" respectivamente, se procedió a armar la ecuación de intensidad usando la fórmula de Estados Unidos según Villón (2002).

$$I = \frac{K \cdot T^a}{D^b}$$

$$I = \frac{K \cdot T^m}{D^n} = \frac{361,8159 \cdot T^{0,1814}}{D^{0,6164}}$$

A partir de la obtención de la ecuación de intensidad que comprende dicha zona de estudio, se procedió a obtener las respectivas intensidades para cada duración y período de retorno. A continuación en la tabla # 5 se muestran estos resultados comprendidos desde una duración de 10 minutos a 1440 minutos, mientras tanto, en la figura # 14 se muestran las curvas IDF para los períodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años.

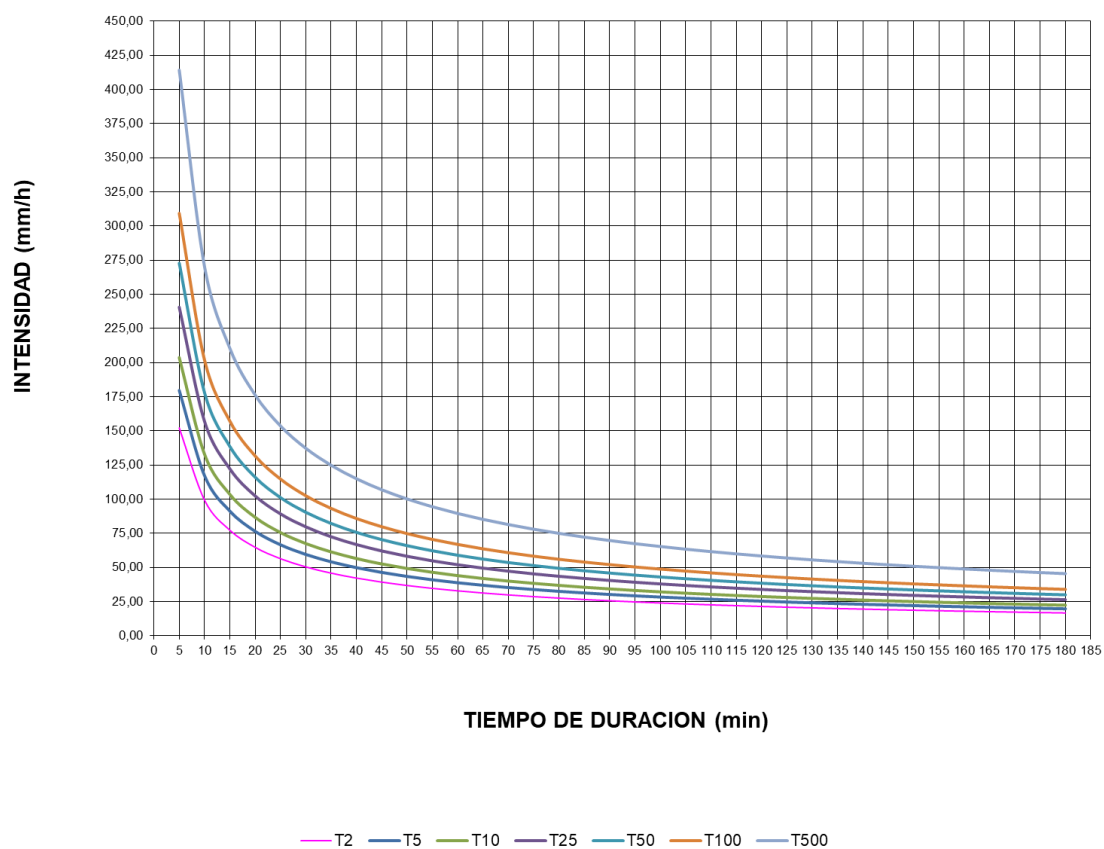
Tabla 6

Intensidades mm/h para distintos períodos de retorno y duración

Períodos de retorno	duración en minutos										
	10	15	30	60	90	120	180	240	360	720	1440
2	99,24	77,30	50,42	32,89	25,62	21,45	16,71	13,99	10,90	7,11	4,64
5	117,18	91,27	59,54	38,84	30,25	25,33	19,73	16,52	12,87	8,40	5,48
10	132,88	103,50	67,51	44,04	34,30	28,73	22,37	18,74	14,59	9,52	6,21
25	156,91	122,21	79,72	52,00	40,50	33,92	26,42	22,13	17,23	11,24	7,33
50	177,92	138,58	90,40	58,97	45,93	38,46	29,96	25,09	19,54	12,75	8,31
100	201,76	157,14	102,50	66,86	52,08	43,62	33,97	28,45	22,16	14,45	9,43
500	270,15	210,41	137,25	89,53	69,73	58,40	45,49	38,09	29,67	19,35	12,62

Figura 14

Curvas IDF obtenidas del área de estudio



### 3.1.2 Coeficiente de escorrentía del área de estudio

Para la obtención del coeficiente de escorrentía de toda esta cuenca, se procedió a distribuir los distintos tipos de áreas que se encuentran dentro de la Base Naval Norte teniendo en cuenta que el total del área de esta es de aproximadamente 17,75 hectáreas. Como primer paso se construyeron los distintos polígonos diferenciándolos con colores mediante el uso de Google Earth, tal como se muestra en la figura # 15:

**Figura 15**

Áreas para determinar coeficiente de escorrentía



Luego, se procedió con la información de las áreas dadas por el software de Google Earth realizando las respectivas sumatorias para obtener las áreas totales aproximados, las cuales fueron 4 tipos, tal como se muestra en la tabla # 7:

**Tabla 7**

Cantidades halladas de las distintas áreas encontradas

Tipos de áreas	Cantidad	Unidades
Áreas de edificaciones con techados (contorno de color amarillo A1):	3,85	ha
Áreas de calles con material asfáltico (contorno de color negro A2):	3,55	ha
Áreas con pavimento rígido (contorno de color café A3):	3,45	ha
Áreas verdes y jardines con condición pobre de menos 50% del área (contorno de color verde A4) :	6,86	ha

Por otro lado, se consideraron los respectivos coeficientes de escorrentía para estos 4 tipos de áreas, partiendo de los siguientes valores que se dan a conocer en las figuras # 16 y 17:

**Figura 16**

Valores de coeficientes de escorrentía

Tipo de área drenada	Coefficiente C
<b>Áreas comerciales</b>	
Céntricas	0.7 – 0.95
Vecindarios	0.5 – 0.7
<b>Áreas residenciales</b>	
Familiares simples	0.30 – 0.50
Multifamiliares separadas	0.40 – 0.60
Multifamiliares concentrados	0.60 – 0.75
Semi-urbanos	0.25 – 0.40
Casas de habitación	0.50 – 0.70
<b>Áreas industriales</b>	
Densas	0.60 – 0.90
Espaciadas	0.50 – 0.80
Parques, cementerios	0.10 – 0.25
Campos de juego	0.10 – 0.35
Patios de ferrocarril	0.20 – 0.40
Zonas suburbanas	0.10 – 0.30
<b>Calles</b>	
Asfaltadas	0.70 – 0.95
De concreto hidráulico	0.80 – 0.95
Adoquinadas	0.70 – 0.85
Estacionamientos	0.75 – 0.85
Techados	0.75 – 0.95

*Nota.* Estos valores son obtenidos de Villón (2002)

**Figura 17**

Valores de coeficiente de escorrentía para vegetación

Tipo de vegetación	Pendiente (%)	Textura		
		Franco arenosa	Franco arcillolimosa franco limosa	Arcillosa
Forestal	0 - 5	0.10	0.30	0.40
	5 - 10	0.25	0.35	0.50
	10 - 30	0.30	0.50	0.60
Praderas	0 - 5	0.10	0.30	0.40
	5 - 10	0.15	0.35	0.55
	10 - 30	0.20	0.40	0.60
Terrenos cultivados	0 - 5	0.30	0.50	0.60
	5 - 10	0.40	0.60	0.70
	10 - 30	0.50	0.70	0.80

*Nota.* Estos valores son obtenidos de Manual de conservación del suelo y el agua, Chapingo, México, 1977

De la figura # 16 se toman en consideración los valores de calles asfaltadas, de concreto hidráulico, techados, mientras que de la figura # 17 se toman valores para las áreas verdes que sería tipo forestal con una pendiente baja menor a 5 % y una textura arcilloso limoso. Esta última selección se corrobora estimando lo siguiente:

$$\text{Longitud máxima de recorrido del agua} = 682 \text{ m}$$

$$\text{Diferencias entre alturas} = H_{\text{remoto}} - H_{\text{desague}} = 4,2 \text{ m} - 3,2 \text{ m} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Pendiente} = \frac{\text{Diferencia de alturas}}{\text{Longitud de recorrido}} = \frac{1 \text{ m}}{682 \text{ m}} = 0,0015$$

Teniendo esto en cuenta se procede a considerar de manera conservadora los siguientes coeficientes según las características de cada área en la zona, tal como se muestran en la tabla # 8:

**Tabla 8**

Coeficientes de escorrentía considerados para el área de estudio

Tipos	Nombre	Coeficientes
Área de edificaciones:	C1	0,95
A	C2	0,95
Pavimentos rígidos:	C3	0,95
Áreas verdes y jardines:	C4	0,3

Luego, se procedió con la obtención del coeficiente de escorrentía total de la cuenca, usando la siguiente expresión:

$$C = \frac{(C1 \cdot A1 + C2 \cdot A2 + C3 \cdot A3 + C4 \cdot A4)}{\text{Área total}}$$

$$C = \frac{(0,95 \cdot 3,85 + 0,95 \cdot 3,55 + 0,95 \cdot 3,45 + 0,3 \cdot 6,86)}{17,75} = 0,70$$

### 3.1.3 Caudal del área de estudio

Para la obtención del caudal de toda la cuenca se usó el método racional, teniendo en cuenta la longitud de recorrido y la diferencia de alturas anteriormente calculadas, se procedió como primer paso con la obtención del tiempo de concentración usando la ecuación de Kirpich:

$$t_c = 0,0195 \cdot \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385}$$

$$t_c = 0,0195 \cdot \left(\frac{(682 \text{ m})^3}{1 \text{ m}}\right)^{0,385} = 36,56 \text{ min}$$

Una vez teniendo este valor, el cual es equivalente a la duración de lluvia según el método racional, se lo aproxima al máximo entero:

$$t_c = \text{duración de lluvia} = 37 \text{ min}$$

Con este valor, se procedió a reemplazarlo en la ecuación de intensidad encontrada anteriormente y junto al período de retorno seleccionado de 5 años para alcantarillas de acuerdo al criterio de diseño de drenaje urbano en ciudades pequeñas priorizando el control de eventos frecuentes que se da en la zona por variación climática, tal como se muestra en la figura # 18, con el fin de obtener la intensidad que se da en la cuenca con esas características obtenidas.

$$I = \frac{K \cdot T^m}{D^n}$$

$$I = \frac{361,8159 \cdot (5 \text{ años})^{0,1814}}{(37 \text{ min})^{0,6164}} = 52,32 \frac{\text{mm}}{\text{h}}$$

Figura 18

Distintos períodos de retorno recomendados

TABLA 13.1.1  
Criterios de diseño generalizados para estructuras de control de agua

Tipo de estructura	Periodo de retorno (años)	ELV
Alcantarillas de carreteras		
Volúmenes de tráfico bajos	5-10	-
Volúmenes de tráfico intermedios	10-25	-
Volúmenes de tráfico altos	50-100	-
Puentes de carreteras		
Sistema secundario	10-50	-
Sistema primario	50-100	-
Drenaje agrícola		
Culverts	5-50	-
Surcos	5-50	-
Drenaje urbano		
Alcantarillas en ciudades pequeñas	2-25	-
Alcantarillas en ciudades grandes	25-50	-
Aeropuertos		
Volúmenes bajos	5-10	-
Volúmenes intermedios	10-25	-
Volúmenes altos	50-100	-
Diques		
En fincas	2-50	-
Alrededor de ciudades	50-200	-
Presas con poca probabilidad de pérdidas de vidas (baja amenaza)		
Presas pequeñas	50-100	-
Presas intermedias	100+	-
Presas grandes	-	50-100%
Presas con probabilidad de pérdidas de vidas (amenaza significativa)		
Presas pequeñas	100+	50%
Presas intermedias	-	50-100%
Presas grandes	-	100%
Presas con probabilidad de altas pérdidas de vidas (alta amenaza)		
Presas pequeñas	-	50-100%
Presas intermedias	-	100%
Presas grandes	-	100%

Nota. Datos obtenidos de Chow V.T., Maidament D., Mays L., Hidrología aplicada, 1994

Posteriormente, se obtuvo el respectivo caudal de toda la cuenca de estudio aplicando la ecuación que da el método racional:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{360}$$

$$Q = \frac{0,70 \cdot 52,32 \frac{\text{mm}}{\text{h}} \cdot 17,75 \text{ ha}}{360} = 1,80 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Consecutivamente, también se obtuvo el caudal de la cuenca para un período de retorno de 10 años, con el objetivo de verificación.

$$Q = \frac{0,70 \cdot 59,32 \frac{mm}{h} \cdot 17,75 ha}{360} = 2,04 \frac{m^3}{s}$$

### 3.1.4 Hietogramas para $T=5$ años y $T=10$ años del área de estudio

Se obtuvieron los respectivos hietogramas para un período de retorno de 5 y 10 años a partir de la obtención de las precipitaciones alternadas con el uso del método de bloques alternos. Teniendo en cuenta un intervalo de tiempo de 5 minutos para tener una representación más real de la lluvia al colocar esta información en el software SWMM más adelante. Usando como ejemplo un instante de 5 y 10 minutos, se obtuvo lo siguiente:

$$\text{Instante 5 min} \rightarrow I = 179,65 \frac{mm}{h}$$

$$I = \frac{P}{t} \rightarrow P = I \cdot t = 179,65 \frac{mm}{h} \cdot 5 \text{ min} \cdot \frac{1 h}{60 \text{ min}} = 14,97 \text{ mm}$$

$$\text{Instante 10 min} \rightarrow I = 117,18 \frac{mm}{h}$$

$$I = \frac{P}{t} \rightarrow P = I \cdot t = 117,18 \frac{mm}{h} \cdot 5 \text{ min} \cdot \frac{1 h}{60 \text{ min}} = 9,76 \text{ mm}$$

Teniendo las precipitaciones acumuladas, se procedió con la obtención de la precipitación:

$$\text{Instante 5 min} \rightarrow P = 14,97 \text{ mm}$$

$$\text{Instante 10 min} \rightarrow P = P_{\text{acumulada actual}} - P_{\text{acumulada anterior}}$$

$$\text{Instante 10 min} \rightarrow P = 19,53 \text{ mm} - 14,97 \text{ mm} = 4,56 \text{ mm}$$

Así mismo, se obtuvo la intensidad parcial con la finalidad de verificar la coherencia del hietograma con las intensidades obtenidas con la curva IDF de la siguiente forma:

$$\text{Instante } 5 \text{ min} \rightarrow I_{\text{parcial}} = \frac{P}{t} = \frac{14,97 \text{ mm}}{5 \text{ min} \cdot \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}} = 179,65 \frac{\text{mm}}{\text{h}}$$

$$\text{Instante } 10 \text{ min} \rightarrow I_{\text{parcial}} = \frac{P}{t} = \frac{4,56 \text{ mm}}{5 \text{ min} \cdot \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}} = 54,72 \frac{\text{mm}}{\text{h}}$$

Posteriormente, teniendo estos datos se procedió a construir mediante el método de bloque alternos el hietograma ubicando en los extremos de derecha a izquierda desde el valor más alto hasta el más bajo. A continuación se muestran la tabla # 9 y la tabla # 10 con los demás instantes hasta llegar a los 40 minutos debido al tiempo de concentración.

**Tabla 9**

Datos obtenidos para armar el hietograma con T= 5 años

Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Intensidad Parcial Alternada (mm)
5	179,65	14,97	14,97	179,65	1,81	21,76
10	117,18	19,53	4,56	54,72	2,28	27,33
15	91,27	22,82	3,29	39,44	3,29	39,44
20	76,44	25,48	2,66	31,95	14,97	179,65
25	66,62	27,76	2,28	27,33	4,56	54,72
30	59,54	29,77	2,01	24,13	2,66	31,95
35	54,14	31,58	1,81	21,76	2,01	24,13
40	49,86	33,24	1,66	19,92	1,66	19,92

**Tabla 10**

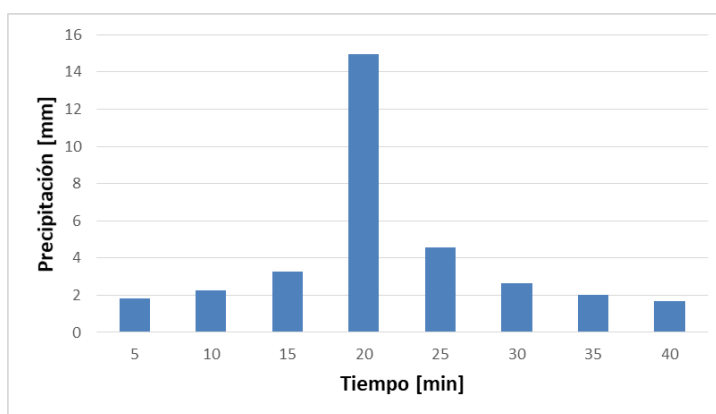
Datos obtenidos para armar el hietograma con T= 10 años

Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Intensidad Parcial Alternada (mm)
5	203,71	16,98	16,98	203,71	2,06	24,68
10	132,88	22,15	5,17	62,05	2,58	30,99
15	103,50	25,87	3,73	44,73	3,73	44,73
20	86,68	28,89	3,02	36,23	16,98	203,71
25	75,54	31,48	2,58	30,99	5,17	62,05
30	67,51	33,76	2,28	27,36	3,02	36,23
35	61,39	35,81	2,06	24,68	2,28	27,36
40	56,54	37,69	1,88	22,59	1,88	22,59

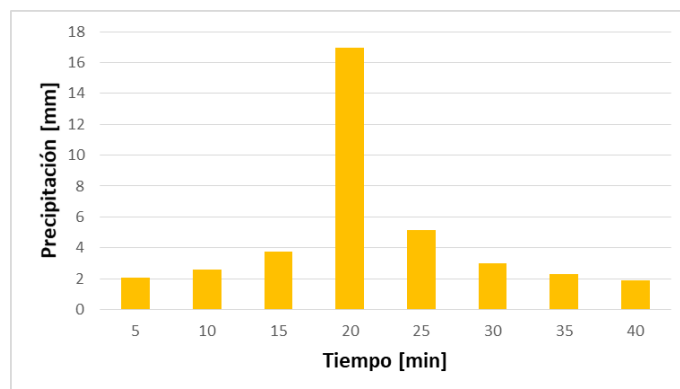
Después de haber obtenido todos estos datos, se armaron los respectivos hietogramas para los períodos de retorno de 5 y de 10 años respectivamente, tal como se muestran en la figura # 19 y la figura # 20:

**Figura 19**

Hietograma para T =5 años

**Figura 20**

Hietograma para T =10 años



### 3.1.5 Tuberías PEAD a usar en el diseño

Para el diseño de la alternativa ganadora se describió la utilización de tuberías PEAD, para lo cual se investigaron y analizaron empresas proveedoras en el Ecuador que puedan surtir este tipo de tubería. Dando como resultado a la empresa de tubos Rival, la cual ofrece distintos diámetros de tubería PEAD, a continuación se presenta en la tabla # 11 las características de esta tubería:

**Tabla 11**

Diámetros de tuberías PEAD

D nominal (mm)	SDR	Espesor (mm)	D interno (mm)
250,00	13,6	18,40	213,24
280,00	13,6	20,60	238,82
315,00	13,6	23,20	268,68
355,00	13,6	26,10	302,79
400,00	13,6	29,40	341,18
450,00	13,6	33,10	383,82
500,00	13,6	36,80	426,47
560,00	13,6	41,20	477,65
630,00	13,6	46,30	537,35
800,00	13,6	58,80	682,35
900,00	13,6	66,20	767,65
1000,00	13,6	72,50	852,94
1200,00	13,6	88,20	1023,53

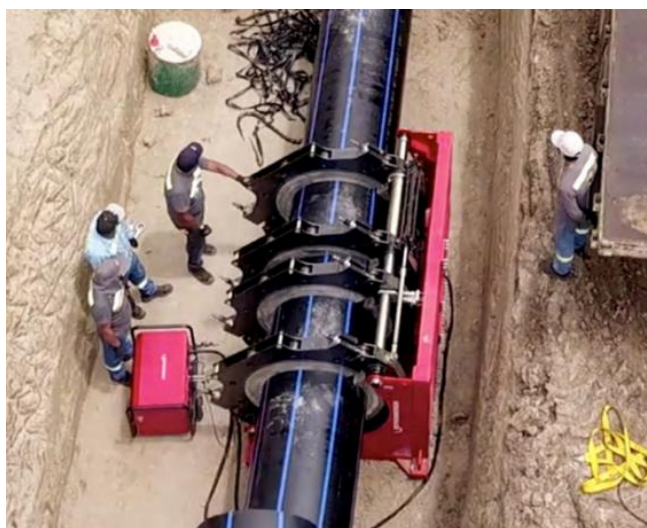
Se optó por seleccionar un SDR=13,6 debido a su uso estándar en sistemas de drenaje pluvial, recordando que entre menor sea este valor mayor será la resistencia. Este valor es una relación geométrica entre el diámetro exterior y el espesor de la tubería. Cabe aclarar que a partir de esa selección de SDR, se determinó el diámetro interno de la tubería de la siguiente forma:

$$D \text{ interno (400 mm)} = D_{\text{nominal}} - 2 \left( \frac{D_{\text{nominal}}}{SDR} \right)$$
$$D \text{ interno (400 mm)} = 400 \text{ mm} - 2 \left( \frac{400}{13,6} \right) = 341,18 \text{ mm}$$

La conexión entre tuberías se estableció que se hará mediante termo fusión, la cual es una tecnología fiable y moderna, que une de forma monolítica el sistema de tuberías, a continuación se observa en la figura # 21 el uso de esto.

**Figura 21**

Conexión por termo fusión de tuberías PEAD



### 3.2 Diseño definitivo

Para el desarrollo del diseño definitivo se procedió a considerar los siguientes datos:

*Tiempo de entrada al colector = 10 min*

*Material de tubería = PEAD*

*Coefficiente de rugosidad = 0,011*

*Coefficiente de esorrentía total = 0,70*

*Cantidad de pozos a usar = 34*

*Período de retorno = 5 años*

Con respecto al coeficiente de rugosidad de la tubería, se seleccionó de las Normas de diseño de sistemas de alcantarillados de Quito, tal como se observa en la figura # 22:

**Figura 22**

Coefficientes de rugosidad para sistema de alcantarillado

Material de Revestimiento	Coefficiente "n"
Tuberías de PVC/PEAD/PRFV	0.011
Tuberías de hormigón (con buen acabado)	0.013
Tuberías de hormigón con acabado regular	0.014
Mampostería de piedra juntas con mortero de cemento.	0.020
Mampostería de piedra partida acomodada (sin juntas).	0.032
Ladrillo juntas con mortero de cemento.	0.015
Tierra (trazo recto y uniforme) sin vegetación.	0.025

*Nota.* Estos valores provienen del manual de EPMAPS (2023)

### 3.2.1 Caudal de diseño

Para la obtención del caudal de diseño se establecieron en primera instancia las áreas propias que cada tramo entre pozos posee, estas áreas fueron obtenidas anteriormente mediante Google Earth. Como ejemplo se tiene el tramo desde el pozo 20 al 19:

$$\text{Área propia}_{20-19} = 0,045 \text{ ha}$$

Así mismo, se estimaron las áreas acumuladas, las cuales corresponden a la sumatoria de las áreas propias de los anteriores al analizado.

$$\text{Área acumulada}_{20-19} = 0,28 \text{ ha}$$

Luego, teniendo en cuenta que este tramo de ejemplo posee una longitud de 70 metros, se procedieron con los siguientes cálculos:

$$\text{Tiempo concentración}_{30-20} = \text{Tiempo inicial}_{20-19} = 12,602 \text{ min}$$

$$\text{Velocidad de prueba}_{20-19} = 0,94 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Cabe recalcar que el tiempo inicial de un tramo que no pertenezca a un determinado comienzo del sistema es igual al tiempo de concentración del tramo anterior a este, y por otro lado, la velocidad de prueba escogida fue a partir de una iteración que se realizó para el cumplimiento de ciertas condiciones hidráulicas.

Una vez establecidos estos valores, se siguió con el siguiente cálculo:

$$\text{Tiempo de recorrido}_{20-19} = \frac{\text{Longitud}_{20-19}}{60 \cdot V_{\text{prueba } 20-19}} = \frac{70 \text{ m}}{60 \cdot 0,94 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 1,241 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo concentración}_{20-19} = \text{Tiempo inicial}_{20-19} + \text{Tiempo de recorrido}_{20-19}$$

$$\text{Tiempo concentración}_{20-19} = 12,602 \text{ min} + 1,241 \text{ min} = 13,843 \text{ min}$$

Obteniendo este último valor, se procedió con el cálculo de la intensidad y el caudal de diseño que tendría ese tramo, mediante las siguientes ecuaciones:

$$I = \frac{361,8159 \cdot (5 \text{ años})^{0,1814}}{(13,843 \text{ min})^{0,6164}} = 95,89 \frac{\text{mm}}{\text{h}}$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A_{\text{acumulada } 20-19}}{360}$$

$$Q = \frac{0,70 \cdot 95,89 \frac{\text{mm}}{\text{h}} \cdot 0,28 \text{ ha}}{360} = 0,052 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Luego, se procedió con la obtención del área de la superficie de infiltración considerando el área del fondo de esta zanja, el área de las paredes de la zanja y las

superficies verdes aledañas que pueden contribuir. Estas respectivas áreas representan a las superficies filtrantes que colindan cada tramo.

$$\text{Área de infiltración}_{20-19} = 0,021 \text{ ha} = 210 \text{ m}^2$$

Cabe mencionar, que existen 2 tramos que no poseen esta área debido a que se ubican en zonas donde se estima que es suficiente solo el sistema de drenaje convencional.

Posteriormente, se escogió la constante de permeabilidad que corresponde a arena gruesa con grava tal como se muestra en la figura # 23, este suelo mejorado es el que estará colocado en esta zanja filtrante con el fin de ser conservadores a encontrarse con ciertas capas de arcilla.

$$\text{Permeabilidad mejorada} \rightarrow K = 0,0001 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

**Figura 23**

Conductividad /permeabilidad de distintos tipos de agregados

Clasificación	Conductividad hidráulica (m/día)
Arena gruesa con grava	10 – 50
Franco arenosos, arena fina	1 – 5
Franco, franco arcilloso bien estructurado	1 – 3
Franco arenoso muy fino	0.5 – 2
Arcilla con grietas	0.5 – 2
Arena muy fina	0.2 – 0.5
Franco arcilloso, arcilloso mal estructurado	0.02 – 0.2
Arcilla compacta	< 0.002

*Nota. Valores provienen del libro de Hidrología Villón (2002)*

Con estos datos obtenidos, se procedió a obtener el caudal de infiltración mediante el uso de la ecuación que otorga la ley de Darcy:

$$Q_{\text{infiltrado } 20-19} = k \cdot \text{Área}_{\text{infiltración } 20-19}$$

$$Q_{\text{infiltrado } 20-19} = 0,0001 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 210 \text{ m}^2 = 0,021 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Una vez teniendo este valor, se consideró con el fin de ser conservador que la capacidad filtrante de la zanja solo será del 20% de este caudal obtenido, se optó ese porcentaje debido a que existen posibilidades de encontrarse con estratos arcillosos limosos junto a un nivel freático poco profundo en el área de estudio. Cabe recalcar, que teniendo en cuenta que los estudios geotécnicos se hicieron en las orillas del Río Guayas, es posible que el terreno donde se van a construir las superficies de infiltración haya sido tratado anteriormente para la construcción de las edificaciones actuales, esto conllevaría a mejores resultados de los esperados.

$$Q_{20\% \text{ capacidad filtrante}} = 0,20 \cdot 0,021 \frac{m^3}{s} = 0,0042 \frac{m^3}{s}$$

Con este paso, se procedió finalmente a calcular el caudal de diseño final de este tramo, de la siguiente manera:

$$Q_{final \ 20-19} = Q_{diseño} - Q_{superficie \ filtrante}$$

$$Q_{final \ 20-19} = 0,052 \frac{m^3}{s} - 0,0042 \frac{m^3}{s} = 0,048 \frac{m^3}{s}$$

Este y los demás caudales de diseño finales de cada tramo se encuentran en la tabla ## en anexos.

### 3.2.2 Diámetro de diseño

Para la obtención del diámetro de diseño, se procedió con la estimación aproximada de la cotas de terreno dadas por el cliente, encontrando que el terreno posee zonas de pendientes negativas y muy pequeñas de escurrimiento, lo cual provoca que el agua de la lluvia se quede estancada o no fluya adecuadamente hacia los sumideros, por tal razón, como

primer paso se asignaron pendientes mejoradas que cumplan con la condición mínima del 0,5% según la CPE-INEN (1992).

Cabe recalcar, que ciertos tramos poseen pendiente menores a la mínima recomendada debido a restricciones topográficas, pero a su vez, estas pendientes cumplen con las condiciones hidráulicas. A continuación, se ejemplifica el tramo 20-19:

$$Cota\ de\ terreno\ estimada\ pozo\ 20 = 3,5\ m.\ s.\ n.\ m$$

$$Cota\ de\ terreno\ estimada\ pozo\ 19 = 3,4\ m.\ s.\ n.\ m$$

$$Pendiente\ mejorada\ (teórica) = 0,004\ \frac{m}{m}$$

Luego, aplicando la ecuación ##, se determinó el respectivo diámetro:

$$D = \left( \frac{3,21 \cdot Q_{diseño\ final\ 20-19} \cdot n}{\frac{1}{s^2}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

$$D = \left( \frac{3,21 \cdot 0,048\ \frac{m^3}{s} \cdot 0,011}{\left(0,004\ \frac{m}{m}\right)^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}} = 0,259\ m = 259,15\ mm$$

Teniendo en cuenta lo que dice la CPE-INEN (1992) que en los tramos iniciales el diámetro interno debe ser mínimo de 250 mm y en los demás tramos a partir de 300 mm, entonces para el tramo analizado se consideró el siguiente diámetro:

$$D_{nominal\ PEAD\ 20-19} = 400\ mm$$

$$D_{interno\ 20-19} = 341,18\ mm = 0,3412\ m$$

$$Espesor\ tubería\ PEAD_{20-19} = 29,40\ mm$$

$$D_{externo\ 20-19} = 399,98\ mm$$

Este y los demás diámetros de diseño obtenidos para los otros tramos se encuentran en anexos.

### 3.2.3 Criterios hidráulicos

Habiendo obtenido anteriormente los valores de pendiente, caudal de diseño final y diámetro de diseño escogido, se procedió con el cálculo del caudal a sección completamente llena, a partir de la obtención del radio hidráulico y la velocidad usando las siguientes ecuaciones respectivamente. A continuación se usa de ejemplo para el tramo 20-19:

$$Rh_o = \frac{D_{interno\ 20-19}}{4} = \frac{0,3412\ m}{4} = 0,09\ m$$

$$V_o = \frac{1}{n} \cdot Rh^{\frac{2}{3}} \cdot s^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{0,011} \cdot (0,09\ m)^{\frac{2}{3}} \cdot (0,004)^{\frac{1}{2}} = 1,09\ \frac{m}{s}$$

$$Q_o = V_o \cdot A$$

$$Q_o = 1,09 \cdot \left( \pi \cdot \frac{(0,3412\ m)^2}{4} \right) = 0,10\ \frac{m^3}{s}$$

Luego, se procedió a realizar la correspondiente relación entre el caudal real con el caudal a sección llena:

$$\frac{Q_{diseño\ final}}{Q_o} = \frac{0,048\ \frac{m^3}{s}}{0,10\ \frac{m^3}{s}} = 0,480$$

Una vez teniendo este dato, se buscó en los demás criterios, los cuales están en anexos, cual da a conocer las distintas relaciones hidráulicas que se muestran a continuación:

$$\frac{V}{V_o} = 0,84 \quad \frac{d}{D} = 0,55 \quad \frac{Rh}{Rh_o} = 1,065 \quad \frac{H}{D} = 0,443$$

Obteniendo la relación entre la profundidad hidráulica y el diámetro de diseño interno seleccionado, se verificó el cumplimiento de la siguiente condición según CPE-INEN (1992):

$$\frac{H}{D} = 0,443 \leq 0,85$$

Esta condición nos indica que la tubería no va a trabajar completamente llena y por ende, va a existir una cámara de aire como ventilación dentro de la tubería.

Luego, se procedió a obtener la velocidad real dentro del tramo 20-19 de tubería a partir de la relación hidráulica que se obtuvo:

$$V_{20-19} = 0,84 \cdot 1,09 \frac{m}{s} = 0,919 \frac{m}{s}$$

Con este dato, se verificó el cumplimiento de las condiciones mínimas y máximas de velocidades, las cuales ayudan a una auto-limpieza de sedimentos y a evitar la erosión de tubería respectivamente según la CPE-INEN (1992) y EPMAPS (2023):

$$V_{20-19} = 0,919 \frac{m}{s} \rightarrow V_{mínima} \geq 0,9 \frac{m}{s} \therefore \text{Cumple}$$

$$V_{20-19} = 0,919 \frac{m}{s} \rightarrow V_{máxima} \leq 5 \frac{m}{s} \therefore \text{Cumple}$$

Luego, se calculó el nuevo tiempo de recorrido y la variabilidad entre la velocidad anterior de prueba y esta, de la siguiente manera:

$$Tiempo\ de\ recorrido_{actual\ 20-19} = \frac{L_{20-19}}{V_{20-19} \cdot 60} = \frac{70\ m}{0,919 \frac{m}{s} \cdot 60} = 1,270\ min$$

$$Variabilidad = \frac{0,919 \frac{m}{s} - 0,94 \frac{m}{s}}{0,919 \frac{m}{s}} \cdot 100\% = -2,29$$

Con este último valor obtenido, se verificó que se cumple la condición de la variabilidad entre velocidades, la cual indica una estabilidad hidráulica que no va a generar cambios bruscos de energía:

$$Variabilidad = -2,29 \leq \pm 5\%$$

Posteriormente, se procedió con la obtención del radio hidráulico real, con el fin de hallar la fuerza tractiva que se ocasiona dentro de la tubería, de la siguiente manera:

$$Rh_{20-19} = 1,065 \cdot 0,09 \text{ m} = 0,091 \text{ m}$$

$$\tau = \gamma \cdot Rh_{20-19} \cdot s = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,091 \text{ m} \cdot 0,004 \frac{\text{m}}{\text{m}} = 0,350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Luego, se procedió con la verificación del cumplimiento de la siguiente condición, la cual indica que se va a evitar de manera adecuada el estancamiento de sedimentos dentro de la tubería:

$$\tau = 0,350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \geq 0,010 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \therefore \text{Cumple}$$

Después, mediante la relación hidráulica encontrada anteriormente de la lámina de agua, se determinó la lámina de agua real que existe en este tramo de tubería:

$$d_{20-19} = 0,55 \cdot 0,3412 \text{ m} = 0,188 \text{ m}$$

Con este dato, se calculó la línea de energía de este tramo con la ecuación:

$$E_{20-19} = \frac{(V_{20-19})^2}{2 \cdot g} + d$$

$$E_{20-19} = \frac{(0,919 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 \cdot (9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} + 0,188 \text{ m} = 0,231 \text{ m}$$

Se determinó mediante el número de Froude, la clasificación del régimen que tendrá el agua dentro de la tubería de este tramo, con el uso de la siguiente ecuación:

$$Fr = \frac{V_{20-19}}{\sqrt{g \cdot H}} = \frac{0,919 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{\sqrt{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,15 \text{ m}}} = 0,62 \therefore \text{Régimen subcrítico}$$

Esta y las demás relaciones hidráulicas con el cumplimiento de las condiciones de los otros tramos se encuentran en anexos.

### 3.2.4 Pérdida en los pozos

En esta sección se obtuvieron las pérdidas que se generan por cambios de dirección, cambios de pendientes y cambios en la unión de tramos de tuberías. Estas se obtuvieron analizando el tramo anterior y posterior a un determinado pozo, tal como se ejemplifica entre el tramo inicial 20-19 y el siguiente tramo 19-18, lo cual conlleva a una pérdida en el pozo 19. Teniendo en consideración los siguientes datos, se procedió de la siguiente manera:

$$\text{Diámetro de salida (D interno)} \rightarrow D_{S_{19-18}} = 0,341m$$

$$\text{Lámina de agua inicial (20 - 19)} \rightarrow d_{20-19} = 0,188 m$$

$$\text{Lámina de agua final (19 - 18)} \rightarrow d_{19-18} = 0,220 m$$

$$\text{Energía cinética 20 - 19} = \frac{(V_{20-19})^2}{2 \cdot g} = \frac{\left(0,919 \frac{m}{s}\right)^2}{2 \cdot \left(9,81 \frac{m}{s^2}\right)} = 0,043 m$$

$$\text{Energía cinética 19 - 18} = \frac{(V_{19-18})^2}{2 \cdot g} = \frac{\left(0,942 \frac{m}{s}\right)^2}{2 \cdot \left(9,81 \frac{m}{s^2}\right)} = 0,045 m$$

$$V_{20-19} < V_{19-18} \therefore k = 0,1, \text{ caso contrario hubiera sido } 0,2$$

$$\text{Pérdida de energía por unión o transición} \rightarrow \Delta H_t = k \cdot \left| \frac{(V_{19-18})^2}{2 \cdot g} - \frac{(V_{20-19})^2}{2 \cdot g} \right|$$

$$\Delta H_t = 0,1 \cdot \left| \frac{\left(0,942 \frac{m}{s}\right)^2}{2 \cdot \left(9,81 \frac{m}{s^2}\right)} - \frac{\left(0,919 \frac{m}{s}\right)^2}{2 \cdot \left(9,81 \frac{m}{s^2}\right)} \right| = 0,00022 m$$

Una vez obtenida la pérdida de energía por unión, se procedió con el cálculo de la pérdida por cambio de dirección, de la siguiente manera:

$$\text{Velocidad promedio en pozo 19} \rightarrow V_m = \frac{\left(0,919 \frac{m}{s} + 0,942 \frac{m}{s}\right)}{2} = 0,931 \frac{m}{s}$$

$$\text{Energía cinética en pozo 19} = \frac{(V_m)^2}{2 \cdot g} = \frac{\left(0,931 \frac{m}{s}\right)^2}{2 \cdot \left(9,81 \frac{m}{s^2}\right)} = 0,044 \text{ m}$$

Se escogió un diámetro de 1,2 m para pozos de colectores principales, mientras para los secundarios se designó de 1 m, estos valores fueron seleccionados para otorgar un adecuado mantenimiento preventivo, una eficaz limpieza con hidrocleaner y proporcionar un amortiguamiento adecuado del flujo.

$$\text{Diámetro de pozo 19} \rightarrow D_p = 1,2 \text{ m}$$

Para este pozo analizado no posee ángulo de giro, debido a que se mantiene en un tramo recto, mientras que otro si lo poseen y oscilan entre 20° a 90°, por tal motivo, esos pozos si poseerán un respectivo radio de curvatura.

$$\text{Ángulo de giro} \rightarrow \theta = 0^\circ$$

$$\text{Ángulo en radianes} \rightarrow \alpha = \theta \cdot \frac{\pi}{180^\circ} = 0$$

$$\text{Radio de curvatura} \rightarrow r_c = \frac{D_p}{2 \cdot \text{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right)} = \frac{1,2}{2 \cdot 0} = \text{no existe}$$

Para obtener la constante kc de la pérdida por cambio de dirección, se relaciona el radio de curvatura con el diámetro de salida, con dicho valor se busca cual sería el valor correspondiente a kc en la tabla # 12:

**Tabla 12**Coeficientes  $k_c$  para régimen sub-crítico y supercrítico

Régimen de flujo	$rc/D_s$	$K_c$
Sub-crítico	1,0 - 1,5	0,4
	1,5 - 3,0	0,2
	> 3,0	0,05
Supercrítico	6,0 - 8,0	0,4
	8,0 - 10,0	0,2
	> 10,0	0,05

En el pozo 19 se considera lo siguiente  $\rightarrow \frac{rc}{D_s} = 1 \rightarrow k_c = 0,4$

Se consideró ese  $k_c$  debido a que no existe un radio de curvatura como tal, por ende, se estima lo mínimo. Con ese valor se da a conocer que hay posibilidad de darse un régimen sub-crítico, entonces la pérdida de energía por cambio de dirección en el pozo 19 se obtuvo de la siguiente manera:

$$\Delta H_d = k_c \cdot \frac{(V_m)^2}{2 \cdot g} = 0,4 \cdot \frac{\left(0,931 \frac{m}{s}\right)^2}{2 \cdot \left(9,81 \frac{m}{s^2}\right)} = 0,0177 \text{ m}$$

Luego, se procedió con la suma de las dos pérdidas calculadas con el fin de determinar si se cumple la siguiente condición:

$$\Delta h_e = \Delta H_t + \Delta H_d = 0,00022 \text{ m} + 0,0177 \text{ m} = 0,018 \text{ m}$$

$$\Delta h_e = 0,018 \text{ m} < 0,75 \therefore \text{cota de batea entrante} = \text{cota de batea saliente}$$

Esa condición es una recomendación en el cálculo de las cotas de batea, en el caso de que no se cumpla se debe colocar una cámara de caída, es decir, cuando sea mayor a 0,75.

Cabe aclarar, que igual se usó el respectivo  $h_r$  para evitar cualquier afectación con respecto a pérdidas. Para obtener  $h_r$  se usó la siguiente ecuación:

$$hr = (d_{19-18} - d_{20-19}) + \left( \frac{(V_{19-18})^2}{2 \cdot g} - \frac{(V_{20-19})^2}{2 \cdot g} \right) + \Delta Ht + \Delta Hd$$

$$hr = (0,220 \text{ m} - 0,188 \text{ m}) + (0,045 \text{ m} - 0,043 \text{ m}) + 0,00022 \text{ m} + 0,0177 \text{ m}$$

$$hr = 0,053 \text{ m}$$

El resultado de este pozo 19 y las pérdidas de los demás pozos se encuentran en anexos.

### 3.2.5 Profundidad de tuberías y pozos

Para la determinación de las respectivas profundidades se procedió primero a establecer las cotas clave de los tramos iniciales de tubería de la siguiente forma, como ejemplo el tramo 33-20:

$$Cota \text{ lomo inicial}_{33-20} = cota \text{ de terreno} - 0,8 \text{ m}$$

$$Cota \text{ lomo inicial}_{33-20} = 3,8 \text{ m. s. n. m} - 0,8 \text{ m} = 3 \text{ m. s. n. m}$$

Se escogió una profundidad de 0,8 metros debido a que es lo mínimo recomendado y conservador para evitar problemas con niveles freáticos pocos profundos. Teniendo este valor se procede con lo siguiente:

$$Cota \text{ lomo final}_{33-20} = Cota \text{ lomo inicial}_{33-20} - (s_{33-20} \cdot L_{33-20})$$

$$Cota \text{ lomo final}_{33-20} = 3 \text{ m. s. n. m} - \left( 0,013 \frac{\text{m}}{\text{m}} \cdot 38 \text{ m} \right) = 2,50 \text{ m. s. n. m}$$

Luego, se calcularon las cotas de batea inicial y final respectivamente:

$$Cota \text{ batea inicial}_{33-20} = Cota \text{ lomo inicial}_{33-20} - D \text{ interno}_{33-20} - espesor_{33-20}$$

$$Cota \text{ batea inicial}_{33-20} = 3 \text{ m. s. n. m} - 0,3028 \text{ m} - 0,0261 \text{ m} = 2,671 \text{ m. s. n. m}$$

$$Cota \text{ batea final}_{33-20} = Cota \text{ batea inicial}_{33-20} - (s_{33-20} \cdot L_{33-20})$$

$$Cota \text{ batea final}_{33-20} = 2,671 \text{ m. s. n. m} - \left( 0,013 \frac{\text{m}}{\text{m}} \cdot 38 \text{ m} \right) = 2,171 \text{ m. s. n. m}$$

En cambio, para los siguientes tramos, la cota lomo depende de la cota de batea inicial en primera instancia y a su vez la cota de batea inicial depende de la cota de batea final del tramo anterior o de la mínima en caso de existir más de un tramo anterior que llegue al tramo analizado. A esta cota de batea final se le restó el respectivo hr siempre y cuando este sea mayor a 5 cm, caso contrario se le asignó 5 cm o a su vez el máximo hr de uno o más tramos anteriores al analizado, para el ejemplo tenemos el tramo 20-19:

$$Cota\ de\ batea\ inicial_{20-19} = \text{Mín}(cota\ de\ batea\ final_{30-20}; cota\ de\ batea\ final_{33-20}) - \text{Max}(hr_{30-19}; hr_{33-19}) > 0,05\ m$$

$$Cota\ de\ batea\ inicial_{20-19} = \text{Mín}(1,871; 2,171) - \text{Max}(0,098; 0,083)$$

$$Cota\ de\ batea\ inicial_{20-19} = 1,871\ m.\ s.\ n.\ m - 0,098\ m = 1,773\ m.\ s.\ n.\ m$$

$$Cota\ de\ batea\ final_{20-19} = Cota\ batea\ inicial_{20-19} - (s_{20-19} \cdot L_{20-19})$$

$$Cota\ de\ batea\ final_{20-19} = 1,773\ m.\ s.\ n.\ m - \left(0,004 \frac{m}{m} \cdot 70\ m\right) = 1,503\ m.\ s.\ n.\ m$$

$$Cota\ lomo\ inicial_{20-19} = Cota\ de\ batea\ inicial_{20-19} + D\ interno_{20-19} + espesor_{20-19}$$

$$Cota\ lomo\ inicial_{20-19} = 1,773\ m.\ s.\ n.\ m + 0,3412\ m + 0,0294\ m = 2,143\ m.\ s.\ n.\ m$$

Teniendo listos estos valores, se procedió con el cálculo de la cota de lámina de agua y cota de energía, tal como se muestra a continuación con el tramo 20-19 de ejemplo:

$$Cota\ lámina\ de\ agua\ inicial_{20-19} = cota\ batea\ inicial_{20-19} + d_{20-19}$$

$$Cota\ lámina\ de\ agua\ inicial_{20-19} = 1,773\ m.\ s.\ n.\ m + 0,188\ m = 1,960\ m.\ s.\ n.\ m$$

$$Cota\ lámina\ de\ agua\ final_{20-19} = Cota\ lámina\ agua\ inicial_{20-19} - (s_{20-19} \cdot L_{20-19})$$

$$Cota\ lámina\ agua\ final_{20-19} = 1,960\ m.\ s.\ n.\ m - \left(0,004 \frac{m}{m} \cdot 70\ m\right) = 1,690\ m.\ s.\ n.\ m$$

$$Cota\ energía\ inicial_{20-19} = Cota\ lámina\ agua\ inicial_{20-19} + Energía\ cinética_{20-19}$$

$$Cota\ energía\ inicial_{20-19} = 1,960\ m.\ s.\ n.\ m + 0,043\ m = 2,004\ m.\ s.\ n.\ m$$

$$Cota\ energía\ final_{20-19} = Cota\ energía\ inicial_{20-19} - (s_{20-19} \cdot L_{20-19})$$

$$Cota\ energía\ final_{20-19} = 2,004\ m.\ s.\ n.\ m - \left(0,004\ \frac{m}{m} \cdot 70\ m\right) = 1,734\ m.\ s.\ n.\ m$$

Finalmente, se procedió con la obtención de las respectivas profundidades de lomo y de excavación, teniendo en cuenta que para este último se usó una cama de arena de 0,1 m de altura. Como ejemplo se tiene al tramo 20-19:

$$Profundidad\ lomo\ inicial_{20-19} = cota\ terreno\ inicial_{20-19} - cota\ lomo\ inicial_{20-19}$$

$$Profundidad\ lomo\ inicial_{20-19} = 3,5\ m.\ s.\ n.\ m - 2,143\ m.\ s.\ n.\ m = 1,36\ m$$

$$Profundidad\ lomo\ final_{20-19} = cota\ terreno\ final_{20-19} - cota\ lomo\ final_{20-19}$$

$$Profundidad\ lomo\ final_{20-19} = 3,4\ m.\ s.\ n.\ m - 1,873\ m.\ s.\ n.\ m = 1,53\ m$$

$$Profundidad\ excavación\ inicial_{20-19} = Prof.\ lomo\ inicial_{20-19} + D\ ext.\ 20-19 + 0,1\ m$$

$$Profundidad\ excavación\ inicial_{20-19} = 1,36\ m + 0,399\ m + 0,1\ m = 1,86\ m$$

$$Profundidad\ excavación\ final_{20-19} = Prof.\ lomo\ final_{20-19} + D\ ext.\ 20-19 + 0,1\ m$$

$$Profundidad\ excavación\ final_{20-19} = 1,53\ m + 0,399\ m + 0,1\ m = 2,03\ m$$

Cabe recalcar, que la profundidad del pozo 20 y 19 sería entonces 1,86 m y 2,03 m respectivamente. Los respectivos valores obtenidos de este tramo y de los demás se encuentran en anexos

### 3.2.6 Diseño de cunetas

Para el diseño de cunetas se procedió como primer paso con la estimación del caudal en ambos lados de la calle, a partir del caudal de diseño final calculado anteriormente, A continuación se ejemplifica con el tramo 20-19:

$$Q_{diseño\ final\ 20-19} = 0,048\ \frac{m^3}{s}$$

$$Q_{cuneta\ izquierda\ 20-19} = 0,90 \cdot Q_{diseño\ final\ 20-19} = 0,90 \cdot 0,048\ \frac{m^3}{s} = 0,04321\ \frac{m^3}{s}$$

$$Q_{\text{cuneta derecha } 20-19} = 0,10 \cdot Q_{\text{diseño final } 20-19} = 0,10 \cdot 0,048 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 0,00480 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Luego, se procedió a calcular la altura de agua tanto en la cuneta izquierda como en la cuneta derecha que se tendría, teniendo en cuenta la pendiente longitudinal real del terreno, que en el caso de que sea menor a 0% se optó por una mínima de 0,1%, mientras que para la pendiente transversal de la calzada se consideró una de 2%.

$$S_{\text{real terreno } 20-19} = 0,0014 \frac{\text{m}}{\text{m}}$$

$$S_{x_{\text{transversal calzada } 20-19}} = 0,02 \frac{\text{m}}{\text{m}}$$

$$\text{Inverso de la pendiente transversal} \rightarrow Z = \frac{1}{S_x} = \frac{1}{0,02} = 50$$

$$\text{Número de Manning seleccionado} \rightarrow n = 0,02$$

Con estos datos y el uso de la siguiente ecuación, se obtuvo lo siguiente:

$$\text{Altura de agua izquierda} \rightarrow y = \left( \frac{Q_{\text{cuneta izquierda } 20-19}}{\frac{Z}{n} \cdot (S_{\text{real terreno } 20-19})^{\frac{1}{2}} \cdot 0,375} \right)^{\frac{3}{8}}$$

$$\text{Altura de agua izquierda} \rightarrow y = \left( \frac{0,04321 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\frac{50}{0,02} \cdot \left(0,0014 \frac{\text{m}}{\text{m}}\right)^{\frac{1}{2}} \cdot 0,375} \right)^{\frac{3}{8}} = 0,081 \text{ m}$$

$$\text{Altura de agua derecha} \rightarrow y = \left( \frac{Q_{\text{cuneta derecha } 20-19}}{\frac{Z}{n} \cdot (S_{\text{real terreno } 20-19})^{\frac{1}{2}} \cdot 0,375} \right)^{\frac{3}{8}}$$

$$\text{Altura de agua derecha} \rightarrow y = \left( \frac{0,00480 \frac{m^3}{s}}{\frac{50}{0,02} \cdot \left(0,0014 \frac{m}{m}\right)^{\frac{1}{2}} \cdot 0,375} \right)^{\frac{3}{8}} = 0,035 \text{ m}$$

Luego, con esta altura se procedió con la obtención del ancho mojado que podría darse en las cunetas:

$$\text{Ancho mojado izq.} \rightarrow T_{izq} = Z \cdot y_{izq} = 50 \cdot 0,081 \text{ m} = 4,04 \text{ m}$$

$$\text{Ancho mojado der.} \rightarrow T_{der} = Z \cdot y_{der} = 50 \cdot 0,035 \text{ m} = 1,77 \text{ m}$$

Cabe mencionar, que después de hallar todo estos datos se decidió que las respectivas cunetas tipo triangular tengan de altura 20 cm y un ancho superior de 60 cm. El resultado de este tramo y los demás sobre la cunetas se encuentran en anexos.

### 3.2.7 Diseño de sumideros

Para el respectivo diseño de sumideros se seleccionó una rejilla tipo cuneta con un ancho de 600 mm, un largo de 1000 mm y 10 ranuras de 12,7 mm. Teniendo en cuenta que la pendiente transversal, longitudinal y número de Manning son los mismos que se consideraron en la sección anterior, se procedió con el cálculo de la capacidad de caudal que puede soportar este sumidero, para luego comparar con los caudales que transitan en las cunetas y así dar a conocer la cantidad de sumideros necesarios en cada tramo, como ejemplificación se tiene al tramo 20-19:

$$\text{Prof. máxima de aprox. al sumidero izq.} \rightarrow Y_{20-19} = \text{Altura en cuneta izq}_{20-19}$$

$$Y_{izq}_{20-19} = 8,08 \text{ cm}$$

$$\text{Prof. máxima de aprox. al sumidero der.} \rightarrow Y_{20-19} = \text{Altura en cuneta der}_{20-19}$$

$$Y_{der}_{20-19} = 3,54 \text{ cm}$$

$$\text{Prof. de ingreso al sumidero izq.} \rightarrow Yp_{20-19} = Y_{izq_{20-19}} - \left(\frac{\text{ancho}}{2}\right) \cdot Sx$$

$$Yp_{izq_{20-19}} = 8,08 \text{ cm} - \left(\frac{60 \text{ cm}}{2}\right) \cdot 0,02 \frac{\text{m}}{\text{m}} = 7,48 \text{ cm}$$

$$\text{Prof. de ingreso al sumidero der.} \rightarrow Yp_{20-19} = Y_{der_{20-19}} - \left(\frac{\text{ancho}}{2}\right) \cdot Sx$$

$$Yp_{der_{20-19}} = 3,54 \text{ cm} - \left(\frac{60 \text{ cm}}{2}\right) \cdot 0,02 \frac{\text{m}}{\text{m}} = 2,94 \text{ cm}$$

$$\text{Caudal de aprox. izq} \rightarrow Q_{I_{izq_{20-19}}} = 0,284 \cdot \frac{So^{\frac{1}{2}}}{n} \cdot (Yp_{izq_{20-19}})^{\frac{3}{2}}$$

$$Q_{I_{izq_{20-19}}} = 0,284 \cdot \frac{\left(0,0014 \frac{\text{m}}{\text{m}}\right)^{\frac{1}{2}}}{0,02} \cdot (7,48 \text{ cm})^{\frac{3}{2}} = 10,98 \frac{\text{L}}{\text{s}} = 0,011 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$\text{Caudal de aprox. der} \rightarrow Q_{I_{der_{20-19}}} = 0,284 \cdot \frac{So^{\frac{1}{2}}}{n} \cdot (Yp_{der_{20-19}})^{\frac{3}{2}}$$

$$Q_{I_{der_{20-19}}} = 0,284 \cdot \frac{\left(0,0014 \frac{\text{m}}{\text{m}}\right)^{\frac{1}{2}}}{0,02} \cdot (2,94 \text{ cm})^{\frac{3}{2}} = 2,71 \frac{\text{L}}{\text{s}} = 0,0027 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Después de obtener estos resultados, se relacionó el caudal de la cuneta con el del sumidero de la siguiente forma:

$$\text{Cantidad de sumideros izq.} \rightarrow \frac{Q_{\text{cuenta izq}_{20-19}}}{Q_{\text{sumidero izq}_{20-19}}} = \frac{0,043 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,011 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}} = 3,94 \sim 4 \text{ sumideros}$$

$$\text{Cantidad de sumideros der.} \rightarrow \frac{Q_{\text{cuenta der}_{20-19}}}{Q_{\text{sumidero der}_{20-19}}} = \frac{0,0048 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,0027 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}} = 1,77 \sim 2 \text{ sumideros}$$

Cabe mencionar, que los sumideros serán ubicados cada 30 metros y en zonas como esquinas, intersecciones, antes de intersecciones para aliviar carga y sitios donde hay

posibilidad de estancamiento por inadecuada topografía según lo que recomienda CONAGUA (2012). La profundidad que tendrán los sumideros será la siguiente:

$$\text{Profundidad}_{\text{sumideros}} = \text{Diámetro interno} + \text{Recubrimiento} + \text{cama de arena}$$

$$\text{Profundidad}_{\text{sumideros}} = 0,250 \text{ m} + 0,7 \text{ m} + 0,1 \text{ m} = 1,05 \text{ m}$$

Las tuberías que conducirán las aguas pluviales serán de PVC y tendrán una pendiente de al menos 1% hacia el pozo de un determinado tramo.

Este resultado y de los demás tramos se encuentran en anexos.

### **3.2.8 *Diseño de superficies de infiltración***

El diseño de estas superficies de infiltración con cobertura vegetal se conciben como una zanja drenante con la finalidad de para captar, almacenar temporalmente e infiltrar el agua de lluvia, complementada con un sistema de drenaje subterráneo que permite evacuar el excedente de las aguas lluvias en condiciones de baja permeabilidad del suelo natural. El sistema de estas superficies que se proponen, poseen dimensiones de 1,0 m de profundidad y 1,0 m de ancho, configurándose como una solución de drenaje urbano sostenible adecuada para zonas con nivel freático poco profundo y presencia de estratos arcillosos.

Se propuso que la estructura interna de la zanja contendrá capas granulares seleccionadas que garantizarán una adecuada capacidad de almacenamiento, una alta permeabilidad vertical y una correcta transición entre el agua superficial y el sistema de drenaje.

El diseño busca un equilibrio entre infiltración controlada y drenaje eficiente, considerando un escenario conservador en el que aproximadamente el 80 % del volumen captado es evacuado por la tubería drenante y el 20 % es infiltrado hacia el subsuelo y retenido temporalmente dentro del sistema.

De la tubería drenante perforada será de PVC y tendrá un diámetro de 200 mm, estará ubicada a 10 cm por encima del fondo de la zanja envuelta completamente con geotextil. Este geotextil cumple la función de filtro, evitando el ingreso de partículas finas al interior de la tubería y prolongando su vida útil.

Una vez habiendo calculado las respectivas áreas de infiltración y los caudales infiltrados que receptan estas superficies anteriormente, se procedió con la asignación de espesores de los estratos de grava y arena gruesa que se van a colocar junto a sus respectivas características:

$$\text{Espesor capa de grava [1ra capa desde el fondo]} = 0,6 \text{ m}$$

$$\text{Espesor capa de arena gruesa [2da capa]} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Espesor capa de suelo vegetal [última capa superficial]} = 0,2 \text{ m}$$

La capa de grava será el principal volumen de almacenamiento y conducción del agua lluvia que caiga en la zona, esta capa alojará a la respectiva tubería perforada, la cual permitirá un rápido flujo de circulación hacia el pozo más cercano y por ende hacia el sistema de drenaje pluvial. Para esta se propuso que tendrá las siguientes características:

$$\text{Diámetro nominal grava} = 25 \text{ mm a } 50 \text{ mm}$$

$$\text{Porosidad efectiva grava} = 40 \%$$

$$\text{Coeficiente de permeabilidad grava} = 0,01 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Por otro lado, para la capa de arena gruesa su función será un medio filtrante que reduzca el paso de finos y ciertos contaminantes, con el fin de que cuando llegue a la capa de grava el agua de lluvia se distribuya uniformemente, también cabe mencionar que la otra finalidad de esta capa es contrarrestar el paso del agua del nivel freático de abajo hacia arriba

en casos especiales cuando el suelo este muy saturado por continuas lluvias. Sus respectivas características propuestas serían las siguientes:

*Diámetro efectivo de arena gruesa*  $[D_{50}] = 0,6 \text{ mm a } 2,0 \text{ mm}$

*Porosidad arena gruesa* = 30%

*Coefficiente de permeabilidad arena gruesa* =  $0,0001 \frac{m}{s}$

Mientras que, para la capa de suelo vegetal sus funciones previstas serán el desarrollo de las especies vegetales implantadas, estética de la zona, la primera retención de agua de forma superficial y principalmente en la participación de la evapotranspiración. Para proteger de una posible erosión superficial se propone la colocación de piedras decorativas.

Para lo que la cobertura vegetal, se propuso el uso de plantas que contribuyan a una adecuada interceptación del agua lluvia, a la absorción de la misma, a la evapotranspiración, que resistan a épocas de sequía y que contribuyan a la mejora del paisaje en la zona. A continuación se mencionan los tipos de plantas que estarán en estas superficies:

- Cyperus papyrus, la cual posee alta tolerancia a suelos húmedos y buena capacidad de absorción.
- Vetiver, la cual posee un excelente control de humedad y resiste a sequías.
- Liriope, esta planta resisten distintas variaciones de humedad y no requieren mucho mantenimiento.
- Canna indica, es una planta estética con una alta capacidad de absorción.
- Sansevieria o lengua de suegra, posee una alta resistencia a la sequía, es estética y posee raíces poco profundas.

Cabe mencionar, que todas estas plantas mencionadas poseen la capacidad de una buena absorción de dióxido de carbono. A continuación se presentan en la figura ##:

**Figura 24**

Especies vegetales que se colocarán en superficies de infiltración



### 3.2.9 Propuesta de dique de protección costera

Se propone un dique combinado, en donde en la parte colindante al Río Guayas se colocará gaviones y en la parte posterior suelo arcilloso como núcleo impermeable. En lo que respecta a la cimentación se excavará 1 m de profundidad removiendo la capa de suelo, luego se compactará el suelo natural al 95% proctor.

Posteriormente, al construir los gaviones se colocará cada 20 cm el suelo arcilloso con su correcta compactación al 95% proctor y controlando su humedad detrás de este para no tener efectos adversos en asentamientos, teniendo en cuenta entre 1 a 1,5 metros de ancho para una arcilla con una permeabilidad menor a  $1 \times 10^{-7}$  m/s , la cual va a trabajar como un núcleo, mientras que el resto de suelo arcilloso aguas abajo o en la parte posterior es de las excavaciones que se harán para la colocación de la tuberías del sistema pluvial.

Cabe mencionar, que en la parte posterior del dique en su terminación se colocará drenes que estarán conduciendo el exceso de agua que pueda darse en la parte central del

dique, esta agua drenaría hacia un canal con rejilla que conduciría al pozo más cercano. A continuación, se destaca la geometría, el caudal de filtración, la estabilidad y el posible asentamiento que podría darse.

Mediante las recomendaciones que realiza Chow (1988) más la información dada por el cliente, en donde se da a conocer que existe una altura de entre 20 a 50 cm de agua del río que invade a la base, se adoptaron las siguientes dimensiones:

$$\text{Altura del dique} \rightarrow H_d = 3 \text{ m}$$

$$\text{Corona del dique} \rightarrow B = 3 \text{ m}$$

$$\text{Altura de nivel de agua de río [medida conservadora]} \rightarrow H = 3 \text{ m}$$

$$\text{Talud agua arriba (zona de gaviones)} \rightarrow 3H:1V$$

$$\text{Talud aguas abajo (zona de arcilla)} \rightarrow 2,5H:1V$$

$$\text{Base zona de gaviones} \rightarrow B_{gaviones} = 3 \cdot H = 3 \cdot 3 = 9 \text{ m}$$

$$\text{Base zona de arcilla} \rightarrow B_{arcilla} = 2,5 \cdot H = 2,5 \cdot 3 = 7,5 \text{ m}$$

$$\text{Ancho total de base} \rightarrow B_{total} = 9 \text{ m} + 3 \text{ m} + 7,5 \text{ m} = 19,5 \text{ m}$$

$$\text{Área transversal de gaviones} \rightarrow A_{gaviones} = \frac{1}{2} \cdot 9 \text{ m} \cdot 3 \text{ m} = 13,5 \text{ m}^2$$

$$\text{Área transversal de suelo arcilloso} \rightarrow A_{arcilla} = A_{núcleo} + A_{talud arcilla}$$

$$\text{Área transversal de suelo arcilloso} \rightarrow A_{arcilla} = 3 \text{ m} \cdot 3 \text{ m} + \frac{1}{2} \cdot 7,5 \text{ m} \cdot 3 \text{ m} = 20,25 \text{ m}^2$$

Por otro lado, se procedió a considerar las siguientes características de los materiales que van a componer el dique tanto las rocas en los gaviones como la arcilla en el núcleo impermeable y aguas abajo:

$$\text{Peso unitario saturado para las rocas} \rightarrow \gamma_{rocas} = 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

*Cohesión de las rocas en los gaviones*  $\rightarrow c' = 0$

*Ángulo de fricción de las rocas*  $\rightarrow \varphi = 40^\circ$

*Peso unitario saturado arcilla*  $\rightarrow \gamma_{arcilla} = 18 \frac{kN}{m^3}$

*Cohesión de suelo arcilloso*  $\rightarrow c' = 25 kPa$

*Ángulo de fricción de suelo arcilloso*  $\rightarrow \varphi = 20^\circ$

*Permeabilidad de suelo arcilloso*  $\rightarrow k = 1 \times 10^{-7} \frac{m}{s} = 6 \times 10^{-6} \frac{m}{min}$

### 3.2.9.1 Caudal de filtración con método de Pavlovsky

Luego, teniendo estos datos se procedió con el cálculo de las alturas de las líneas freáticas mediante el método de Pavlovsky según lo dictado por Das (2018) usando las siguientes ecuaciones:

$$\text{Talud de gaviones} = 3H:1V \rightarrow \tan \alpha = \frac{1}{3} \rightarrow \alpha = 18,43^\circ$$

$$\text{Talud de suelo arcilloso} = 2,5H:1V \rightarrow \tan \beta = \frac{1}{2,5} \rightarrow \beta = 21,80^\circ$$

$$h_2 = \frac{B}{\cot \alpha} + H_d - \sqrt{\left(\frac{B}{\cot \alpha} + H_d\right)^2 - (h_1)^2}$$

$$h_2 = \frac{3 m}{\cot(18,43^\circ)} + 3 m - \sqrt{\left(\frac{3 m}{\cot(18,43^\circ)} + 3 m\right)^2 - (h_1)^2}$$

$$\frac{H - h_1}{\cot \beta} \cdot \ln\left(\frac{H_d}{H_d - h_1}\right) = \frac{h_2}{\cot \alpha}$$

$$\frac{3 m - h_1}{\cot(21,80^\circ)} \cdot \ln\left(\frac{3 m}{3 m - h_1}\right) = \frac{h_2}{\cot(21,80^\circ)}$$

$$h_2 = (3 \text{ m} - h_1) \cdot \ln\left(\frac{3 \text{ m}}{3 \text{ m} - h_1}\right)$$

Teniendo las dos ecuaciones de la altura final de la línea freática  $h_2$ , se procedió a iterar dando números a la altura inicial de la línea freática  $h_1$  hasta lograr una aproximación de igualdad entre las dos ecuaciones, en este caso se logró con la siguiente altura:

$$h_1 = 2,52 \text{ m}$$

$$h_2 = \frac{3 \text{ m}}{\cot(18,43^\circ)} + 3 \text{ m} - \sqrt{\left(\frac{3 \text{ m}}{\cot(18,43^\circ)} + 3 \text{ m}\right)^2 - (2,52 \text{ m})^2} = 0,88 \text{ m}$$

$$h_2 = (3 \text{ m} - 2,52 \text{ m}) \cdot \ln\left(\frac{3 \text{ m}}{3 \text{ m} - 2,52}\right) = 0,88 \text{ m}$$

$$\therefore h_2(\text{eq. 1}) = h_2(\text{ep. 2})$$

Finalmente, se procedió con el cálculo del caudal de filtración con el uso de la siguiente ecuación:

$$q = \frac{k \cdot h_2}{\cot \alpha}$$

$$q = \frac{\left(6 \times 10^{-6} \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) \cdot 0,88 \text{ m}}{\cot(18,43^\circ)} = 1,76 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{(\text{min} \cdot \text{m})} \therefore \text{Muy buena impermeabilidad}$$

### 3.2.9.2 Estabilidad del dique con método de Bishop

Por otro lado, se procedió con el cálculo de estabilidad mediante el método de Bishop simplificado con presión de poros según lo dado por Das (2018), teniendo en cuenta lo siguiente:

$$\text{Coordenadas adoptadas} \rightarrow X_c = 6,0 \text{ m}; Y_c = -4,5 \text{ m}$$

$$\text{Radio} \rightarrow R = \sqrt{(6 \text{ m})^2 + (4,5 \text{ m})^2} = 7,5 \text{ m}$$

Dichas coordenadas representan el centro de la superficie de falla, la cual es una falla rotacional profunda que pasa por el pie del talud aguas abajo. A partir de estos datos, se procedió a dividir en 10 dovelas dentro de la curva circular de falla, luego se realizaron las estimaciones de las respectivas alturas medias, ángulos base y alturas efectivas de agua para proseguir con el cálculo de la resistencia y deslizamiento de cada dovela. A continuación se presenta como ejemplificación el procedimiento de cálculo de la dovela 1 y 2:

$$\text{Estimación de altura mínima} \rightarrow h_1 \sim 0,9 \text{ m}$$

$$\text{Estimación de altura máxima} \rightarrow h_2 \sim 1,5 \text{ m}$$

$$\text{Promedio de altura media} \rightarrow h = \frac{h_1 + h_2}{2} = \frac{0,9 \text{ m} + 1,5 \text{ m}}{2} = 1,2 \text{ m}$$

$$\text{Ángulo de base [geometría circular]} \rightarrow \alpha_1 = 14^\circ$$

$$\text{Altura de agua efectiva estimada sobre la base} \rightarrow h_w = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Presión de poros} \rightarrow u_n = \gamma_{\text{agua}} \cdot h_w = 9,81 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0,5 \text{ m} = 5 \text{ kPa}$$

$$\text{Ancho horizontal de cada dovela} \rightarrow b_n = \frac{\text{Total de ancho de base}}{\text{número de dovelas}} = \frac{19,5 \text{ m}}{10} = 1,95 \text{ m}$$

$$\text{Ancho perpendicular a la base [estimación]} \rightarrow A_p = 1 \text{ m}$$

$$\text{Peso dovela 1} \rightarrow W_1 = \gamma_{\text{arcilla}} \cdot b_1 \cdot h \cdot A_p = 18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 1,95 \text{ m} \cdot 1,2 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = 42,1 \text{ kN}$$

$$\text{Factor de corrección de fuerzas} \rightarrow m_{\alpha(1)} = \cos \alpha_1 + \frac{\tan \varphi' \cdot \sin \alpha_1}{F_s}$$

$$\text{Asumiendo un } F_s \text{ inicial} = 1,5 \rightarrow m_{\alpha(1)} = \cos(14^\circ) + \frac{\tan(20^\circ) \cdot \sin(14^\circ)}{1,5} = 1,029$$

$$\text{Resistencia } R_1 = [c' \cdot b_1 + (W_1 - u_1 \cdot b_1) \cdot \tan \varphi'] \cdot \frac{1}{m_{\alpha(1)}}$$

$$\text{Resistencia } R_1 = [25 \text{ kPa} \cdot 1,95 \text{ m} + (42,1 \text{ kN} - 5 \text{ kPa} \cdot 1,95 \text{ m}) \cdot \tan(20^\circ)] \cdot \frac{1}{1,029} = 58,9 \text{ kN}$$

$$\text{Fuerza deslizante } D_1 = W_1 \cdot \sin \alpha_1$$

$$\text{Fuerza deslizante } D_1 = 42,1 \text{ kN} \cdot \sin(14^\circ) = 10,2 \text{ kN}$$

Luego, se procedió a realizar el respectivo cálculo para las otras dovelas, así mismo con las respectivas estimaciones de la geometría circular de falla, con la finalidad de realizar la respectiva sumatoria de las resistencias y fuerzas deslizantes con un factor de seguridad inicial de 1,5, el cual es un valor realista y de arranque que evita inestabilidades numéricas. A continuación, se muestran los valores obtenidos en la tabla # 13:

**Tabla 13**

Valores de parámetros, resistencia y fuerza deslizante para FS=1,5

Dovelas	$\alpha$	h mín. [m]	h máx. [m]	h media [m]	h agua efectiva [m]	Ri [kN]	Di [kN]
1	14°	0,9	1,5	1,2	0,5	58,9	10,2
2	18°	1,45	1,65	1,55	0,8	61,8	16,8
3	22°	1,7	2	1,85	1	55,4	19,7
4	26°	1,95	2,25	2,1	1,2	47,9	22,1
5	30°	2,1	2,4	2,25	1,4	40,2	24,6
6	34°	2,15	2,45	2,3	1,5	35,1	25,8
7	38°	2,05	2,35	2,2	1,4	30,7	26,1
8	42°	1,85	2,15	2	1,2	28,9	24,9
9	46°	1,55	1,85	1,7	0,9	27,3	23,1
10	50°	1,2	1,5	1,35	0,6	26,4	23,5

Realizando las debidas sumatorias, se obtuvo lo siguiente:

$$F_s = \frac{\sum [c' \cdot b_n + (W_n - u_n \cdot b_n) \cdot \tan \varphi'] \cdot \frac{1}{m_{\alpha(n)}}}{\sum W_n \cdot \sin \alpha_n} = \frac{412,6 \text{ kN}}{216,8 \text{ kN}} = 1,90$$

Se vuelve a realizar otra iteración más para lograr que converja el valor de factor de seguridad adoptado al inicio con el obtenido al final. Al realizar esta segunda iteración se

adoptó un  $F_s=1,90$  manteniendo los mismos ángulos de base, alturas máximas, alturas mínimas y alturas efectivas de agua, logrando obtener los siguientes valores que se muestran en la tabla # 14:

**Tabla 14**

Valores de parámetros, resistencia y fuerza deslizante para  $F_S=1,9$

Dovelas	Ri [kN]	Di [kN]
1	42,1	10,2
2	45,6	16,8
3	47,6	19,7
4	49,2	22,1
5	50,1	24,6
6	49,6	25,8
7	47,8	26,1
8	44,5	24,9
9	39,9	23,1
10	33,7	23,5

Finalmente, se vuelven hacer las respectivas sumatorias, obteniendo el siguiente  $F_s$ :

$$F_s = \frac{\sum [c' \cdot b_n + (W_n - u_n \cdot b_n) \cdot \tan \varphi'] \cdot \frac{1}{m_{\alpha(n)}}}{\sum W_n \cdot \sin \alpha_n} = \frac{450,4 \text{ kN}}{216,8 \text{ kN}} = 2,08 \therefore \text{Buena Estabilidad}$$

Por lo tanto, se alcanza una convergencia aceptable y cumple con la estabilidad.

### 3.2.9.3 Análisis sísmico pseudoestático

Se procedió con la obtención de ciertos parámetros según el tipo de suelo y de la zona sísmica del área de estudio según lo que dicta la norma ecuatoriana de la construcción:

$$\text{Zona sísmica [Guayas]} \rightarrow Z = 0,40$$

$$\text{Factor de sitio [tipo de suelo D siendo conservador]} \rightarrow F_a = 1,0$$

Teniendo estos datos en cuenta, se calculó la aceleración máxima horizontal:

$$a_{max} = Z \cdot F_a$$

$$a_{max} = 0,40 \cdot 1,0 = 0,40 \text{ g}$$

Luego, se procedió a calcular el coeficiente sísmico horizontal mediante la siguiente ecuación:

$$kh = \frac{0,6 \cdot a_{max}}{g} = \frac{0,6 \cdot 0,40 \text{ g}}{g} = 0,24$$

Por tanto, la fuerza sísmica sería de la siguiente forma relacionándolo con Bishop debido a la falla rotacional para cada dovela:

$$F_{sismo\ 1} = kh \cdot W_1 = 0,24 \cdot 42,1 \text{ kN} = 10,1 \text{ kN}$$

Teniendo en cuenta esto la fuerza deslizante se modifica, mientras que la resistencia no manteniendo el mismo resultado anteriormente obtenido:

$$Resistencia\ R_1 = [25 \text{ kPa} \cdot 1,95 \text{ m} + (42,1 \text{ kN} - 5 \text{ kPa} \cdot 1,95 \text{ m}) \cdot \tan(20^\circ)] \cdot \frac{1}{1,029} = 58,9 \text{ kN}$$

$$Fuerza\ deslizante\ D_1 = W_1 \cdot \sin \alpha_1 + F_{sismo\ 1} \cdot \cos \alpha_1$$

$$Fuerza\ deslizante\ D_1 = 42,1 \text{ kN} \cdot \sin(14^\circ) + 10,1 \text{ kN} \cdot \cos(14^\circ) = 19,8 \text{ kN}$$

Por consiguiente, se muestran en la tabla # 15 los demás resultados para cada dovela:

**Tabla 15**

Resultados y parámetros obtenidos de análisis sísmico para cada dovela

Dovela	Wi [kN]	$\alpha$	F sísmica [kN]	Di [kN]	Ri [kN]
1	42,1	14°	10,1	19,8	58,9
2	54,3	18°	13	28,3	61,8
3	63	22°	15,1	35,6	55,4
4	70,2	26°	16,8	42,2	47,9
5	74	30°	17,8	47,8	40,2
6	72,5	34°	17,4	51,2	35,1
7	68	38°	16,3	53	30,7
8	61,5	42°	14,8	53,4	28,9
9	52	46°	12,5	51	27,3
10	40	50°	9,6	45	26,4

Luego, se procedió con las respectivas sumatorias obteniendo el respectivo  $F_s$  sísmico:

$$F_s = \frac{\sum [c' \cdot b_n + (W_n - u_n \cdot b_n) \cdot \tan \varphi'] \cdot \frac{1}{m_{\alpha(n)}}}{\sum W_n \cdot \sin \alpha_n} = \frac{458,3 \text{ kN}}{427,3 \text{ kN}} = 1,07 > 1 \therefore \text{Cumple}$$

El resultado obtenido, significa que el dique no va a fallar durante un sismo.

#### 3.2.9.4 Asentamiento en el dique

Para el cálculo del asentamiento del dique se procedió con la suposición de mejorar el terreno, es decir, excavar entre 1,5 a 2,5 metros de profundidad para extraer el relleno hidráulico que está en la zona del dique y luego colocar material arcilloso compactado, con el material extraído se lo usaría en la construcción del talud aguas abajo. Teniendo esto en cuenta, se asume los siguientes parámetros geotécnicos:

$$\text{Índice de compresión} \rightarrow C_c = 0,15$$

$$\text{Índice de vacíos inicial} \rightarrow e_0 = 0,6$$

$$\text{Peso unitario saturado arcilla estrato [5,5 m]} \rightarrow \gamma_{sat [5,5m]} = 19 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Peso unitario del agua} \rightarrow \gamma_{agua} = 9,81 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Peso unitario saturado arcilla dique} \rightarrow \gamma_{arcilla} = 18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Luego, se procedió con el cálculo del esfuerzo efectivo inicial, teniendo en cuenta que nuestro  $z$  sería igual a 2,75 m, es decir, la mitad de la distancia del capa comprensible, debido a que existen entre 8 a 10 metros de profundidad desde el suelo natural que según el informe geotécnico otorgado por el cliente pertenece a un estrato de arcilla con limos procedente del

relleno hidráulico. Por ello, al realizar una excavación de 2,5 metros para mejorar la base de cimentación del dique, se disminuye esta capa de suelo blando a 5,5 m.

$$\sigma'_0 = (\gamma_{sat} - \gamma_{agua}) \cdot z$$

$$\sigma'_0 = \left(19 \frac{kN}{m^3} - 9,81 \frac{kN}{m^3}\right) \cdot 2,75 \text{ m} = 25,27 \text{ kPa}$$

Con esto, se obtuvo el cálculo del asentamiento por consolidación primaria, a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{Altura de compresión} \rightarrow H_c = 5,5 \text{ m}$$

$$W_{dique} = \gamma_{arcilla} \cdot \text{Área}_{sección \text{ dique}}$$

$$W_{dique} = 18 \frac{kN}{m^3} \cdot (33,75 \text{ m}^2) = 607,5 \frac{kN}{m}$$

$$\text{Ancho total de base de dique} \rightarrow B = 19,5 \text{ m}$$

$$\Delta\sigma = \frac{W_{dique}}{B} = \frac{607,5 \frac{kN}{m}}{19,5 \text{ m}} = 31,15 \text{ kPa}$$

$$S = \frac{C_c}{1 + e_0} \cdot H_c \cdot \log\left(\frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma}{\sigma'_0}\right)$$

$$S = \frac{0,15}{1 + 0,6} \cdot 5,5 \cdot \log\left(\frac{25,27 \text{ kPa} + 31,15 \text{ kPa}}{25,27 \text{ kPa}}\right) = 0,18 \text{ m} = 18 \text{ cm}$$

### 3.2.10 Volúmenes de obra

Para la estimación de volumen de obra, se procedió con el cálculo de los anchos de zanjas de cada tramo de tubería considerando el diámetro externo de la tubería y 0,3 m de cada lado para tener espacio de movilidad, las áreas de sección transversal de cada zanja considerando el promedio de las profundidades de excavación, teniendo en cuenta 0,1 m de espesor de cama de arena y como altura de mejoramiento 0,4 m más el diámetro externo de la

tubería estudiada, luego de eso se obtuvieron los respectivos volúmenes de obra. A continuación se ejemplifica con el tramo 20-19:

$$\text{Ancho de zanja}_{20-19} = \text{Dexterno}_{20-19} + 0,6 \text{ m}$$

$$\text{Ancho de zanja}_{20-19} = 0,399 \text{ m} + 0,6 \text{ m} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Área de zanja}_{20-19} = \text{Ancho de zanja}_{20-19} \cdot \text{Promedio de profundidades}_{20-19}$$

$$\text{Área de zanja}_{20-19} = 1 \text{ m} \cdot \text{Prom}(1,86; 2,03) = 1 \text{ m} \cdot 1,94 \text{ m} = 1,94 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen total de excavación}_{20-19} = \text{Área de zanja}_{20-19} \cdot \text{Longitud}_{20-19}$$

$$\text{Volumen total de excavación}_{20-19} = 1,94 \text{ m}^2 \cdot 70 \text{ m} = 135,91 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen cama de arena}_{20-19} = \text{Ancho de zanja}_{20-19} \cdot \text{espesor cama} \cdot \text{Longitud}_{20-19}$$

$$\text{Volumen cama de arena}_{20-19} = 1,94 \text{ m}^2 \cdot 0,1 \text{ m} \cdot 70 \text{ m} = 7 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de mejoramiento}_{20-19}$$

$$= (\text{Ancho de zanja}_{20-19} \cdot \text{Altura de mejoramiento} \cdot \text{Longitud}_{20-19})$$

$$- (\text{Área de diámetro externo tubería}_{20-19} \cdot \text{Longitud}_{20-19})$$

$$\text{Área de diámetro externo tubería}_{20-19} = \pi \cdot \left( \frac{0,399 \text{ m}}{2} \right)^2 = 0,125 \text{ m}^2$$

$$\text{Altura de mejoramiento} = \text{Dexterno}_{20-19} + 0,4 \text{ m}$$

$$\text{Altura de mejoramiento} = 0,399 \text{ m} + 0,4 \text{ m} = 0,8 \text{ m}$$

$$\text{Volumen de mejoramiento}_{20-19} = (1 \text{ m} \cdot 0,8 \text{ m} \cdot 70 \text{ m}) - (0,125 \text{ m}^2 \cdot 70 \text{ m}) = 47,2 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de relleno de sitio}_{20-19}$$

$$= \text{Volumen total de excavación}_{20-19} - \text{Volumen cama de arena}_{20-19}$$

$$- \text{Volumen de mejoramiento}_{20-19}$$

$$\text{Volumen de relleno de sitio}_{20-19} = 135,91 \text{ m}^3 - 7 \text{ m}^3 - 47,2 \text{ m}^3 = 81,71 \text{ m}^3$$

*Volumen de desalojo*<sub>20-19</sub>

$$= (\text{Volumen total de excavación}_{20-19}$$

$$- \text{Volumen de relleno de sitio}_{20-19}) \cdot \text{Factor de esponjamiento}$$

$$\text{Volumen de desalojo}_{20-19} = (135,91 \text{ m}^3 - 81,71 \text{ m}^3) \cdot 1,05 = 56,91 \text{ m}^3$$

Los demás volúmenes tales como los correspondientes a las zanjas de infiltración y a la propuesta de dique como obra complementaria se encuentran en la descripción de presupuesto en el capítulo 5. Cabe mencionar que los respectivos planos del sistema propuesto se encuentran en anexos, donde encuentra la vista en planta del sistema y cortes de cada elemento.

### ***3.2.11 Modelaje de red de drenaje pluvial en SWMM***

Para el respectivo modelaje en el software SWMM, se procedió a realizar el trazado del sistema pluvial propuesto teniendo en cuenta la creación de 4 modelos, tales como el área de estudio solo con el sistema de conducción pluvial por gravedad con un período de retorno de 5 y 10 años, mientras que los otros 2 modelos son del área de estudio con el sistema de conducción pluvial por gravedad más la incorporación de las superficies de infiltración con un período de retorno de 5 y 10 años. Estos trazados se hicieron mediante la incorporación de conduits como tuberías, nodes como pozos de revisión, outfall como descarga, subcatchments como subcuencas o superficies de infiltración, y rain gage como la precipitación que cae en la cuenca. Luego, teniendo todo esto, se procedió a llenar los parámetros de cada elemento, como se ve a continuación en las siguientes figuras:

**Figura 25**

## Parámetros de la sub cuencas

Subcatchment S37	
Property	Value
Y-Coordinate	3523.554
Description	
Tag	
Rain Gage	R1
Outlet	J22
Area	0.24
Width	70
% Slope	2
% Imperv	100
N-Imperv	0.011
N-Perv	0
Dstore-Imperv	0.2
Dstore-Perv	0
%Zero-Imperv	30
Subarea Routing	OUTLET
Percent Routed	100
Infiltration Data	HORTON
Groundwater	NO
Snow Pack	
LID Controls	0

LID controls (click to edit)

**Figura 26**

## Parámetros de sub cuenca usada para zanja filtrante

Subcatchment S99	
Property	Value
Y-Coordinate	3602.146
Description	
Tag	
Rain Gage	R1
Outlet	J23
Area	0.01
Width	90
% Slope	0.5
% Imperv	0
N-Imperv	0
N-Perv	0
Dstore-Imperv	0
Dstore-Perv	0
%Zero-Imperv	0
Subarea Routing	OUTLET
Percent Routed	100
Infiltration Data	HORTON
Groundwater	NO
Snow Pack	
LID Controls	1

**Figura 27**

## Parámetros de las tuberías

Conduit C20 <span style="float: right;">✕</span>	
Property	Value
Name	C20
Inlet Node	J11
Outlet Node	J22
Description	
Tag	
Shape	CIRCULAR
Max. Depth	0.477
Length	46
Roughness	0.011
Inlet Offset	0
Outlet Offset	0
Initial Flow	0
Maximum Flow	0
Entry Loss Coeff.	0
Exit Loss Coeff.	0
Avg. Loss Coeff.	0
Seepage Loss Rate	0
Flap Gate	NO
Culvert Code	
Inlets	NO

**Figura 28**

## Parámetros de los pozos de revisión

Junction J18 <span style="float: right;">✕</span>	
Property	Value
Name	J18
X-Coordinate	4389.074
Y-Coordinate	4079.651
Description	
Tag	
Inflows	NO
Treatment	NO
Invert El.	1.319
Max. Depth	1.981
Initial Depth	0
Surcharge Depth	0
Ponded Area	0

**Figura 29**

Parámetros seleccionados para la descarga

Outfall O1	
Property	Value
Name	O1
X-Coordinate	1441.218
Y-Coordinate	123.622
Description	
Tag	
Inflows	NO
Treatment	NO
Invert El.	-1.887
Tide Gate	NO
Route To	
Type	FREE
Fixed Outfall	
Fixed Stage	0
Tidal Outfall	
Curve Name	*
Time Series Outfall	
Series Name	*

**Figura 30**

Parámetros para la precipitación

Rain Gage R1	
Property	Value
Name	R1
X-Coordinate	2966.507
Y-Coordinate	6427.432
Description	
Tag	
Rain Format	VOLUME
Time Interval	0:05
Snow Catch Factor	1.0
Data Source	TIMESERIES
TIME SERIES:	
- Series Name	Lluvia1_T10
DATA FILE:	
- File Name	
- Station ID	*
- Rain Units	IN

**Figura 31**

Colocación del hietograma según el período de retorno

Time Series Editor

Time Series Name  
Lluvia1\_T10

Description

Use external data file named below

Enter time series data in the table below

No dates means times are relative to start of simulation.

Date (M/D/Y)	Time (H:M)	Value
	00:05	2.06
	00:10	2.58
	00:15	3.73
	00:20	16.98
	00:25	5.17
	00:30	3.02
	00:35	2.28
	00:40	1.88

View

OK

Cancel

Help

Todos estos parámetros se acoplan al área de estudio, como el coeficiente de rugosidad para zonas de pavimentos y para zonas donde existen áreas verdes con presencia de bordillos, las pendientes estimadas de cada subcuenca, los respectivos invert de los pozos, la profundidad de los pozos, los diámetros de las tuberías obtenidos anteriormente, los porcentajes de permeabilidad e impermeabilidad que posee cada subcuenca. Por otro lado, se evidencia la creación del hietograma para un período de retorno de 5 y 10 años dentro del elemento de rain gage, estos valores fueron ingresados con una duración de cada 5 minutos, los cuales fueron calculados en el capítulo 3. A continuación, se presentan en las siguientes figuras el proceso de creación de las superficies de infiltración en el software SWMM:

Figura 32

Llenado de parámetros para LID control surface

The screenshot shows the 'LID Control Editor' dialog box with the 'Surface' tab selected. The 'Control Name' is 'LID1' and the 'LID Type' is 'Infiltration Trench'. A diagram illustrates the LID structure with 'Surface', 'Storage', and 'Drain\*' components. The parameters for the Surface tab are:

Parameter	Value
Berm Height (in. or mm)	100
Vegetation Volume Fraction	0.15
Surface Roughness (Mannings n)	0.2
Surface Slope (percent)	0

Buttons: OK, Cancel, Help

Figura 33

Llenado de parámetros para LID control storage

The screenshot shows the 'LID Control Editor' dialog box with the 'Storage' tab selected. The 'Control Name' is 'LID1' and the 'LID Type' is 'Infiltration Trench'. A diagram illustrates the LID structure with 'Surface', 'Storage', and 'Drain\*' components. The parameters for the Storage tab are:

Parameter	Value
Thickness (in. or mm)	1000
Void Ratio (Voids / Solids)	0.3
Seepage Rate (in/hr or mm/hr)	25
Clogging Factor	1

Buttons: OK, Cancel, Help

Figura 34

Llenado de parámetros para LID control drain

The screenshot shows the 'LID Control Editor' dialog box with the 'Drain' tab selected. The 'Control Name' is 'LID1' and the 'LID Type' is 'Infiltration Trench'. A diagram illustrates the LID structure with 'Surface', 'Storage', and 'Drain\*' components. The parameters for the Drain tab are:

Parameter	Value
Flow Coefficient*	5
Flow Exponent	0.5
Offset (in or mm)	100
Open Level (in or mm)	0
Closed Level (in or mm)	0
Control Curve	[Dropdown]

Buttons: OK, Cancel, Help

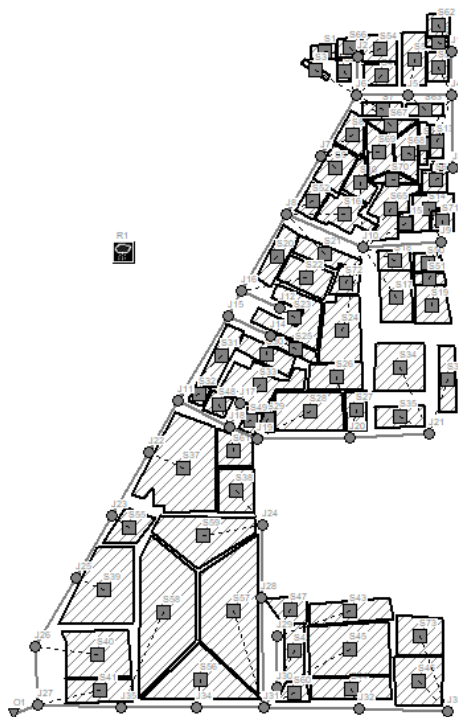
[Drain Advisor](#)

\*Flow is in in/hr or mm/hr; use 0 if there is no drain.

Luego, de haber completado los parámetros como la existencia de vegetación en la superficie, bordillos cercanos que conduzcan mejor el agua de la lluvia hacia estas zonas, la profundidad de esta zanja para almacenamiento, el coeficiente de flujo adoptado al tipo de mejoramiento con grava y arena gruesa, la pendiente de estas superficies se estima en cero para no generar algún tipo de escorrentía, la velocidad de filtración y finalmente la altura de ubicación desde el fondo de la zanja del tubo drenante perforado PVC de 200 mm de diámetro. Después de llenar todos los parámetros para los 4 modelos que se hicieron, se obtuvieron las siguientes visualizaciones:

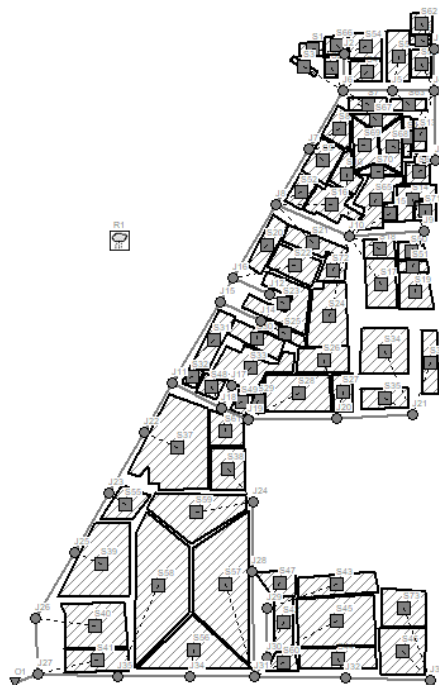
**Figura 35**

Modelaje 1: sistema convencional por gravedad T=5 años

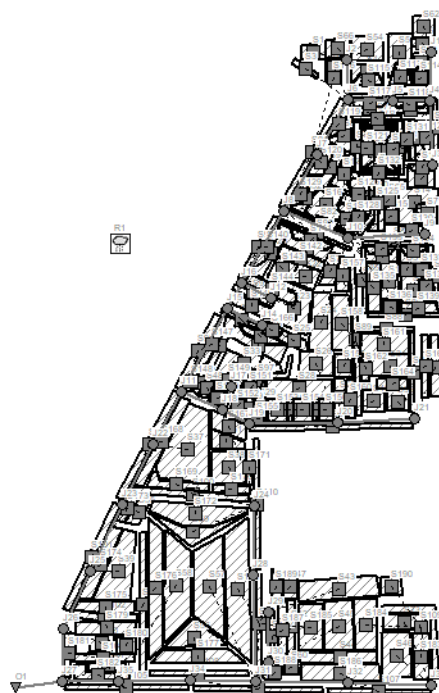


**Figura 36**

Modelaje 2: sistema convencional por gravedad T=10 años

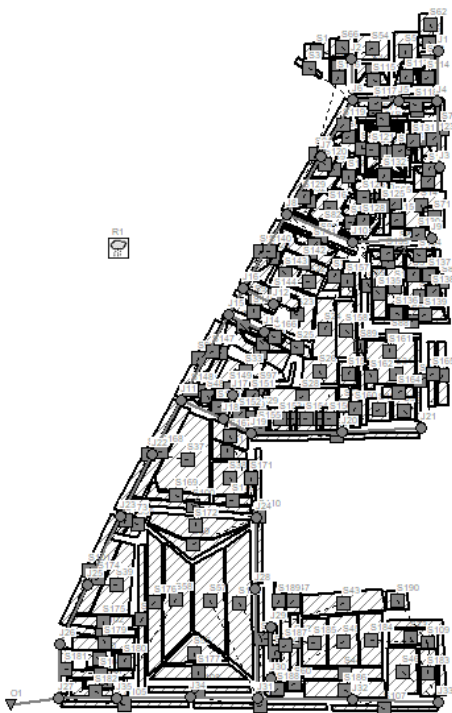
**Figura 37**

Modelaje 3: sist. Conv. por gravedad más superficies de infiltración T=5 años



**Figura 38**

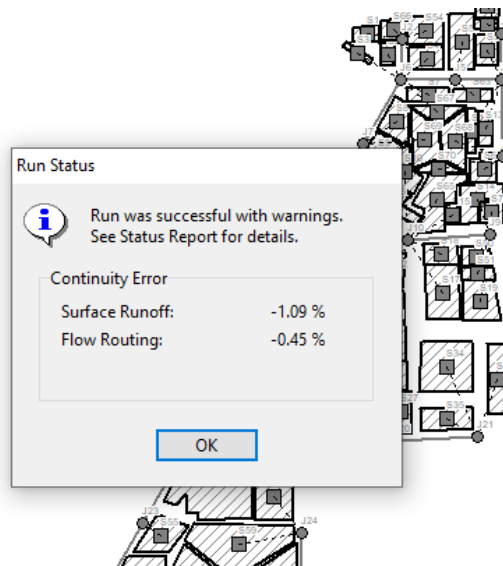
Modelaje 3: sist. Conv. por gravedad más superficies de infiltración T=5 años



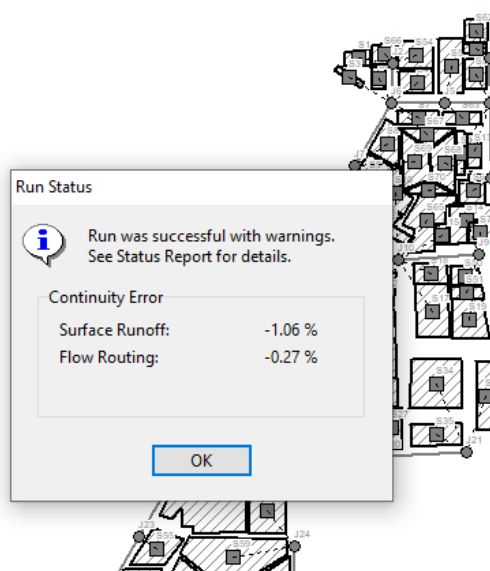
Luego, se procedió a correr los 4 modelos, obteniendo errores muy aceptables, los cuales están dentro del 5% como límite. Estos errores se dan porque el programa nos dice que existen ciertos tramos del sistema donde hay más espacio del necesario para el transporte del agua de la lluvia y eso es adecuado para que el sistema resista diversas condiciones.

**Figura 39**

Funcionamiento adecuado de modelo 1

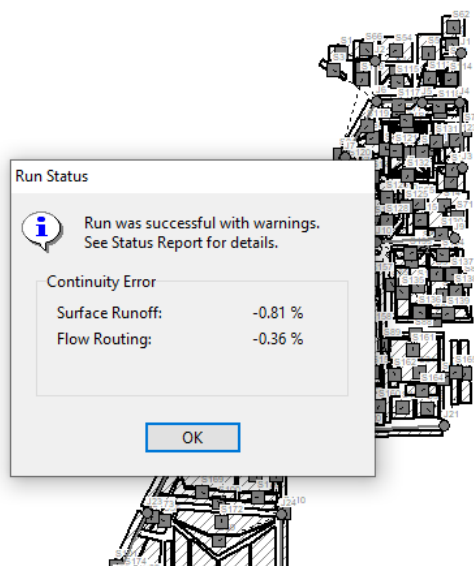
**Figura 40**

Funcionamiento adecuado de modelo 2

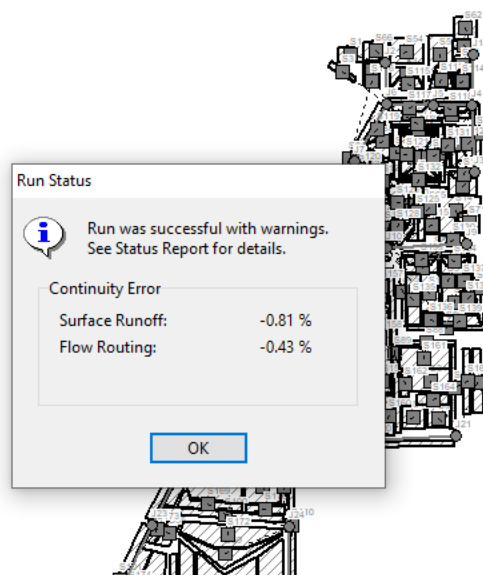


**Figura 41**

Funcionamiento adecuado de modelo 3

**Figura 42**

Funcionamiento adecuado de modelo 4



Teniendo esto presente, y a su vez evidenciando que la incorporación de estas superficies de infiltración hace que todo el sistema presente menos errores de flujo y escurra el agua de lluvia de forma eficiente, se procedió con la visualización de cómo se comporta el flujo del agua dentro del sistema para los 4 modelos. Se constató, que existe un tramo desde j6 a j8 donde se conectan otros conductos, que surge una subida de nivel del agua controlada entre los 30 a 40 minutos después de que haya comenzado la precipitación, inmediatamente el nivel vuelve a decrecer y a escurrirse de manera eficiente sin taponarse. A continuación, se presentan el comportamiento del flujo del agua de lluvia para los 4 modelos desde cuando hay bastante flujo hasta cuando este se escurre:

**Figura 43**

### Comportamiento de flujo en tiempo crítico para modelo 1

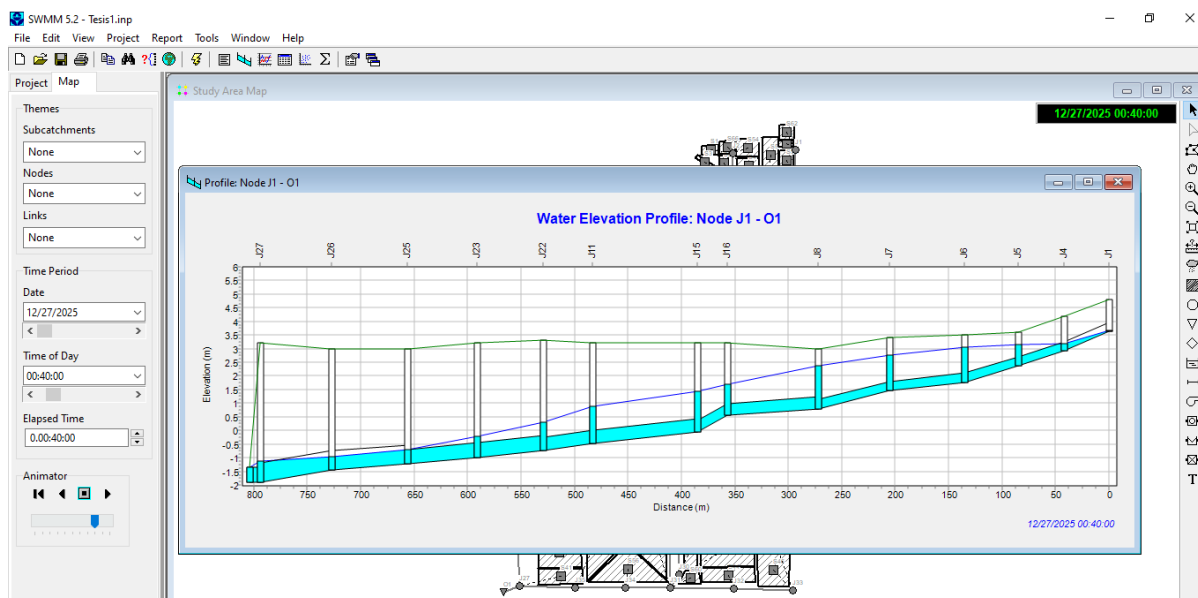


Figura 44

Comportamiento de flujo en tiempo de recuperación inmediata para modelo 1

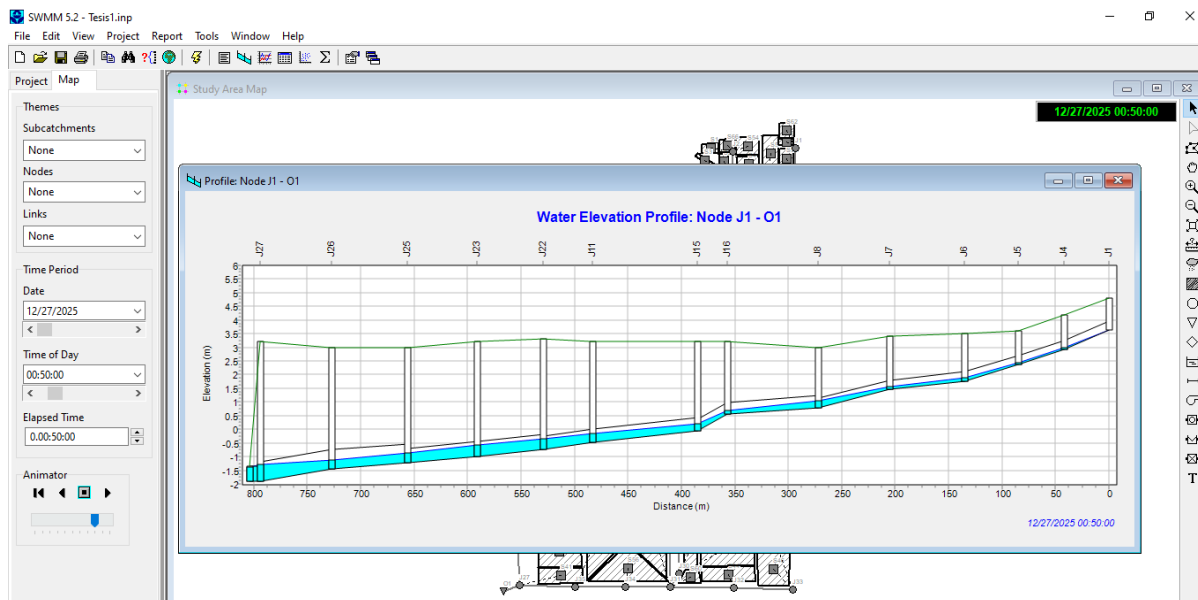


Figura 45

Comportamiento de flujo en tiempo crítico para modelo 2

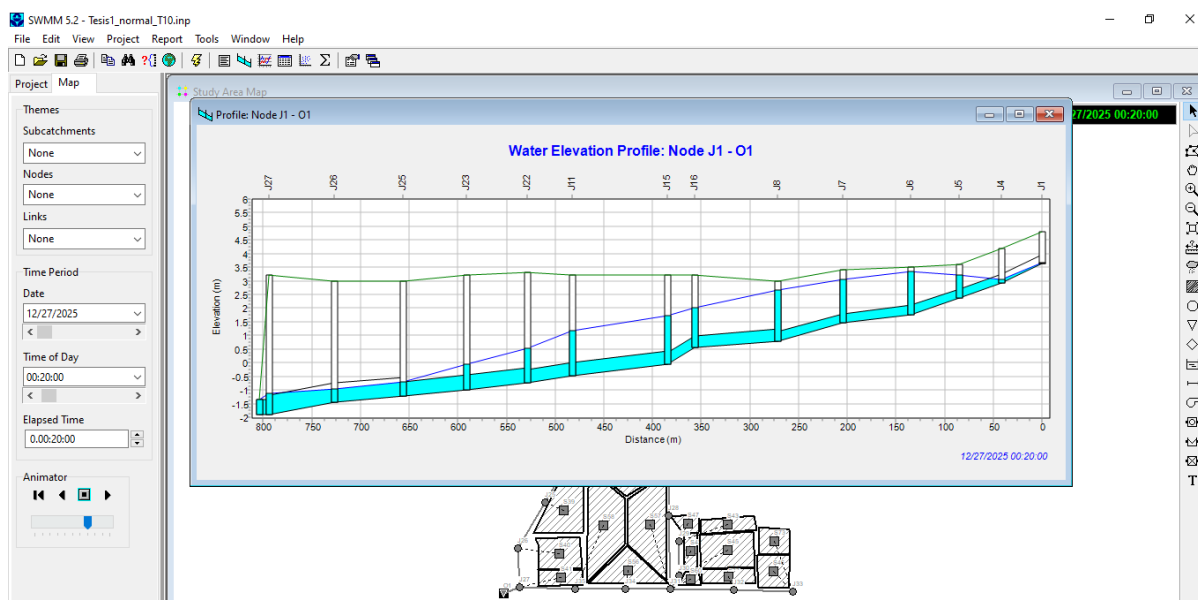


Figura 46

Comportamiento de flujo en tiempo de recuperación inmediata para modelo 2

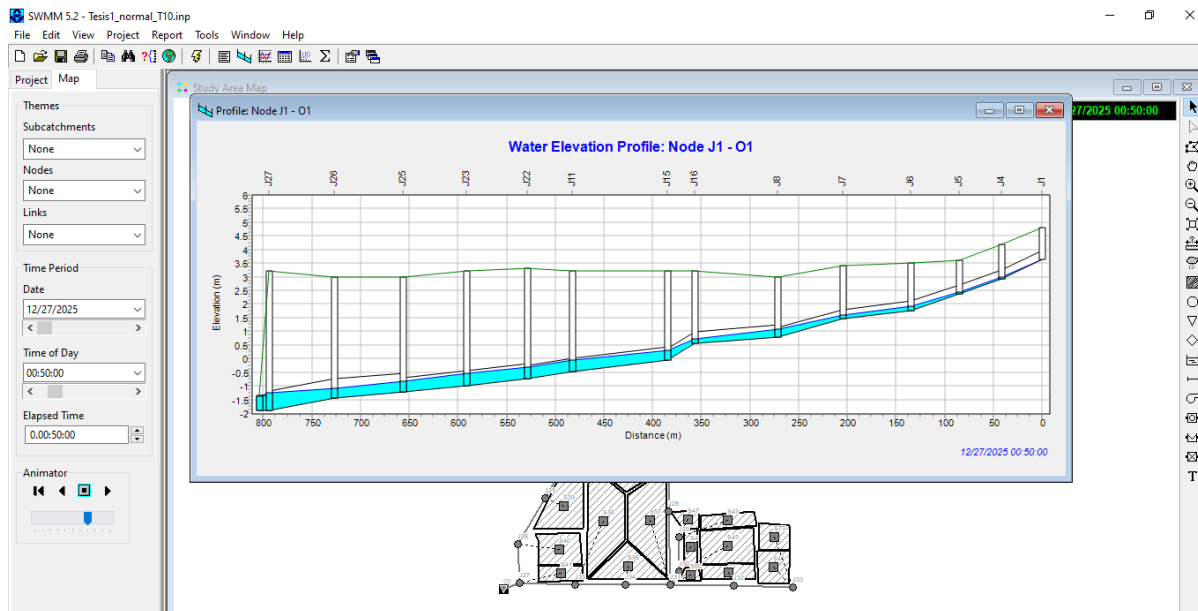


Figura 47

Comportamiento de flujo en tiempo crítico para modelo 3

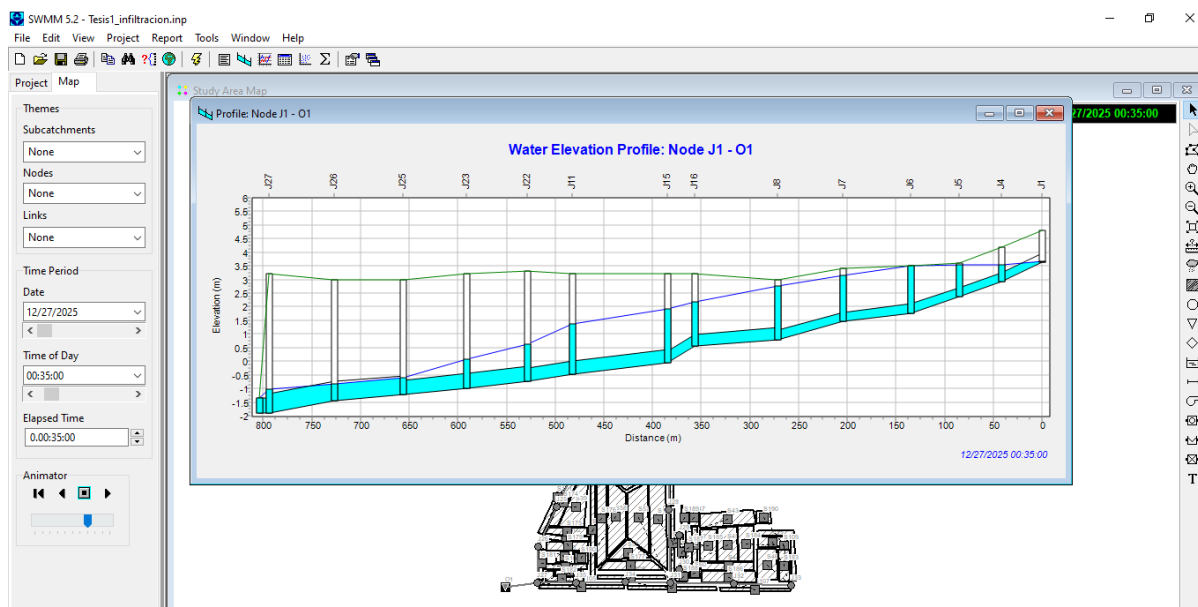


Figura 48

Comportamiento de flujo en tiempo de recuperación inmediata para modelo 3

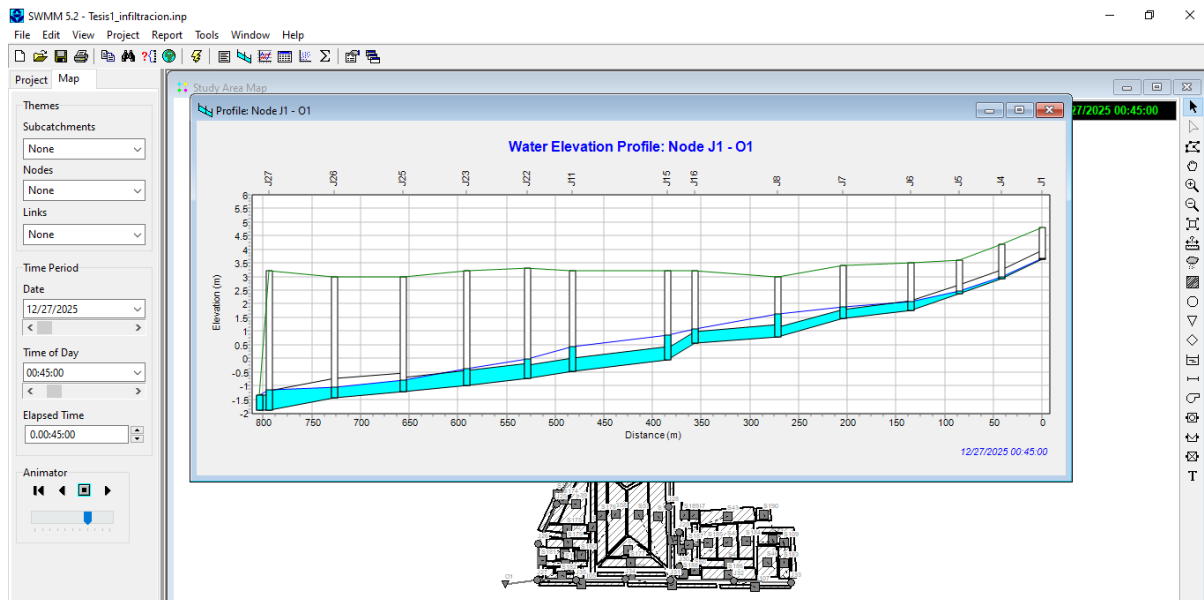


Figura 49

Comportamiento de flujo en tiempo crítico para modelo 4

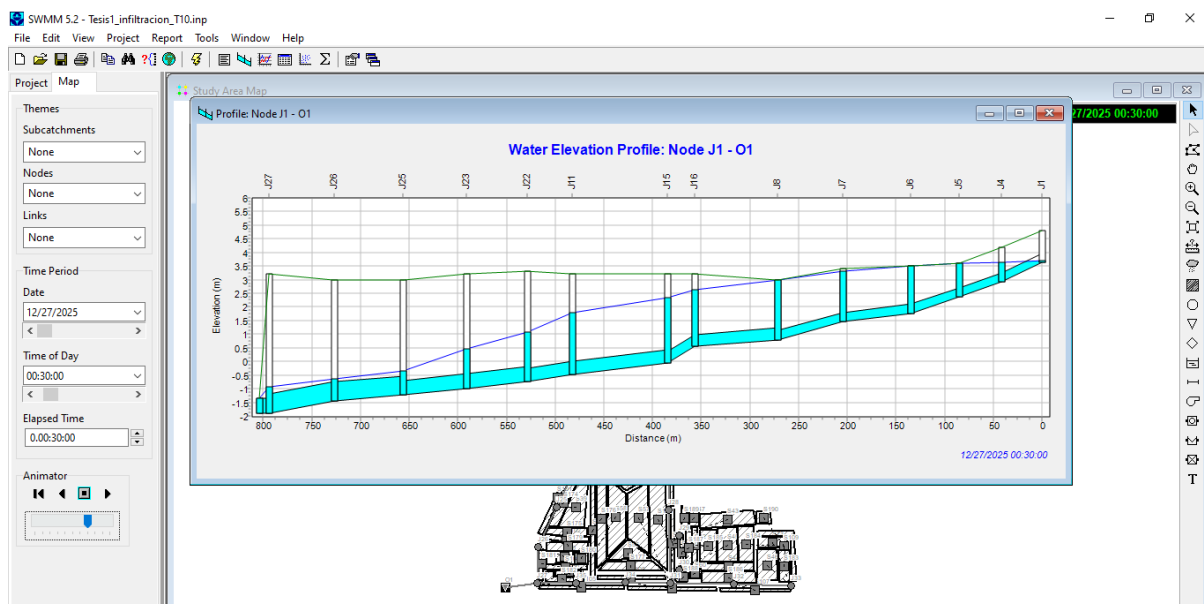
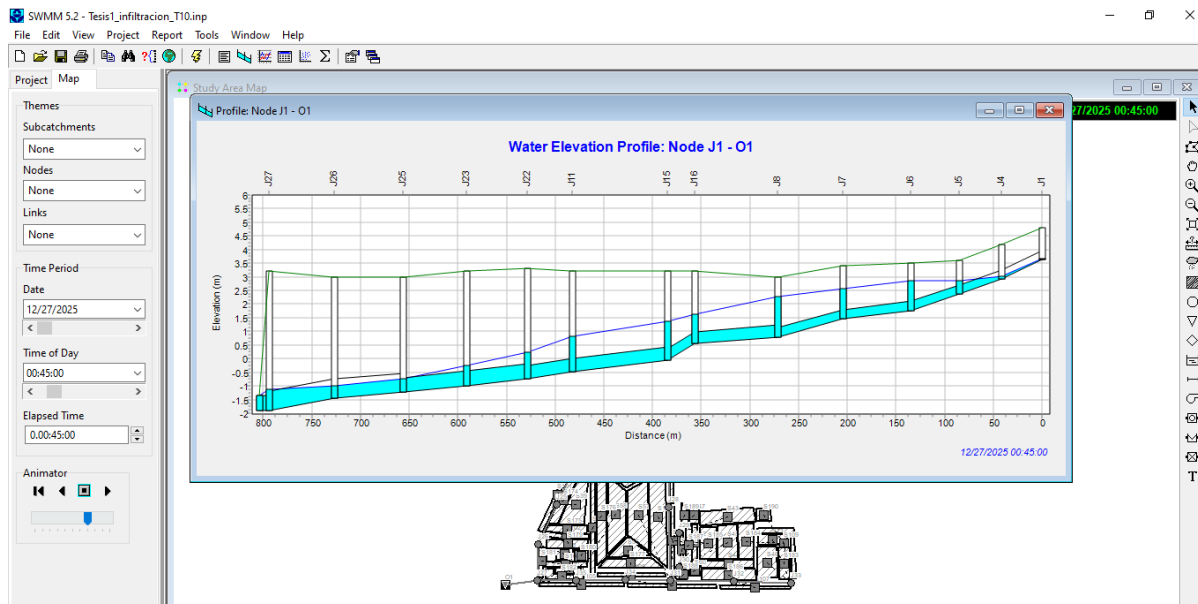


Figura 50

Comportamiento de flujo en tiempo de recuperación inmediata para modelo 4



# Capítulo 4

## **4. ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL**

### **4.1 Descripción del proyecto**

En el presente estudio de impacto ambiental cuya ubicación geográfica se puede observar en la figura 6, se presentan las acciones que provocarían impactos al llevar a cabo cada una de las 3 alternativas propuestas, en sí el proyecto se trata de diseñar un sistema de drenaje eficiente, resiliente y sostenible a largo plazo de las aguas lluvias en la base naval norte de Guayaquil.

De manera general, dentro de la fase constructiva se tendría la demolición de asfalto y veredas, excavación de zanjas con retroexcavadoras, traslado de materiales de construcción, movilización, servicios higiénicos y alimentación del personal, uso de recursos naturales, instalación de tuberías PEAD, reposición de carpeta asfáltica, construcción de obras ribereñas y realización de trámites de permisos de construcción.

Estas acciones descritas conllevarían a impactos positivos relacionados con los ODS, tales como el ODS #6 contribuyendo con una adecuada conducción del agua lluvia, el ODS#11 disminuyendo las inundaciones, el ODS #13 ofreciendo un sistema resiliente ante eventos climáticos extremos, el ODS #15 contribuyendo a la conservación de ecosistemas terrestres y el ODS #8 generando empleos directos e indirectos. Sin embargo, también se originarían impactos negativos tales como generación de ruido por los tractores, desperdicios, polvo, emisión de CO<sub>2</sub> y contaminación del río.

Se propone minimizar el impacto ambiental comenzando con la modificación de horarios de obra para reducir efectos de ruido, la reutilización de material extraído y la utilización de material de construcción de mayor duración y amigable con el ambiente.

## 4.2 Línea base ambiental

El medio en su condición actual, donde se realizará el proyecto, se detalla a continuación:

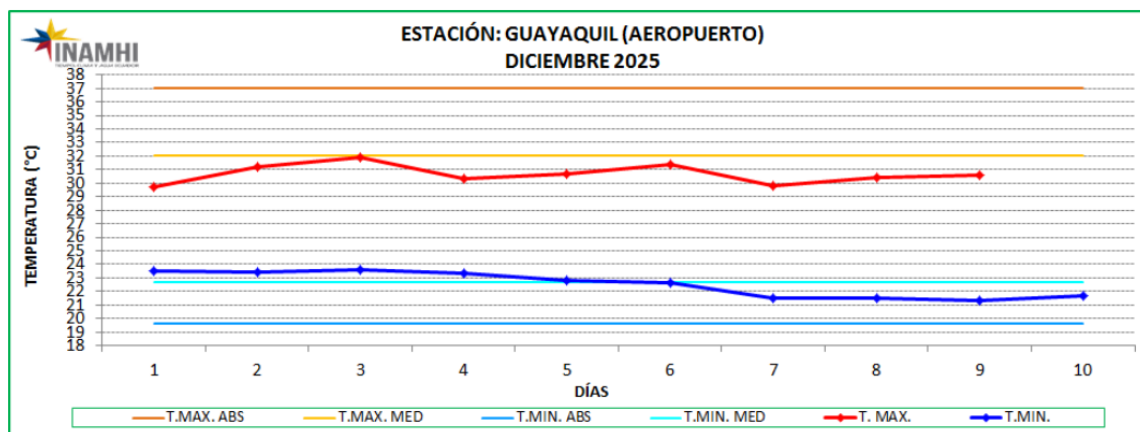
### 4.2.1 Medio natural

#### Clima:

La zona presenta al día de hoy posee un clima tropical húmedo con cielos despejados, con una temperatura que varía entre 30.6 C° durante el día y 21.7 C° por la noche, no hay presencia de precipitaciones y existe una velocidad del viento baja durante el día, estos datos se pueden corroborar en la figura 13 y 14 (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología - INAMHI, 2025).

**Figura 51**

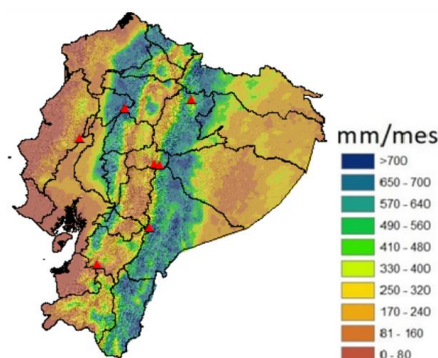
*Registro diario de temperaturas extremas Diciembre 2025 en Guayaquil*



*Nota.* Tomado de Estación Guayaquil Aeropuerto “José Joaquín de Olmedo” DGAC, INAMHI, 2025, <https://www.inamhi.gob.ec/guayaquil/registrodgy.pdf>

**Figura 52**

*Predicción cuantitativa de precipitación de Ecuador 2025*



*Nota.* Tomado de Predicción climática Diciembre 2025, INAMHI, 2025, <https://servicios.inamhi.gob.ec/clima/>

### **Atmósfera:**

La calidad del aire no es tan buena, debido a que después de un tiempo de estar en la zona y usar un pañuelo en el rostro se evidencia presencia de hollín y por otro lado en ciertas horas se puede oler el humo de los vehículos, esto se debe a que la zona se encuentra rodeada de puentes y grandes avenidas con gran carga vehicular principalmente en horas pico por la mañana y tarde. Esto se lo puede constatar en la figura 15, donde se puede observar un índice de calidad de 89, lo cual es moderada (World Air Quality, 2025).

**Figura 53**

*Índice de calidad de aire en Guayaquil cerca de la zona del proyecto*



*Nota.* Tomado de World Air Quality Guayaquil, 2025, IQAir, <https://www.iqair.com/la-en/world-air-quality>

**Hidrosfera:**

El cuerpo de agua superficial mas cercano es el Río Guayas, el cual colinda con el proyecto. La calidad del agua del río no es la adecuada por simple observación visual, presentando alto contenido de sedimentos, restos de basura, empalizadas y lechuguines. Además, se pudo evidenciar una contaminación del sistema de alcantarillado pluvial actual ya que este se mezcla con las aguas residuales, y finalmente son descargas hacia el río. Cabe recalcar que el sistema de drenaje sanitario independiente del pluvial tambien descarga hacia el río pasando previamente solo por pozos sépticos antiguos. Esto se puede constatar en la figura 16.

**Figura 54**

*AA.LL. mezclado con aguas residuales de la Base Naval Norte*

**Litósfera:**

El suelo circundante se encuentra en su mayoría cubierto por pavimento flexible o rígido, y lo restante se encuentra distribuido en 3 canchas de césped y espacios de jardineras, donde se puede evidenciar que en ciertos tramos han sido alterados o modificados con agregados gruesos como gravas o arena. En la figura 17 se puede observar el uso del suelo actual.

**Figura 55**

*Veredas y pavimento en base naval norte*

**Vegetación:**

No existe una vegetación predominante en la zona, solo se puede evidenciar ciertos árboles como samanes, de mango y algunos arbustos, plantas ornamentales, palmeras y césped. Hay presencia de maleza en las zonas colidantes al Río Guayas y en algunos sumideros del drenaje pluvial. Esto se puede corroborar en la figura 18.

**Figura 56**

*Vegetación de la base naval norte*



**Fauna:**

En dicha zona del proyecto, se pueden observar aves como gorriones, palomas y garrapateros, los cuales buscan comida, ramas para sus nidos y refugio en ciertos techos, mientras que, en el lado de los mamíferos hay presencia de murciélagos, zarigüeyas y ratones, por otro lado, en el lado de los reptiles se pueden encontrar culebras, salamandras y ranas. Finalmente, se tiene la presencia de una gran variedad de insectos. Cabe mencionar que se pueden encontrar más animales cerca de las zonas ribereñas al río.

**Espacios de interés ecológico:**

En el entorno que comprende las zonas colindantes con el río, se puede apreciar que los animales buscan esta área para habitar pero se interrumpe por la actividad humana al usar este espacio como botadero de escombros de construcción y afectación por la crecida o desborde del río en época invernal. Otros espacios que se pueden considerar de interés ecológico son las áreas verdes que se encuentran alrededor de la cancha de césped y de las zonas de esparcimiento.

**Paisaje:**

El paisaje actual del área de estudio comprende elementos urbanísticos como vías de acceso vehicular, veredas para peatones, edificaciones, áreas verdes decorativas, señalización, parqueaderos, postes de iluminación, zonas de esparcimiento o decorativas, talleres de camiones y almacenes. En otras palabras, se presenta un paisaje donde ha predominado la actividad humana y se ha dejado poco espacio para vegetación nativa o una visualización del río.

#### 4.2.2 Medio humano

##### **Medio económico:**

Los usos de las estructuras que conforman el área de estudio, es de carácter residencial, administrativo y operativo, en donde se cumplen disposiciones del estado, por lo cual, todas estas estructuras son entidades públicas. En este momento, este conglomerado de edificaciones no han tenido un adecuado mantenimiento, ni tampoco en la parte del sistema de drenaje pluvial y sanitario, lo cual presenta olores desagradables y focos de vectores. Cabe recalcar que dentro de esta área también se encuentran instituciones de estudio secundario y superior.

##### **Medio social:**

En esta área de estudio, las personas que habitan la zona son militares, personal civil y estudiantes, los cuales en su mayoría realizan sus actividades durante el día y una parte del personal militar se queda en las instalaciones ya sea por hospedaje u operaciones. Lo que se puede evidenciar es que durante las 7:00 hasta las 8:30 la mañana existe bastante movimiento vehicular y peatonal, así mismo se repite este flujo entre las 13:00 y las 14:00 de la tarde y finalmente a las 16:00. Esto también ocasiona saturación en los parqueaderos, tal como se puede evidenciar en la figura 19.

**Figura 57**

*Parqueaderos saturados durante horas pico en la base naval norte*



### 4.3 Actividades del proyecto

A continuación, en la tabla 2 se muestra la fase de construcción.

**Tabla 16**

*Labores y acciones de la fase de construcción que implican impactos ambientales*

Fase	Labor	Acción
Construcción	Preparación del sitio	Demolición de carpeta asfáltica y veredas. Acopio y disposición de material demolido. Señalización de obra. Instalación de campamento y bodega de materiales. Incorporación de accesos peatonales.
		Limpieza y desbroce de la zona intervenida. Excavación de zanjas. Carga y transporte de material excavado y de relleno. Relleno de zanjas. Compactación del suelo. Nivelación de terreno. Acopio y disposición de material excedente.
	Movimiento de tierras	Colocación de tuberías PEAD y perforadas. Instalación de pozos prefabricados. Construcción de sumideros y cunetas. Uso de energía eléctrica y agua potable.
		Movilización del personal de la obra. Transporte de maquinaria a la obra.
	Instalación del sistema de AA.LL.	Uso de servicios higiénicos portátiles. Generación de residuos por alimentación del personal. Consumo de agua potable.
	Logística	Construcción de dique de protección ribereño. Reposición de carpeta asfáltica y veredas. Intervención en áreas verdes. Colocación de plantas en superficies de infiltración.
	Actividades del personal	Realización de trámites y permisos. Desplazamiento a entidades privadas y públicas.
	Obras complementarias	
Gestión administrativa		

Por otro lado, se presenta en la tabla 3 las labores y acciones de las fases de funcionamiento y abandono respectivamente que implican impactos ambientales.

**Tabla 17**

*Labores y acciones de la fase de funcionamiento y abandono*

Fase	Labor	Acción
Funcionamiento	Operación del sistema de AA.LL.	Conducción de aguas lluvias por el sistema de drenaje. Pruebas de capacidad del drenaje. Descarga de caudales a la red pública.
	Inspección y control	Inspecciones periódicas de colectores, pozos y sumideros. Uso y traslado de equipos de inspección.
	Mantenimiento	Limpieza de sedimentos en las tuberías. Desalojo y disposición final de residuos sólidos.
Abandono	Desmontaje de instalaciones	Retiro de maquinaria. Desinstalación de servicios higiénicos. Retiro de equipos de iluminación. Desinstalación de campamento y bodega de materiales.
	Limpieza de obra	Recolección de desperdicios restantes. Desalojo y disposición de desperdicios.
	Restauración de área	Recuperación del acceso vehicular y peatonal.

### 4.4 Identificación de impactos ambientales

Figura 58

Matriz de Leopold con las acciones y factores ambientales

Matriz de Leopold		Acciones																														Afectaciones de acciones	Total impacto del agregado																																																																																								
		Fase constructiva															Fase de funcionamiento						Fase de abandono																																																																																																		
		Demolición de carpeta asfáltica y veredas	Acopio y disposición de material demolido	Señalización de obra	Instalación de campamento y bodega de materiales	Incorporación de accesos peatonales	Limpieza y desbroce de la zona intervenida	Excavación de zanjas	Carga y transporte de material excavado	Relleno de zanjas	Compactación del suelo	Nivelación de terreno	Acopio y disposición de material excedente	Colocación de tuberías PEAD y perforadas	Instalación de pozos prefabricados	Construcción de sumideros y cunetas	Uso de energía eléctrica y agua potable	Movilización del personal de la obra	Transporte de maquinaria a la obra	Uso de servicios higiénicos portátiles	Generación de residuos por alimentación del personal	Consumo de agua potable	Construcción de dique de protección ribereño	Reposición de carpeta asfáltica y veredas	Intervención en áreas verdes	Colocación de plantas en superficies de infiltración	Realización de trámites y permisos	Desplazamiento a entidades privadas y públicas	Conducción de aguas lluvias por el sistema de drenaje	Pruebas de capacidad del drenaje	Descarga de caudales a la red pública			Inspecciones periódicas de colectores, pozos y sumideros	Uso y traslado de equipos de inspección	Limpieza de sedimentos en las tuberías	Desalojo y disposición final de residuos sólidos	Retiro de maquinaria	Desinstalación de servicios higiénicos	Retiro de equipos de iluminación	Desinstalación de campamento y bodega de materiales	Recolección de desperdicios restantes	Desalojo y disposición de desperdicios	Recuperación del acceso vehicular y peatonal																																																																													
Factores	Calidad del aire	4	-2	-1	-2	-2	-2	-2	4	-2	-1	4	4	4	4	4	4	4	4	-1	4	4	6	8	-2	-2	-1	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	5	36	-117																																																																												
	Emisión de polvo	8	4	1	-2	-1	-1	5	3	2	1	1	2	2	2	2	1	5	4	3	2	1	3	5	6	8	6	1	-2	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	35	-172																																																																									
	Emisión de gases	-6	-3	-1	-2	-1	-1	-7	-7	-5	-4	-4	-2	-3	-3	-3	-1	-3	-4	-2	-2	-3	-5	4	6	2	-3	-3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	6	35	-204																																																																									
	Ruido y vibraciones	9	5	-1	4	3	4	6	8	6	8	7	6	6	3	3	2	4	4	4	4	4	5	4	1	3	-1	-2	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	3	38	-510																																																																									
	Alteración del suelo	-4	-4	-1	-3	-2	-4	-5	-3	-4	-7	-5	-3	-4	-5	-4	-1	-2	-4	-2	-3	-1	-5	-6	5	7	-1	-2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	5	36	-216																																																																										
	Cotaminación del río	-3	-3	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-1	5	4	2	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	6	-2	-1	-4	-3	4	5	-1	-1	8	3	6	3	-1	2	-1	-1	-1	-2	4	4	2	12	29	103																																																																									
	Alteración de la vegetación	-3	-3	-2	-4	-2	-3	-2	-2	-2	-3	-1	-3	-2	-2	-2	-1	-1	-3	-2	-1	-1	-3	-3	7	8	-1	-1	3	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	15	26	49																																																																									
	Alteración de fauna	-5	-2	-2	-2	-4	-3	-2	-1	4	-4	-3	-1	-2	-2	-2	-1	-2	-1	-2	-4	-4	-1	-3	-3	2	2	1	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	16	25	51																																																																									
	Salud de la población	-5	-6	3	2	4	2	4	3	-3	-2	-2	2	2	2	2	3	5	-2	2	2	2	3	5	6	4	3	5	-2	1	9	6	5	4	4	4	3	6	7	7	4	4	3	3	4	1	24	17	259																																																																								
	Generación de empleo	8	4	2	3	1	3	6	8	5	5	3	3	5	5	5	4	5	7	7	6	6	5	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	41	0	704																																																																										
Afectaciones de factores	Positivas	9	1																																																																																																																						
Negativas																																																																																																																									
Total impacto del agregado	-152	64	9	1	2	8	2	32	8	2	-5	8	2	-33	8	2	-87	9	1	69	9	1	-30	9	1	-102	9	1	-77	9	1	52	9	1	15	8	2	-23	9	1	-28	9	1	-30	9	1	-42	9	1	-60	9	1	39	6	4	-20	9	1	4	9	1	-44	8	2	-76	8	2	184	0	10	257	0	10	26	8	2	-18	9	1	140	3	7	13	5	5	53	3	7	14	5	5	-14	8	2	49	2	8	21	6	4	-6	6	4	1	6	4	28	6	4	8	6	4	67	3	7	57	4	6	33	0	10

En esta matriz, se designaron valores de magnitud e importancia según lo que dicta Leopold et al. (1971), en esta se distribuye una numeración característica a las condiciones que presenta la zona de estudio, es decir, el alcance o propagación que tendrían los distintos impactos de cada acción por cada uno de los factores descritos

### 4.5 Valoración de impactos ambientales

Figura 59

Matriz de valorización de impactos ambientales

Acciones	Impactos generados	E	We	D	Wd	R	Wr	Imp	Mag	Mag (imp* Mag )^0,5	IA	Calificación de IA	
Demolición de carpeta asfáltica y veredas	Generación de polvo en el aire por demolición	5	0,4	7,5	0,3	2,5	0,3	5	-7,5	7,5	6,123724357	-6,12372436	Significativo
	Aumento de ruido y vibraciones por uso de maquinaria	5	0,4	5	0,3	2,5	0,3	4,25	-10	10	6,519202405	-6,51920241	Significativo
Acopio y disposición de material demolido	Generación de empleos directo e indirecto en la demolición	5	0,4	2,5	0,3	7,5	0,3	5	7,5	7,5	6,123724357	6,12372436	Benéfico
	Afectación temporal a la salud de la población por polvo y ruido.	5	0,4	2,5	0,3	5	0,3	4,25	-5	5	4,609772229	-4,60977223	Significativo
Excavación de zanjas	Generación de empleos indirecto	2,5	0,4	2,5	0,3	7,5	0,3	4	5	5	4,472135955	4,47213595	Benéfico
	Incremento de ruido al realizar la excavación	5	0,4	5	0,3	5	0,3	5	-7,5	7,5	6,123724357	-6,12372436	Significativo
	Modificación de la estructura del suelo por excavación	1	0,4	2,5	0,3	5	0,3	2,65	-5	5	3,640054945	-3,64005494	Despreciable
	Desplazamiento temporal de fauna por remoción del suelo	1	0,4	2,5	0,3	2,5	0,3	1,9	-2,5	2,5	2,179449472	-2,17944947	Despreciable
Carga y transporte de material excavado y de relleno	Generación de empleos directos en la excavación	1	0,4	2,5	0,3	7,5	0,3	3,4	7,5	7,5	5,049752469	5,04975247	Benéfico
	Emisión de CO2 por vehículos de transporte	2,5	0,4	5	0,3	7,5	0,3	4,75	-7,5	7,5	5,968668193	-5,96866819	Significativo
	Generación de ruido y vibraciones por transporte de material	5	0,4	5	0,3	2,5	0,3	4,25	-7,5	7,5	5,645794895	-5,6457949	Significativo
	Generación de empleos directos e indirectos	2,5	0,4	2,5	0,3	7,5	0,3	4	7,5	7,5	5,477225575	5,47722558	Benéfico
Compactación del suelo	Incremento de vibraciones en las inmediaciones	5	0,4	7,5	0,3	5	0,3	5,75	-7,5	7,5	6,566962768	-6,56696277	Significativo
	Alteración del suelo al compactar	5	0,4	5	0,3	5	0,3	5	-7,5	7,5	6,123724357	-6,12372436	Significativo
Nivelación de terreno	Generación de ruido al nivelar el terreno	2,5	0,4	5	0,3	5	0,3	4	-7,5	7,5	5,477225575	-5,47722558	Significativo
	Alteración superficial del suelo	1	0,4	2,5	0,3	5	0,3	2,65	-5	5	3,640054945	-3,64005494	Despreciable
Acopio y disposición de material excedente	Riesgo de arrastre de sedimentos hacia el cuerpo de agua	1	0,4	2,5	0,3	7,5	0,3	3,4	-5	5	4,123105626	-4,12310563	Despreciable
	Contaminación de polvo hacia el exterior de la obra	2,5	0,4	5	0,3	7,5	0,3	4,75	-5	5	4,873397172	-4,87339717	Significativo
Movilización del personal	Generación de empleo directo e indirecto	2,5	0,4	2,5	0,3	7,5	0,3	4	5	5	4,472135955	4,47213595	Benéfico
	Transporte de maquinaria a la obra	5	0,4	5	0,3	5	0,3	5	-7,5	7,5	6,123724357	-6,12372436	Significativo
Construcción de dique de protección ribereño	Generación de empleos directos e indirectos	5	0,4	2,5	0,3	7,5	0,3	5	7,5	7,5	6,123724357	6,12372436	Benéfico
	Incremento de ruido por material pétreo	1	0,4	2,5	0,3	5	0,3	2,65	-5	5	3,640054945	-3,64005494	Despreciable
	Alteración a la superficie del suelo ribereño	2,5	0,4	2,5	0,3	2,5	0,3	2,5	-5	5	3,535533906	-3,53553391	Despreciable
	Disminución de riesgo de inundaciones	5	0,4	7,5	0,3	1	0,3	4,55	7,5	7,5	5,841660723	5,84166072	Benéfico
Reposición de carpeta asfáltica y veredas	Generación de empleos directos.	2,5	0,4	5	0,3	7,5	0,3	4,75	5	5	4,873397172	4,87339717	Benéfico
	Afectación por emisión de gases	1	0,4	2,5	0,3	2,5	0,3	1,9	-5	5	3,082207001	-3,082207	Despreciable
	Incremento de ruido y vibraciones por maquinaria	2,5	0,4	5	0,3	5	0,3	4	-5	5	4,472135955	-4,47213595	Despreciable
	Alteración del suelo superficial al colocar la carpeta asfáltica	2,5	0,4	2,5	0,3	2,5	0,3	2,5	-7,5	7,5	4,330127019	-4,33012702	Despreciable
Intervención en áreas verdes	Generación de empleos directos	1	0,4	2,5	0,3	7,5	0,3	3,4	5	5	4,123105626	4,12310563	Benéfico
	Mejora en seguridad vial	2,5	0,4	2,5	0,3	2,5	0,3	2,5	5	5	3,535533906	3,53553391	Benéfico
	Mejora en la calidad del aire local	5	0,4	7,5	0,3	2,5	0,3	5	7,5	7,5	6,123724357	6,12372436	Benéfico
	Recuperación de propiedades del suelo	2,5	0,4	5	0,3	5	0,3	4	5	5	4,472135955	4,47213595	Benéfico
Colocación de plantas en superficies de infiltración	Recuperación de áreas verdes en la zona	2,5	0,4	5	0,3	1	0,3	2,8	7,5	7,5	4,582575695	4,58257569	Benéfico
	Generación de empleos directos	1	0,4	2,5	0,3	7,5	0,3	3,4	7,5	7,5	5,049752469	5,04975247	Benéfico
	Generación de fuentes receptoras de CO2	5	0,4	7,5	0,3	1	0,3	4,55	7,5	7,5	5,841660723	5,84166072	Benéfico
	Prevención de inundaciones e infiltración hacia acuíferos	5	0,4	5	0,3	1	0,3	3,8	5	5	4,358898944	4,35889894	Benéfico
Conducción de aguas lluvias por el sistema de drenaje.	Mejoramiento de la cobertura vegetal en la zona	1	0,4	5	0,3	1	0,3	2,2	7,5	7,5	4,062019202	4,0620192	Benéfico
	Reducción de descargas superficiales no controladas	5	0,4	7,5	0,3	1	0,3	4,55	7,5	7,5	5,841660723	5,84166072	Benéfico
Recolección de desperdicios restantes.	Disminución de inundaciones y vectores	2,5	0,4	5	0,3	1	0,3	2,8	5	5	3,741657387	3,74165739	Benéfico
	Mejoramiento de espacios donde transita la fauna local	1	0,4	5	0,3	2,5	0,3	2,65	5	5	3,640054945	3,64005494	Benéfico
Desalojo y disposición de desperdicios.	Generación de empleos directos	1	0,4	2,5	0,3	7,5	0,3	3,4	5	5	4,123105626	4,12310563	Benéfico
	Restauración de espacios para la población que habita en la zona	2,5	0,4	2,5	0,3	2,5	0,3	2,5	5	5	3,535533906	3,53553391	Benéfico
	Generación de empleos indirectos	1	0,4	2,5	0,3	7,5	0,3	3,4	5	5	4,123105626	4,12310563	Benéfico

Una vez identificados los impactos potenciales anteriormente, se elaboró una matriz con estos y se utilizó la formulación cualitativa de Tito (2020) para obtener la respectiva valoración de cada uno de estos impactos. En esta matriz se pueden observar las calificaciones, las cuales en su mayoría son despreciables o benéficas, otorgando una ruta adecuada para designar medidas de mitigación a los impactos significativos.

#### **4.6 Propuestas de medidas de prevención/mitigación**

De la respectiva valoración que se hizo, se obtuvieron 11 impactos negativos de consideración significativa, los cuales a continuación se describirán con sus respectivas medidas preventivas, correctivas y de compensación.

##### ***4.6.1 Medidas de mitigación ante la generación de polvo en el aire por demolición de carpeta asfáltica y veredas***

###### **Prevención:**

Antes y durante las actividades de demolición de la carpeta asfáltica y veredas se humedecerán las superficies a intervenir, con el fin de evitar la dispersión de partículas finas. Asimismo, se delimitará el área de trabajo y se planificará la demolición por tramos cortos para reducir la exposición prolongada al polvo.

###### **Corrección:**

En un caso de grandes cantidades de polvo, se intensificará el riego con agua y se procederá a la limpieza inmediata del polvo acumulado en la calzada y veredas aledañas.

###### **Compensación:**

Una vez concluidas las actividades de demolición, se realizará la limpieza general del área intervenida y su entorno inmediato, garantizando la restitución de condiciones ambientales adecuadas para la población.

#### ***4.6.2 Medidas de mitigación ante el aumento de ruido y vibraciones por uso de maquinaria***

##### **Prevención:**

Se alquilará maquinaria en buen estado mecánico y con sistemas de silenciadores. Estas actividades se limitarán a horarios diurnos, evitando su ejecución en horas nocturnas o de descanso.

##### **Corrección:**

Si se identifican niveles de ruido excesivos, se reducirá la operación de ciertos equipos y se ajustarán los procedimientos constructivos para minimizar vibraciones.

##### **Compensación:**

Se informará previamente a las personas que habitan en la zona sobre los periodos de mayor ruido y se atenderán reclamos de forma oportuna.

#### ***4.6.3 Medidas de mitigación ante la afectación temporal a la salud de la población por polvo y ruido***

##### **Prevención:**

Se implementarán barreras físicas temporales, como cerramientos o lonas, para reducir la dispersión de polvo y ruido hacia zonas habitadas.

##### **Corrección:**

Ante molestias recurrentes, se reforzarán las medidas de control de polvo y ruido, ajustando la intensidad y duración de las actividades con mayor impacto.

##### **Compensación:**

Se priorizará la limpieza periódica de las estructuras, contribuyendo a mejorar las condiciones ambientales durante la obra.

#### **4.6.4 Medidas de mitigación ante el incremento de ruido al realizar la excavación de zanjales para tuberías de aguas lluvias**

##### **Prevención:**

Las excavaciones se ejecutarán de manera planificada, evitando trabajos prolongados en un mismo frente. Se utilizarán equipos adecuados al tipo de suelo para reducir el tiempo de operación.

##### **Corrección:**

En caso de superarse niveles aceptables de ruido, se modificará el método constructivo o se reducirá la velocidad de operación de los equipos.

##### **Compensación:**

Se mantendrá comunicación permanente con las personas que habitan en esta base para informar avances y tiempos estimados de finalización de estas actividades.

#### **4.6.5 Medidas de mitigación ante la emisión de CO<sub>2</sub> por vehículos de transporte de material excavado**

##### **Prevención:**

Se optimizarán rutas de transporte y se evitarán viajes innecesarios. Además, se utilizará material excavado para rellenar otras áreas y así evitar más traslados.

##### **Corrección:**

Se controlará el tiempo de trayecto de los vehículos y se restringirá su permanencia innecesaria dentro del área de proyecto.

##### **Compensación:**

Se considerará la siembra de especies nativas de la zona en áreas cercanas una vez finalizada la obra, contribuyendo a la captura de carbono.

#### ***4.6.6 Medidas de mitigación ante la generación de ruido y vibraciones por transporte de material***

##### **Prevención:**

Se establecerán límites de velocidad para los vehículos pesados dentro y fuera de la obra, y se programará el transporte en horarios de menor sensibilidad social.

##### **Corrección:**

Ante molestias, se ajustarán las frecuencias de los transportes y se redistribuirán los recorridos.

##### **Compensación:**

Se realizará el mantenimiento y limpieza de las vías utilizadas, reduciendo molestias adicionales a la comunidad.

#### ***4.6.7 Medidas de mitigación ante el incremento de vibraciones en las inmediaciones al compactar***

##### **Prevención:**

Se controlará el tipo y peso de la maquinaria utilizada cerca de las edificaciones, evitando el uso de equipos de alto impacto cuando no sea necesario.

##### **Corrección:**

Si se detectan vibraciones excesivas, se suspenderán temporalmente las actividades para evaluar y ajustar los métodos constructivos.

##### **Compensación:**

Se realizará una inspección visual de edificaciones cercanas para verificar que no existan afectaciones atribuibles a la obra.

#### ***4.6.8 Medidas de mitigación ante la alteración del suelo al compactar***

##### **Prevención:**

La compactación se ejecutará únicamente en las áreas definidas en el diseño, evitando la afectación innecesaria de suelos adyacentes.

##### **Corrección:**

En caso de compactación excesiva, se procederá a la corrección del terreno mediante escarificación o nivelación controlada.

##### **Compensación:**

Una vez finalizada la obra, se restituirá el suelo intervenido y se rehabilitarán las áreas afectadas.

#### ***4.6.9 Medidas de mitigación ante la generación de ruido al nivelar el terreno***

##### **Prevención:**

Estas actividades se realizarán en horarios establecidos y con equipos adecuados, reduciendo el tiempo de operación.

##### **Corrección:**

Se ajustará la intensidad del trabajo si se evidencian molestias en el entorno.

##### **Compensación:**

Se informarán a las personas del área sobre la duración de estas actividades para disminuir la percepción de impacto.

#### ***4.6.10 Medidas de mitigación ante la contaminación de polvo hacia el exterior de la obra***

##### **Prevención:**

Se mantendrán los accesos, bodegas y áreas de tránsito humedecidos, y se cubrirán los materiales sueltos.

##### **Corrección:**

Se limpiarán periódicamente las vías externas utilizadas por la obra.

##### **Compensación:**

Se garantizará la restitución de condiciones limpias al finalizar las actividades.

#### ***4.6.11 Medidas de mitigación ante la generación de ruido y vibraciones por vehículos pesados***

##### **Prevención:**

Se limitará el uso de bocinas, se controlará la velocidad y se mantendrá el buen estado mecánico de los vehículos.

##### **Corrección:**

Se redistribuirán horarios y recorridos si se identifican afectaciones recurrentes.

##### **Compensación:**

Se atenderán quejas y se implementarán ajustes operativos cuando sea necesario.

#### ***4.6.12 Plan de manejo ambiental***

El Plan de Manejo Ambiental del proyecto será un instrumento técnico orientado a la prevención, control y compensación de los impactos ambientales negativos que se generan durante las actividades de demolición, excavación, transporte de materiales y conformación del terreno. Su finalidad principal será asegurar que la ejecución de la obra se realice de manera ambientalmente responsable, minimizando las afectaciones al entorno físico, social y urbano, y garantizando el cumplimiento de la normativa ambiental vigente y las buenas prácticas constructivas.

El Plan de Manejo Ambiental se fundamentará en la identificación previa de los principales factores ambientales susceptibles de alteración, tales como la calidad del aire, los niveles de ruido y vibraciones, el suelo y la salud de la población aledaña. A partir de ello, se establecen medidas preventivas que buscan evitar o reducir la generación de impactos desde su origen, tales como la planificación adecuada de las actividades, la selección de maquinaria en buen estado, la programación de trabajos en horarios diurnos y la implementación de sistemas de control de polvo y ruido. Estas acciones permiten disminuir significativamente la magnitud de los impactos antes de que se manifiesten.

Durante la fase de ejecución, dicho plan contemplará la aplicación de medidas correctivas que serán activadas en caso de presentarse impactos no previstos o niveles de afectación superiores a los aceptables. Para ello, se establecerá un sistema de supervisión ambiental continua, que permitirá evaluar el cumplimiento de las medidas propuestas y realizar ajustes oportunos en los métodos constructivos, frecuencias de operación o logística del transporte de materiales. Asimismo, se promoverá una comunicación constante con la comunidad, atendiendo reclamos y sugerencias de manera oportuna, lo cual contribuye a reducir conflictos sociales y mejorar la percepción del proyecto.

Como parte complementaria, el PMA incorporará medidas de compensación orientadas a la recuperación del entorno una vez finalizadas las actividades constructivas. Estas acciones incluyen la limpieza integral de las áreas intervenidas, la rehabilitación del suelo afectado, la restitución de la infraestructura urbana y, cuando sea posible, la implementación de acciones de mejora ambiental, como la revegetación o el ordenamiento de áreas impactadas temporalmente. De esta forma, se busca que las condiciones ambientales posteriores a la obra sean iguales o mejores a las existentes antes de su ejecución.

#### **4.7 Resultados de medidas**

##### **4.7.1 *Análisis de resultados***

Realizando un análisis de los resultados obtenidos en la identificación de los impactos ambientales usando la matriz de Leopold, se puede observar en los totales de impacto de parte de los factores, que el factor de ruido de vibraciones se presenta de forma negativa significativamente alta debido a las distintas acciones que conllevan magnitudes altas de impacto, mientras que el factor de generación de empleo presenta un valor alto pero positivo debido a que la mayoría de acciones otorgan puestos de trabajo directos e indirectos.

Por otro lado, en la matriz de valorización de impactos, una vez obtenidos los más potenciales, se procedió a realizar la formulación para llegar a una adecuada calificación, lo cual arrojó que existen 11 impactos negativos significativos, mientras que los demás en su mayoría son impactos despreciables o benéficos.

#### **4.7.2 Conclusiones**

- La ejecución del proyecto generará impactos ambientales negativos de carácter temporal y reversible, principalmente asociados a la generación de polvo, ruido, vibraciones y alteración del suelo, los cuales pueden ser controlados mediante la aplicación adecuada de medidas de manejo ambiental.
- La implementación del Plan de Manejo Ambiental permitirá prevenir, corregir y compensar los impactos identificados, reduciendo significativamente las afectaciones a la calidad ambiental y a la salud de la población del área de estudio.
- El cumplimiento oportuno de las medidas propuestas garantizará que el proyecto se desarrolle de manera ambientalmente responsable, en concordancia con la normativa vigente y las buenas prácticas constructivas.

#### **4.7.3 Recomendaciones**

- Se recomienda asegurar una supervisión ambiental permanente durante la ejecución de la obra, a fin de verificar el cumplimiento efectivo del Plan de Manejo Ambiental y aplicar acciones correctivas cuando sea necesario.
- Se recomienda mantener una comunicación constante con la comunidad de la zona del proyecto, informando sobre las actividades del proyecto y atendiendo oportunamente cualquier inquietud o reclamo que pudiera presentarse.

# Capítulo 5

## **5. PRESUPUESTO**

### **5.1 Estructura Desglosada de Trabajo**

Se obtuvo la siguiente estructura que desglosa los distintos niveles de este proyecto:

#### **5.1.1 Nivel 1: proyecto**

Diseño y ejecución del sistema de drenaje pluvial con superficies de infiltración y dique de protección costero.

#### **5.1.2 Nivel 2: componentes principales del proyecto**

1. Obras preliminares
2. Movimiento de tierras
3. Sistema de drenaje pluvial
4. Superficies de infiltración
5. Obras complementarias y urbanas
6. Dique de protección costero (rubro adicional)
7. Cierre de obra

#### **5.1.3 Nivel 3 y 4: subcomponentes y rubros**

1. Obras preliminares
  - Replanteo y trazado topográfico
  - Limpieza y desbroce del área
  - Instalación de señalización y seguridad provisional
2. Movimiento de tierras
  - Excavación en suelo natural (manual y/o mecánica)
  - Excavación para zanjas profundas con uso de tablestacas

- Excavación para superficies de infiltración
- Carga, transporte y disposición de material sobrante
- Relleno con material seleccionado
- Compactación por capas
- Nivelación y conformación final del terreno

### 3. Sistema de drenaje pluvial

- Suministro e instalación de tubería PEAD
- Colocación de geotextil para drenaje
- Cama de apoyo en arena
- Construcción de sumideros pluviales
- Construcción de cunetas
- Construcción de pozos de revisión
- Conexión de sumideros a colector principal
- Pruebas de funcionamiento hidráulico

### 4. Superficies de infiltración

- Excavación para superficie de infiltración
- Colocación de geotextil filtrante
- Colocación de capa de grava drenante
- Colocación de capa de arena gruesa
- Colocación de tubería perforada
- Relleno con suelo vegetal
- Colocación de cobertura vegetal y acabado superficial

## 5. Obras complementarias

- Bordillos y cunetas
- Cámaras de inspección menores
- Protección de taludes
- Reposición de aceras y áreas verdes
- Limpieza general del área intervenida

## 6. Dique de protección costero (rubro adicional)

- Replanteo y control topográfico del dique
- Excavación de fundación del dique
- Preparación y compactación de la base
- Construcción del núcleo del dique (arcilla / material seleccionado)
- Colocación de geomembrana y geotextil en ciertas áreas
- Protección del talud aguas arriba (gaviones)
- Protección del talud aguas abajo
- Conformación y compactación final del dique
- Obras de drenaje interno del dique

## 7. Cierre de obra

- Retiro de instalaciones provisionales
- Limpieza final
- Entrega del área rehabilitada

## **5.2 Especificaciones Técnicas**

### **5.2.1 Obras preliminares**

**Unidad:** Global (GLB)

**Especificación técnica:**

Este rubro comprende todas las actividades necesarias para la habilitación inicial del área del proyecto antes del inicio de las obras civiles. Incluye la instalación de campamento de obra, accesos provisionales, cerramiento del área de trabajo, señalización preventiva, limpieza superficial del terreno, retiro de vegetación menor y obstáculos, así como la provisión de servicios temporales necesarios para la correcta ejecución del proyecto.

**Procedimiento de trabajo:**

Los trabajos se ejecutarán previo al inicio de las obras principales, delimitando el área de intervención conforme a los planos y disposiciones de seguridad. Se realizará la limpieza manual y mecánica del área, instalación de señalización y adecuación de accesos, garantizando condiciones seguras para el personal y equipos.

**Medición:**

Este rubro se medirá como un todo ejecutado, una vez que el área de obra se encuentre completamente habilitada y aprobada por la fiscalización.

**Forma de pago:**

El pago se realizará por unidad global ejecutada, incluyendo mano de obra, materiales, equipos, herramientas y cualquier otro costo necesario para la correcta ejecución del rubro.

### **5.2.2 Replanteo, nivelación y control topográfico de la obra**

**Unidad:** Global (GLB)

**Especificación técnica:**

Comprende el replanteo en campo de ejes, alineamientos, cotas y niveles establecidos en los planos del proyecto, así como el control topográfico permanente durante la ejecución de zanjas, pozos, estructuras del sistema pluvial y dique de protección costera.

**Procedimiento de trabajo:**

Se emplearán equipos topográficos adecuados (estación total, nivel y GPS). El contratista realizará el replanteo inicial y controles periódicos durante la ejecución de la obra, ajustando los trabajos conforme a las cotas de diseño.

**Medición:**

Se medirá como un servicio global ejecutado durante toda la obra.

**Forma de pago:**

El pago será global, e incluirá personal especializado, equipos, materiales y cualquier actividad necesaria para el control topográfico.

### **5.2.3 Demolición de pavimentos y veredas**

**Unidad:** Metro cuadrado (m<sup>2</sup>)

**Especificación técnica:**

Consiste en la demolición controlada de pavimentos rígidos, flexibles y veredas existentes en las áreas afectadas por la ejecución del sistema de drenaje pluvial y estructuras complementarias.

**Procedimiento de trabajo:**

Se realizará el corte perimetral del área a demoler, seguido de la demolición mecánica o manual según corresponda. El material resultante será cargado y transportado a botaderos autorizados.

**Medición:**

Se medirá el área efectivamente demolida, en metros cuadrados, verificada en sitio.

**Forma de pago:**

El pago se realizará por metro cuadrado demolido, incluyendo demolición, carga, transporte y disposición final del material.

**5.2.4 Excavación mecánica de zanjas**

**Unidad:** Metro cúbico (m<sup>3</sup>)

**Especificación técnica:**

Comprende la excavación mecánica de zanjas para la instalación de tuberías pluviales, sumideros y drenajes, hasta las profundidades y secciones indicadas en los planos.

**Procedimiento de trabajo:**

La excavación se realizará con maquinaria adecuada, respetando alineamientos y pendientes de diseño. El fondo de la zanja será perfilado y limpiado antes de la colocación de la tubería.

**Medición:**

Se medirá el volumen excavado en metros cúbicos, calculado según las dimensiones teóricas del diseño aprobado.

**Forma de pago:**

El pago se efectuará por metro cúbico excavado, incluyendo mano de obra, equipos y herramientas.

**5.2.5 Excavación mecánica de zanjas con uso de tablestacas**

**Unidad:** Metro cúbico (m<sup>3</sup>)

**Especificación técnica:**

Este rubro corresponde a la excavación de zanjas con sistemas de contención mediante tablestacas en zonas de suelos inestables o con presencia de nivel freático elevado.

**Procedimiento de trabajo:**

Se procederá a la hinca de tablestacas antes o durante la excavación, asegurando la estabilidad de las paredes de la zanja. Una vez instaladas las tuberías, las tablestacas serán retiradas progresivamente.

**Medición:**

Se medirá el volumen excavado bajo este sistema, en metros cúbicos.

**Forma de pago:**

El pago será por metro cúbico excavado, incluyendo la instalación, uso y retiro de tablestacas.

### **5.2.6 Carga, transporte y desalojo de material**

**Unidad:** Metro cúbico (m<sup>3</sup>)

**Especificación técnica:**

Comprende la carga, transporte y disposición final de materiales excedentes producto de excavaciones, demoliciones y limpiezas, llevándolos a botaderos autorizados.

**Procedimiento de trabajo:**

El material será cargado mecánicamente, transportado en volquetas y dispuesto en sitios autorizados, cumpliendo la normativa ambiental.

**Medición:**

Se medirá el volumen transportado, en metros cúbicos.

**Forma de pago:**

El pago será por metro cúbico desalojado, incluyendo carga, transporte y disposición final.

### **5.2.7 Suministro e instalación de tubería pluvial PEAD diámetro nominal 315–800 mm**

**Unidad:** Metro lineal (m)

**Especificación técnica:**

Comprende el suministro, transporte e instalación de tubería de polietileno de alta densidad (PEAD) para conducción de aguas pluviales, en los diámetros indicados en el proyecto.

**Procedimiento de trabajo:**

La tubería será colocada sobre cama de asiento previamente conformada, respetando alineamientos y pendientes. Las uniones se realizarán conforme a las recomendaciones del fabricante.

**Medición:**

Se medirá la longitud efectivamente instalada, en metros lineales.

**Forma de pago:**

El pago se realizará por metro lineal instalado, incluyendo suministro, instalación y pruebas básicas de alineación.

**5.2.8 Relleno y compactación mecánica de mejoramiento en zanjas**

**Unidad:** Metro cúbico (m<sup>3</sup>)

**Especificación técnica:**

Consiste en el relleno de zanjas con material seleccionado de mejoramiento, colocado y compactado por capas para garantizar la estabilidad del sistema pluvial.

**Procedimiento de trabajo:**

El material se colocará en capas de espesor controlado y se compactará mecánicamente hasta alcanzar el grado de compactación especificado.

**Medición:**

Se medirá el volumen de relleno compactado en metros cúbicos.

**Forma de pago:**

El pago será por metro cúbico compactado, incluyendo suministro del material, colocación y compactación.

### **5.2.9 Construcción de pozos de revisión con tapa de hierro ( $d = 1,0-1,2\text{ m}$ )**

**Unidad:** Unidad (U)

**Especificación técnica:**

Comprende la construcción de pozos de revisión de concreto armado o simple, con tapa de hierro fundido, destinados a inspección y mantenimiento del sistema pluvial.

**Procedimiento de trabajo:**

Incluye excavación, construcción de base, muros, acabado interior, instalación de escalones de varilla de acero y colocación de tapa.

**Medición:**

Se medirá por unidad completamente construida y aprobada.

**Forma de pago:**

El pago será por unidad ejecutada, incluyendo todos los materiales, mano de obra y equipos.

### **5.2.10 Construcción de superficies de infiltración con tubería perforada**

**Unidad:** Metro cuadrado ( $\text{m}^2$ )

**Especificación técnica:**

Incluye la ejecución de superficies de infiltración conformadas por capas filtrantes, geotextil y tubería perforada en la base, destinadas a la gestión sostenible de aguas pluviales.

**Procedimiento de trabajo:**

Se excavará el área, se colocará la tubería perforada, capas filtrantes y cobertura superficial conforme al diseño.

**Medición:**

Se medirá el área construida en metros cuadrados.

**Forma de pago:**

El pago se realizará por metro cuadrado ejecutado, incluyendo todos los materiales y trabajos necesarios.

**5.2.11 Construcción de gaviones para dique de protección costera**

**Unidad:** Metro cúbico (m<sup>3</sup>)

**Especificación técnica:**

Este rubro comprende el suministro, armado, colocación y relleno de gaviones metálicos destinados a la conformación del dique de protección costera, cuyo objetivo es mitigar procesos de erosión, socavación y desbordamiento asociados a la dinámica hidráulica del río Guayas. Los gaviones estarán conformados por mallas metálicas de alambre de acero galvanizado de doble torsión, con recubrimiento anticorrosivo, fabricadas conforme a normas técnicas aplicables como ASTM, garantizando resistencia mecánica, durabilidad y comportamiento adecuado frente a ambientes húmedos y agresivos.

El relleno de los gaviones se realizará con piedra de origen natural y resistente a la intemperie, libre de material orgánico, arcillas o partículas deleznable. El tamaño del material pétreo deberá ser mayor al diámetro de la abertura de la malla, asegurando un adecuado confinamiento y estabilidad del relleno.

**Procedimiento de trabajo:**

Se realizará la limpieza del área de emplazamiento del dique, retirando material suelto, vegetación y cualquier elemento que comprometa la estabilidad de la base. Luego, se nivelará y compactará la superficie de apoyo conforme a las cotas de diseño. Finalmente, se armarán los gaviones con mallas de acero, se colocarán y rellenarán con roca seleccionada.

**Medición:**

Se medirá el volumen de gaviones colocados, en metros cúbicos.

**Forma de pago:**

El pago será por metro cúbico construido, incluyendo suministro, armado y colocación.

**5.2.12 Construcción de núcleo impermeable de arcilla compactada en dique de protección costera**

**Unidad:** Metro cúbico (m<sup>3</sup>)

**Especificación técnica:**

Este rubro comprende la conformación del núcleo impermeable del dique mediante la colocación de material arcilloso seleccionado, destinado a reducir la filtración interna y mejorar el comportamiento hidráulico de la estructura de protección costera.

**Procedimiento de trabajo:**

La arcilla será colocada en capas de espesor controlado, previamente humedecida si es necesario, y compactada mecánicamente hasta alcanzar la densidad especificada. La conformación del núcleo se realizará conforme a la geometría indicada en los planos.

**Medición:**

Se medirá el volumen de material arcilloso compactado, en metros cúbicos, según dimensiones teóricas aprobadas.

**Forma de pago:**

El pago se realizará por metro cúbico compactado, incluyendo suministro del material, colocación, compactación y control de calidad.

### ***5.2.13 Relleno y conformación de talud aguas abajo con material proveniente de excavación para dique de protección costera***

**Unidad:** Metro cúbico (m<sup>3</sup>)

**Especificación técnica:**

Incluye el relleno y conformación del talud aguas abajo del dique, utilizando material aprovechable proveniente de excavaciones, garantizando la estabilidad geométrica del talud y su integración con el terreno natural.

**Procedimiento de trabajo:**

El material será extendido y compactado por capas, conformando la pendiente establecida en el diseño. Se realizarán ajustes y perfilado final del talud.

**Medición:**

Se medirá el volumen de relleno conformado y compactado, en metros cúbicos.

**Forma de pago:**

El pago será por metro cúbico ejecutado, incluyendo colocación, compactación y perfilado.

### ***5.2.14 Construcción de drenaje interno en dique (tubo dren)***

**Unidad:** Metro lineal (m)

**Especificación técnica:**

Comprende la instalación de un sistema de drenaje interno dentro del cuerpo del dique, mediante tubería drenante rodeada de material filtrante y geotextil, destinada a controlar presiones internas y filtraciones.

**Procedimiento de trabajo:**

Se colocará la tubería drenante conforme al trazado del proyecto, envolviéndola con material filtrante y geotextil. Posteriormente se realizará el relleno y compactación del material circundante.

**Medición:**

Se medirá la longitud de dren instalado, en metros lineales.

**Forma de pago:**

El pago se realizará por metro lineal ejecutado, incluyendo tubería, material filtrante y colocación.

**5.2.15 Reposición de pavimentos y veredas**

**Unidad:** Metro cuadrado (m<sup>2</sup>)

**Especificación técnica:**

Este rubro corresponde a la reposición de pavimentos y veredas intervenidas durante la ejecución del sistema de drenaje pluvial, restituyéndolos a su condición original o conforme a las especificaciones del proyecto.

**Procedimiento de trabajo:**

Incluye la preparación de la base, colocación del material correspondiente (hormigón, adoquín o asfalto) y acabado final.

**Medición:**

Se medirá el área efectivamente repuesta, en metros cuadrados.

**Forma de pago:**

El pago será por metro cuadrado ejecutado, incluyendo materiales, mano de obra y equipos.

### **5.2.16 Construcción de sumideros y cunetas**

**Unidad:** Metro lineal (m)

**Especificación técnica:**

Este rubro comprende la construcción, rehabilitación y/o adecuación de cunetas y sumideros para la captación y conducción de aguas pluviales en tramos puntuales donde no existan estas estructuras, donde se encuentren deterioradas o donde las existentes no cumplan con las condiciones hidráulicas y geométricas establecidas en el diseño del sistema de drenaje pluvial. La ejecución de los sumideros se realizará de manera integrada a las cunetas y tramos intervenidos, considerando que estos elementos constituyen un sistema funcional continuo. La ubicación, cantidad y configuración de los sumideros no responderá a una separación fija, sino que será definida en función del caudal de diseño, pendientes longitudinales, ancho de la calzada, área de aporte y condiciones hidráulicas particulares de cada tramo.

En sectores de mayor aporte de caudal o puntos críticos de acumulación de escorrentía superficial, podrán disponerse sumideros múltiples o agrupados, conforme a lo indicado en los planos y cálculos hidráulicos del proyecto.

**Procedimiento de trabajo:**

Se ejecutará la excavación necesaria para la conformación de cunetas y cámaras de sumideros, asegurando las pendientes y dimensiones establecidas. El fondo será nivelado y compactado adecuadamente.

**Medición:**

Los sumideros y las cunetas se medirán por metro lineal ejecutado.

**Forma de pago:**

El pago se realizará según la unidad correspondiente, incluyendo todos los trabajos necesarios para su correcta ejecución.

**5.2.17 Ensayos y control de calidad**

**Unidad:** Global (GLB)

**Especificación técnica:**

Incluye la realización de ensayos de campo y laboratorio necesarios para verificar la calidad de materiales, compactación, resistencia y cumplimiento de las especificaciones técnicas del proyecto.

**Procedimiento de trabajo:**

Se ejecutarán ensayos de compactación, granulometría, control de materiales y verificaciones durante la ejecución de la obra, conforme a la normativa vigente.

**Medición:**

Se medirá como un servicio global ejecutado durante toda la obra.

**Forma de pago:**

El pago será global, incluyendo ensayos, personal técnico, equipos y materiales necesarios.

### ***5.2.18 Protección ambiental y manejo de residuos***

**Unidad:** Global (GLB)

**Especificación técnica:**

Comprende la implementación de medidas ambientales para minimizar impactos durante la construcción, incluyendo manejo de residuos, control de polvo, ruidos y protección de cuerpos de agua cercanos, especialmente el río Guayas.

**Procedimiento de trabajo:**

Se aplicarán prácticas de manejo ambiental durante toda la obra, conforme al plan ambiental aprobado.

**Medición:**

Se medirá como un rubro global ejecutado.

**Forma de pago:**

El pago será global, incluyendo materiales, señalización y gestión ambiental.

### ***5.2.19 Control y manejo de aguas durante la construcción***

**Unidad:** Global (GLB)

**Especificación técnica:**

Incluye las actividades necesarias para el control de aguas superficiales y subterráneas durante la ejecución de la obra, evitando inundaciones y afectaciones al área de trabajo.

**Procedimiento de trabajo:**

Se realizarán desvíos provisionales, bombeo y canalización temporal según las condiciones del sitio.

**Medición:**

Se medirá como un rubro global ejecutado.

**Forma de pago:**

El pago será global, incluyendo equipos, personal y materiales.

**5.2.20 Señalización vial y control de tránsito**

**Unidad:** Global (GLB)

**Especificación técnica:**

Comprende la instalación de señalización preventiva y dispositivos de control de tránsito durante la ejecución de la obra, garantizando la seguridad vial.

**Procedimiento de trabajo:**

Se colocará señalización temporal conforme a normativa vigente y se mantendrá durante el tiempo de intervención.

**Medición:**

Se medirá como un servicio global.

**Forma de pago:**

El pago será global, incluyendo suministro, instalación y mantenimiento de señalización.

**5.2.21 Implantación de cobertura vegetal en superficies de infiltración**

**Unidad:** Metro cuadrado (m<sup>2</sup>)

**Especificación técnica:**

Incluye la implantación de cobertura vegetal sobre las superficies de infiltración, utilizando especies adaptadas a condiciones de humedad variable, con el fin de reducir erosión y mejorar la infiltración.

**Procedimiento de trabajo:**

Se colocará tierra vegetal, se sembrarán las especies seleccionadas y se realizará riego inicial para su establecimiento.

**Medición:**

Se medirá el área cubierta, en metros cuadrados.

**Forma de pago:**

El pago será por metro cuadrado ejecutado, incluyendo plantas, materiales y mano de obra.

**5.2.22 Limpieza final y cierre de obra**

**Unidad:** Global (GLB)

**Especificación técnica:**

Comprende la limpieza general del área intervenida, retiro de residuos, desmontaje de instalaciones temporales y entrega final del área conforme a lo proyectado.

**Procedimiento de trabajo:**

Se retirarán materiales sobrantes, se limpiará el área y se dejará la obra en condiciones adecuadas para su uso.

**Medición:**

Se medirá como un rubro global ejecutado.

**Forma de pago:**

El pago será global, incluyendo todos los trabajos necesarios para el cierre de obra.

### **5.2.23 Pruebas hidráulicas y puesta en servicio del sistema pluvial**

**Unidad:** Global (GLB)

**Especificación técnica:**

Incluye la realización de pruebas hidráulicas del sistema de drenaje pluvial para verificar su correcto funcionamiento, capacidad hidráulica y continuidad del sistema.

**Procedimiento de trabajo:**

Se realizarán pruebas de escurrimiento, inspección visual y verificación de funcionamiento de sumideros, tuberías y pozos.

**Medición:**

Se medirá como un servicio global.

**Forma de pago:**

El pago será global, incluyendo equipos, personal y ajustes necesarios.

## **5.3 Rubros y análisis de precios unitarios**

Los rubros que conforman el presente proyecto corresponden a las actividades necesarias para la construcción de un sistema de drenaje pluvial con superficies de infiltración, complementado con un dique de protección costero para la mitigación de inundaciones. Cada rubro ha sido definido de acuerdo con su función constructiva y su relación directa con los componentes del proyecto, considerando obras preliminares, movimiento de tierras, sistemas de drenaje, superficies de infiltración, obras complementarias y estructuras de protección hidráulica.

Los análisis de precios unitarios (APU) de cada rubro se elaboraron considerando los costos de mano de obra, materiales, equipos, rendimientos y transporte, de acuerdo con

prácticas constructivas usuales. Los valores económicos utilizados corresponden a precios actualizados del año 2024, obtenidos a partir de referencias de la Cámara de la Construcción, así como cotizaciones locales, garantizando que los costos reflejen condiciones reales de mercado.

### **5.3.1 Descripción de los rubros**

#### **Obras preliminares:**

Comprende todas las actividades iniciales necesarias para habilitar el área de trabajo antes del inicio de las obras principales. Incluye la instalación de campamento, accesos provisionales, cercado del área, señalización preventiva, limpieza superficial del terreno y retiro de obstáculos que interfieran con la ejecución del proyecto, garantizando condiciones adecuadas de seguridad y operatividad.

#### **Replanteo, nivelación y control topográfico de la obra:**

Consiste en la materialización en campo del trazado, alineamientos, cotas y niveles definidos en los planos del proyecto, mediante equipos topográficos adecuados. Incluye el control permanente de cotas durante la ejecución de zanjas, pozos, estructuras y dique, asegurando que los trabajos se desarrollen conforme a lo proyectado y dentro de las tolerancias técnicas establecidas.

#### **Demolición de pavimentos y veredas:**

Comprende la demolición controlada de pavimentos rígidos y flexibles, así como veredas existentes, en las áreas donde se ejecutarán zanjas, sumideros, pozos y demás estructuras del sistema pluvial. Incluye el corte previo, fragmentación, retiro del material demolido y limpieza del área, evitando afectar estructuras y servicios colindantes.

**Excavación mecánica de zanjas:**

Incluye la excavación mecánica de zanjas hasta las profundidades y secciones indicadas en los planos para la instalación de tuberías pluviales y drenajes. Considera cualquier tipo de suelo encontrado, el perfilado de taludes, limpieza del fondo de zanja y conformación adecuada para recibir la estructura proyectada.

**Excavación mecánica de zanjas con uso de tablestacas:**

Corresponde a la excavación de zanjas en zonas con presencia de suelos inestables, nivel freático alto o cercanía a estructuras existentes, utilizando tablestacas como sistema de contención temporal. Incluye la hincada, ajuste, retiro y control de estabilidad durante toda la ejecución, garantizando la seguridad de la obra y del personal.

**Carga, transporte y desalojo de material:**

Comprende la carga mecánica, transporte y disposición final del material producto de excavaciones, demoliciones o excedentes no reutilizables. El material será llevado a botaderos autorizados, cumpliendo con la normativa ambiental vigente y evitando impactos negativos en el entorno.

**Suministro e instalación de tubería pluvial PEAD diámetro nominal [315 mm – 800 mm]:**

Incluye el suministro, transporte e instalación de tubería de polietileno de alta densidad (PEAD) para conducción de aguas pluviales, en diámetros nominales entre 315 mm y 800 mm. Considera la correcta alineación, pendiente, unión de tramos, apoyo sobre cama de asiento y verificación de continuidad hidráulica conforme a los planos del proyecto.

**Relleno y compactación mecánica de mejoramiento en zanjas:**

Consiste en el relleno de zanjas con material seleccionado de mejoramiento, colocado por capas y compactado mecánicamente hasta alcanzar el grado de compactación especificado. Garantiza la estabilidad de la tubería, evita asentamientos diferenciales y permite la adecuada reposición de superficies intervenidas.

**Construcción de pozos de revisión con tapa de hierro [d = 1,0 – 1,2 m]:**

Comprende la construcción de pozos de revisión de concreto, con diámetros entre 1,0 y 1,2 m, destinados a inspección, mantenimiento y control del sistema pluvial. Incluye excavación, base, muros, acabado interior, instalación de varillas de acero para escaleras y colocación de tapa de hierro fundido conforme a especificaciones técnicas.

**Construcción de superficies de infiltración con tubería perforada en su base:**

Incluye la ejecución de superficies de infiltración destinadas a la gestión sostenible de aguas pluviales, conformadas por capas filtrantes de grava y arena, geotextil y cobertura superficial. En la base se instala tubería perforada para favorecer la distribución y evacuación controlada del agua infiltrada, optimizando la recarga del suelo y reduciendo escorrentías.

**Construcción de gaviones para dique de protección costera:**

Comprende el suministro y armado de gaviones metálicos rellenos con roca seleccionada, utilizados para la conformación del dique de protección costera. Incluye preparación de la base, colocación, alineación, amarre y relleno, garantizando estabilidad estructural frente a acciones hidráulicas y socavación asociadas al río Guayas.

**Construcción de núcleo impermeable de arcilla compactada en dique de protección costera:**

Consiste en la conformación de un núcleo central impermeable mediante colocación de arcilla seleccionada, extendida y compactada en capas sucesivas. Este núcleo reduce la filtración a través del dique, mejora su comportamiento hidráulico y contribuye a la estabilidad global de la estructura.

**Relleno y conformación de talud aguas abajo con material proveniente de excavación para dique de protección costera:**

Incluye el relleno y conformación del talud aguas abajo del dique, utilizando material aprovechable proveniente de excavaciones. El material se coloca y compacta por capas, dando la geometría y pendientes indicadas en el diseño, asegurando estabilidad y adecuada integración con el entorno.

**Construcción de drenaje interno en dique (tubo dren)**

Comprende la instalación de un sistema de drenaje interno mediante tubería drenante, rodeada de material filtrante y geotextil, dentro del cuerpo del dique. Su función es controlar presiones internas y filtraciones, mejorando el desempeño hidráulico y la estabilidad del dique.

**Reposición de pavimentos y veredas**

Incluye la reposición de pavimentos y veredas demolidas durante la ejecución de las obras, restituyéndolas a su condición original o mejorada. Considera la preparación de la base, colocación del material correspondiente y acabados finales conforme a las normas técnicas vigentes.

**Construcción de sumideros y cunetas:**

Comprende la construcción de sumideros y cunetas destinadas a la captación y conducción superficial de aguas pluviales. Incluye excavación, conformación, elementos estructurales y acabados, asegurando una eficiente recolección del escurrimiento superficial.

**Ensayos y control de calidad:**

Incluye la ejecución de ensayos de laboratorio y campo para verificar la calidad de materiales, compactación, resistencia y cumplimiento de especificaciones técnicas. Considera controles permanentes durante la ejecución de la obra para garantizar la durabilidad y correcto funcionamiento del sistema.

**Protección ambiental y manejo de residuos:**

Comprende las medidas necesarias para minimizar impactos ambientales durante la construcción, incluyendo manejo adecuado de residuos, control de polvo y ruidos, protección de cuerpos de agua y cumplimiento de la normativa ambiental aplicable, especialmente por la cercanía al río Guayas.

**Control y manejo de aguas durante la construcción:**

Incluye las actividades necesarias para el control de aguas superficiales y subterráneas durante la ejecución de la obra, mediante bombeo, canalizaciones provisionales y desvíos temporales, evitando inundaciones en el área de trabajo y afectaciones a estructuras cercanas.

**Señalización vial y control de tránsito:**

Comprende la instalación y mantenimiento de señalización preventiva y dispositivos de control de tránsito durante la ejecución de los trabajos, garantizando la seguridad de peatones, conductores y personal de obra, conforme a la normativa vial vigente.

### Implantación de cobertura vegetal en superficies de infiltración:

Incluye la colocación de cobertura vegetal en las superficies de infiltración, mediante especies adaptadas a condiciones de humedad variable. Esta cobertura mejora la infiltración, reduce la erosión superficial y contribuye a la integración paisajística del proyecto.

### Limpeza final y cierre de obra:

Comprende la limpieza general del área intervenida, retiro de instalaciones provisionales, excedentes de material y residuos, dejando el área en condiciones adecuadas para su uso y operación conforme al proyecto.

Los análisis de precios unitarios correspondientes a cada rubro se presentan de manera detallada en los anexos, donde se especifican los componentes de costo y los rendimientos adoptados. A continuación se presenta un ejemplo:

Figura 60

Ejemplificación de APU para el rubro de demolición de pavimentos y veredas

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
Obra: DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA BASE NAVAL NORTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL					
RUBRO: 3 DEMOLICIÓN DE PAVIMENTOS Y VEREDAS UNIDAD: M2					
DETALLE:					
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C = A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D = C*R
HERRAMIENTA MENOR 5% MO					0,0700
MARTILLO NEUMÁTICO	2,00	7,50	15,0000	0,0600	0,9000
COMPRESOR DE AIRE	1,00	6,50	6,5000	0,0600	0,3900
MINI CARGADORA	1,00	18,00	18,0000	0,0300	0,5400
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>1,9000</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/ HR B	COSTO HORA C = A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D = C*R
OPERADOR DE BOBCAT	2,00	5,00	10,0000	0,0600	0,6000
PEON	1,00	4,14	4,1400	0,0800	0,3300
MAESTRO DE OBRA	2,00	4,65	9,3000	0,0400	0,3720
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>1,3020</b>
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C = A*B	
ELEMENTOS DE SEGURIDAD (EPP)	GLB	5,0000	4,50	22,5000	
<b>SUBTOTAL O</b>					<b>22,5000</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C = A*B	
<b>SUBTOTAL P</b>					
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>					<b>25,7000</b>
INDIRECTOS Y UTILIDADES					3,8550
OTROS INDIRECTOS %					15,00%
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					<b>29,5550</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>\$ 29,56</b>

ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA.  
LUGAR Y FECHA: GUAYAQUIL, 12 DE ENERO DE 2025

## 5.4 Cantidades de obra

Figura 61

Rubros de obra con su respectiva cuantificación

Rubro	Cuantificación de rubro	Cantidad	Unidad
Replanteo, nivelación y control topográfico	Se considera un replanteo topográfico de cada punto donde estarán los pozos, descarg del sistema y tramos de superficies de infiltración.	900	m2
Demolición de pavimentos y veredas	Equivale a una estimación de por donde va a pasar la tubería de drenaje pluvial y las respectivas zanjas de infiltración.	1200	m2
Excavación mecánica de zanjas	Equivalente a zonas de excavación sin tablestacas para tuberías + volumen de zanjas de infiltración + volumen de tuberías desde sumideros hasta pozo.	6041.9	m3
Excavación mecánica de zanjas con uso de tablestacas	Volumen de zanjas para tuberías PEAD excavado a profundidades donde hay nivel freático y se necesita tablestacas.	3291.65	m3
Carga, transporte y desalojo de material	Equivalente a el volumen total de desalojo (incluye el desalojo de sumidero a pozo + zanjas de infiltración+excavación de relleno hidráulico de dique), esto quitándole volumen de arcilla de desalojo usada aguas abajo, estimación de arcilla de desalojo usada para la parte posterior de gaviones, volumen de desalojo para reusar en núcleo de arcilla (60% parte superior), volumen de desalojo usado en capa vegetal de zanjas de infiltración y una estimación de 4000 m3 de desalojo usado para relleno de áreas verdes y veredas con hundimiento.	6251,55	m3
Suministro e instalación de tubería PEAD	Longitud total de tuberías PEAS usadas para todo el sistema de drenaje.	2142	m
Relleno y compactación mecánica de mejoramiento en zanjas	Equivalente a la suma total de mejoramiento usado en las zanjas de tuberías PEAD.	1527,61	m3
Construcción de pozos de revisión	Cantidad total de pozos usados para el sistema de drenaje.	34	U
Cosntrucción de gaviones para dique	Considerando de manera eficiente y óptima se usa solo una bae de 3 m X 3 m de altura de forma escalonada triangular por la longitud estimada del dique de 400 m de longitud.	1800	m3
Cosntrucción de núcleo impermeable para dique	Se considera 1 metro de alto por 3 metros de ancho por la longitud estimada del dique de 400 m. Esta arcilla sería de mejor calidad que la usada mas arriba de desalojo.	1200	m3
Relleno y conformación de talud aguas abajo com material desalojado	Equivalente a el area de 7,5 m2 que conforma el talud agua abajo por lalongitud estimada del dique de 400 metros. Usando material de desaljo previamente selccionado y	3000	m3
Construcción de drenaje interno de dique	Longitud total estimada de tubería perforada PVC D=250 mm dentro de dique conduciendo hacia afuera talud aguas abajo.	80	m
Reposición de pavimentos y veredas	Se considera la longitud total de parte de pavimentos asfáltico que fueron demolidos y nuevas veredas con nuevas dimensiones debido a reubicacion por zanjas de infiltración.	500	m
Construcción de sumideros y cunetas	Se condiera una construcción puntual, rehabilitando ciertos tramos de cuentas para reusar los que cumplen según el diseño, y solo implantación de sumideros donde sea necesario según su diseño.	442	m
Obras preliminares, ensayos y control de calidad, protección ambiental y manejo de residuos, control y manejo de agua durante la construcción, señalización vial, limpieza final y pruebas hidráulicas	De estos rubros se estiman como globles debido a que cumplen una función ya sea durante la fase inicial, intermedia, mensual y final del proyecto de construcción del sistema de drenaje pluvial.	1	GLB

## 5.5 Costo del proyecto

Figura 62

Presupuesto de cada rubro y total considerando el dique

ITEM	RUBROS	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	OBRAS PRELIMINARES	GLB	1,00	\$ 754,79	\$ 754,7900
2	REPLANTEO, NIVELACIÓN Y CONTROL TOPOGRÁFICO DE LA OBRA	M2	900,00	\$ 0,12	\$ 108,0000
3	DEMOLICIÓN DE PAVIMENTOS Y VEREDAS	M2	1200,00	\$ 29,56	\$ 35.472,0000
4	EXCAVACIÓN MECÁNICA DE ZANJAS	M3	6041,00	\$ 13,24	\$ 79.982,8400
5	EXCAVACIÓN MECÁNICA DE ZANJAS CON USO DE TABLESTACAS	M3	3291,00	\$ 9,75	\$ 32.087,2500
6	CARGA, TRANSPORTE Y DESALOJO DE MATERIAL	M3	6251,55	\$ 58,78	\$ 367.466,1090
7	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PLUVIAL PEAD $\phi$ DOMINAL [315 MM-800 MM]	M	2142,00	\$ 103,67	\$ 222.061,1400
8	RELLENO Y COMPACTACIÓN MECÁNICA DE MEJORAMIENTO EN ZANJAS	M3	1527,61	\$ 17,62	\$ 26.916,4882
9	CONSTRUCCIÓN DE POZOS DE REVISIÓN CON TAPA DE HIERRO [D=1-1,2M]	U	34,00	\$ 570,46	\$ 19.395,6400
10	CONSTRUCCIÓN DE SUPERFICIES DE INFILTRACIÓN CON TUBERÍA PERFORADA EN SU BASE	M3	3257,00	\$ 41,56	\$ 135.360,9200
11	CONSTRUCCIÓN GAVIONES PARA DIQUE DE PROTECCIÓN COSTERA	M3	1800,00	\$ 82,48	\$ 148.464,0000
12	CONSTRUCCIÓN DE NÚCLEO IMPERMEABLE DE ARCILLA COMPACTADA EN DIQUE DE PROTECCIÓN COSTERA	M3	1200,00	\$ 17,35	\$ 20.820,0000
13	RELLENO Y CONFORMACIÓN DE TALUD A AGUAS ABAJO CON MATERIAL PROVENIENTE DE EXCAVACIÓN PARA DIQUE DE PROTECCIÓN COSTERA	M3	3000,00	\$ 4,62	\$ 13.860,0000
14	CONSTRUCCIÓN DE DRENAJE INTERNO EN DIQUE (TUBO DREN)	M	80,00	\$ 25,33	\$ 2.026,4000
15	REPOSICIÓN DE PAVIMENTOS Y VEREDAS	M	500,00	\$ 23,46	\$ 11.730,0000
16	CONSTRUCCIÓN DE SUMIDEROS Y CUNETAS	M	442,00	\$ 68,94	\$ 30.471,4800
17	ENSAYOS Y CONTROL DE CALIDAD	GLB	1,00	\$ 5.882,25	\$ 5.882,2500
18	PROTECCIÓN AMBIENTAL Y MANEJO DE RESIDUOS	GLB	1,00	\$ 2.429,03	\$ 2.429,0300
19	CONTROL Y MANEJO DE AGUAS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN	GLB	1,00	\$ 4.528,22	\$ 4.528,2200
20	SEÑALIZACIÓN VIAL Y CONTROL DE TRÁNSITO	MES	8,00	\$ 6.022,09	\$ 48.176,7200
21	IMPLANTACIÓN DE COBERTURA VEGETAL EN SUPERFICIES DE INFILTRACIÓN	M2	2100,00	\$ 7,99	\$ 16.779,0000
22	LIMPIEZA FINAL Y CIERRE DE OBRA	GLB	1,00	\$ 702,02	\$ 702,0200
23	PRUEBAS HIDRÁULICAS Y PUESTA EN SERVICIO DEL SISTEMA PLUVIAL.	GLB	1,00	\$ 944,53	\$ 944,53
				<b>SUB TOTAL</b>	<b>\$ 1.226.418,8272</b>

## 5.6 Cronograma de obra

El cronograma de obra fue elaborado con el objetivo de estimar el tiempo total necesario para la ejecución del proyecto, considerando la secuencia lógica de las actividades, así como la posibilidad de ejecutar ciertos rubros de manera simultánea, de acuerdo con criterios técnicos y constructivos.

Para la programación de los trabajos se tomó como base el conjunto de rubros definidos en el presupuesto y en los análisis de precios unitarios, considerando rendimientos promedio de mano de obra y maquinaria utilizados comúnmente en obras hidráulicas y de drenaje pluvial. Asimismo, se asumió una jornada laboral estándar y condiciones normales de ejecución, sin considerar retrasos extraordinarios por factores climáticos o administrativos.

La planificación contempla una ejecución progresiva del proyecto, iniciando con las obras preliminares, seguidas por el movimiento de tierras, la construcción del sistema de drenaje pluvial, la implementación de las superficies de infiltración, y finalmente las obras de protección de enrocado del dique a partir de gaviones, el dique costero en su totalidad con su núcleo impermeable y los trabajos de cierre. Algunas actividades, como la instalación de tuberías y la conformación de superficies de infiltración, se consideran parcialmente simultáneas, optimizando así el tiempo total de obra.

Debido a la cantidad de rubros que conforman el proyecto, en esta sección se presenta un cronograma de obra resumido, mientras que el Diagrama de Gantt detallado, con el desglose completo de actividades y su duración, se incluye en los anexos del presente documento.

A continuación se presenta en la tabla # 18 el cronograma de obra, con una duración estimada de 8 meses (32 semanas):



# Capítulo 6

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

- El establecimiento de los parámetros hidrológicos adyacentes a la Base Naval Norte de la ciudad de Guayaquil permitió caracterizar de manera precisa el comportamiento de la escorrentía superficial en la zona de estudio, considerando las condiciones climáticas, topográficas y de uso de suelo existentes. A partir del análisis de precipitaciones históricas, intensidades de lluvia y periodos de retorno adecuados para la infraestructura pluvial, se definieron valores representativos que garantizan la confiabilidad y durabilidad del sistema proyectado. Como resultado del estudio hidrológico, se obtuvo una intensidad de 52,32 mm/hr de esta cuenca, asociada a un periodo de retorno de 5 años, lo cual permitió calcular caudales máximos esperados de hasta 0,243 m<sup>3</sup>/s en los puntos críticos del sistema. Estos parámetros constituyeron la base técnica fundamental para el dimensionamiento adecuado de sumideros, tuberías y estructuras complementarias, reduciendo el riesgo de fallas hidráulicas y eventos de inundación dentro de la instalación naval.
- El diseño de la red del sistema de alcantarillado pluvial mediante el uso del software Storm Water Management Model (SWMM) permitió simular el comportamiento hidráulico del sistema bajo 4 diferentes escenarios desde el sistema convencional por gravedad al integrado con superficies de infiltración ambas con períodos de retorno de 5 y 10 años, validando su eficiencia operativa antes de su ejecución. A través del modelamiento se logró verificar que los diámetros, pendientes y cotas de las tuberías seleccionadas responden adecuadamente a los caudales de diseño, manteniendo velocidades dentro de rangos permisibles y evitando condiciones de sobrecarga. Los resultados del modelo indicaron que la mayoría de las tuberías del sistema presentan

tiempos mínimos de funcionamiento a capacidad máxima, con valores inferiores a 1 hora durante todo el evento simulado y niveles de lámina de agua controlados durante eventos críticos. Esta metodología de diseño permitió optimizar el uso de materiales, mejorar la confiabilidad del sistema y asegurar su correcto funcionamiento hidráulico, evidenciando la importancia del uso de herramientas computacionales en proyectos de drenaje urbano.

- La evaluación de impacto ambiental realizada en la zona de diseño permitió identificar los principales efectos asociados a la construcción y operación del sistema de drenaje pluvial, alineando el proyecto con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) número 6, 8, 11, 13 y 15. Se determinó que la incorporación de superficies de infiltración, manejo adecuado de aguas pluviales, protección de inundaciones con dique y control de sedimentos, contribuye significativamente a la reducción de impactos negativos sobre el suelo, el recurso hídrico y los ecosistemas cercanos. Como resultado del análisis ambiental, se identificaron 11 impactos significativos, de los cuales se dieron a conocer técnicas y procedimientos para mitigar estos impactos.

- El diseño integral del sistema de drenaje pluvial propuesto permite reducir de manera significativa el riesgo de inundaciones en la Base Naval Norte, una zona estratégica ubicada en un sector vulnerable de la ciudad de Guayaquil. La correcta conducción y evacuación de las aguas pluviales, combinada con elementos de control como las superficies de infiltración y dique costero como obra complementaria, mejora la capacidad de respuesta del área ante eventos de lluvia intensa. Según los resultados obtenidos, el sistema en su conjunto se estima que es capaz de reducir el nivel de acumulación superficial en un 65%, disminuyendo la frecuencia de anegamientos que anteriormente alcanzaban niveles de hasta 50 cm en veredas y calles de esta base.

- El proyecto demuestra ser técnica y económicamente viable con un presupuesto de 1,2 millones de dólares y al proponer soluciones eficientes que optimizan el uso de recursos y materiales. Comparando entre un sistema tradicional y el sistema propuesto se evidencia una reducción en costos de construcción y mantenimiento a largo plazo del orden de 30%, sin comprometer el desempeño hidráulico ni la seguridad estructural. Además, la integración de criterios de sostenibilidad ambiental y adaptación al cambio climático refuerza el valor del proyecto como una solución moderna, resiliente e integral.

## 6.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar un análisis geotécnico de la zona, especialmente donde se van a construir los pozos, sumideros, superficies de infiltración y tubería de drenaje pluvial, debido a que la información de suelos dada por el cliente se limita a borde costero con el Río Guayas y dicha zona está compuesta de materia orgánica y relleno hidráulico, lo cual puede dar una falsa información para toda la zona que está en la parte posterior de la ribera. Esto con la finalidad de establecer nuevos criterios con respecto al uso del material de desalojo y la capacidad real de infiltración que podría tener este suelo, y así el presupuesto general podría disminuir y evitar gastos innecesarios.

- Se recomienda que, en futuros estudios o etapas de ampliación del sistema de drenaje pluvial de la Base Naval Norte, se realice un monitoreo meteorológico continuo que permita actualizar periódicamente los parámetros de lluvia, escorrentía y niveles freáticos de la zona. Esta información facilitará la recalibración del modelo hidráulico desarrollado en SWMM y permitirá evaluar el desempeño real del sistema frente a eventos de precipitación extremos asociados al cambio climático. Asimismo, el

seguimiento post–construcción de cómo trabaja el sistema de conducción pluvial contribuirá a identificar posibles puntos críticos de sedimentación, obstrucción o sobrecarga hidráulica, permitiendo la implementación temprana de medidas correctivas que mejoren la eficiencia y vida útil del sistema.

- Se recomienda realizar un levantamiento topográfico detallado de la zona de intervención previa a la ejecución de la obra, con el fin de identificar con precisión las variaciones de cotas del terreno, pendientes reales y posibles modificaciones de nivel producto de rellenos, asentamientos o intervenciones anteriores. Este estudio permitirá ajustar oportunamente las cotas de diseño, profundidades de excavación y pendientes del sistema de drenaje pluvial, garantizando la correcta conducción por gravedad y evitando errores durante la construcción. Asimismo, la topografía actualizada contribuirá a optimizar volúmenes de movimiento de tierras, reducir sobrecostos por reprocesos y asegurar que el sistema proyectado funcione conforme a los parámetros hidráulicos establecidos en el diseño.

# Referencias

- Abd-Elhamid, H., Zeleňáková, M., Vranayová, Z., & Fathy, I. (2020). Evaluating the Impact of Urban Growth on the Design of Storm Water Drainage Systems. *Water*, 12(6), 1572. doi:<https://doi.org/10.3390/w12061572>
- Akan, A., & Houghtalen, R. (2003). *Urban hydrology, hydraulics, and stormwater quality: Engineering Applications and Computer Modeling*. Hoboken, New Jersey, Estados Unidos: John Wiley & Sons.
- Campos, D. (1978). *Procesos del ciclo Hidrológicos*. México: Limusa.
- Chapingo. (1977). *Manual de conservación del suelo y el agua*. México: Escuela Nacional de Agricultura.
- Chow, V., Maidment, D., & Mays, L. (1988). *Applied hydrology*. New York, Estados Unidos: McGraw-Hill.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2012). *Norma Oficial Mexicana NOM-001-CONAGUA-2011: Sistemas de agua potable, toma domiciliaria y alcantarillado sanitario — Hermeticidad — Especificaciones y métodos de prueba*. México: Diario Oficial de la Federación.
- Das, B., & Sobhan, K. (2018). *Principles of Geotechnical Engineering* (9th ed. ed.). Boston, USA: Cengage Learning.
- Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento – EPMAPS. (2023). *Norma técnica de drenaje pluvial, alcantarillado sanitario y separación de caudales para el Distrito Metropolitano de Quito*. Quito: EPMAPS.
- French, R. (1985). *Open-channel hydraulics*. New York, Estados Unidos: McGraw-Hill.
- Haddad, H., Bryden, J., & Connop, S. (2025). Practitioner Perceptions of Mainstreaming Sustainable Drainage Systems (SuDS): A Mixed Methods Study Exploring Direct Versus Indirect Barriers. *Sustainability*, 17(5), 2093. doi:<https://doi.org/10.3390/su17052093>

- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (1992). *Código Ecuatoriano de la Construcción CPE-INEN 005-9-1: Diseño de sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial*. Quito: INEN.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología - INAMHI. (10 de Noviembre de 2025). *Servicios inamhi*. Obtenido de Boletín de predicción climática: <https://servicios.inamhi.gob.ec/clima/>
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (10 de Diciembre de 2025). *Servicios inamhi*. Obtenido de Boletín meteorológico de Guayaquil-Durán: <https://www.inamhi.gob.ec/guayaquil/registrodgy.pdf>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report (AR5)*. Cambridge: Cambridge University Press. Obtenido de <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report (AR6)*. Cambridge: Cambridge University Press & IPCC. Obtenido de <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>
- Koerniawan , F., Setiawan, M., & Laksit, G. (2023). A Review of Flood Mitigation Literature: A Case Study of Sidoarjo Regency, Indonesia. *International Journal of Industrial Engineering, Technology & Operations Management*, 1(2), 73-79. doi:p-ISSN: 3026-0140
- Leopold, L., Clarke, F., Hanshaw, B., & Balsley, J. (1971). *A procedure for evaluating environmental impact*. New York: U.S. Geological Survey.
- Mays, L. (2011). *Water resources engineering*. Hoboken, New Jersey, Estados Unidos: John Wiley & Sons.
- Monachese, A., Gómez Villarino, M., López Santiago, J., Sanz, E., Almeida Nauñay, A., & Zubelzu, S. (2024). Challenges and Innovations in Urban Drainage Systems: Sustainable Drainage Systems Focus. *Water*, 17(1), 76. doi:<https://doi.org/10.3390/w17010076>
- Pugh, S. (1990). *Total Design: Integrated Methods for Successful Product Engineering*. Workingham, Inglaterra: Addison-Wesley Pub. Co.

- Qin, Y. (2020). Urban Flooding Mitigation Techniques: A Systematic Review and Future Studies. *Water*, 12(12), 3579. doi:<https://doi.org/10.3390/w12123579>
- Quichimbo Miguitama, F., Matamoros, D., Jiménez, L., & Quichimbo Miguitama, P. (2022). Influence of Low-Impact Development in Flood Control: A Case Study of the Febres Cordero Stormwater System of Guayaquil (Ecuador). *Sustainability*, 14(12), 7109. doi:<https://doi.org/10.3390/su14127109>
- Sturm, T. (2001). *Open channel hydraulics*. New York, Estados Unidos: McGraw-Hill.
- Tito, B. (2020). *Cómo hacer una Matriz de Leopold modificada en Excel*. Obtenido de Ingeniería Ambiental: [https://ingenieriaambiental.net/matriz-de-leopold/#Valoracion\\_de\\_impactos\\_ambientales\\_Leopold](https://ingenieriaambiental.net/matriz-de-leopold/#Valoracion_de_impactos_ambientales_Leopold)
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs (UNDESA). (2018). *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*. New York: United Nations. Obtenido de <https://population.un.org/wup/>
- Villón Béjar, M. (2002). *Hidrología*. Cartago, Costa Rica: Tecnológica de Costa Rica.
- Walther, H., Bennerscheidt, C., Jan Boudeling, D., Streckenbach, M., Simón, F., Mudersbach, C., . . . Quirmbach, M. (2025). A New Perspective on Blue–Green Infrastructure for Climate Adaptation in Urbanized Areas: A Soil–Pipe System as a Multifunctional Solution. *Land*, 14(5), 1065. doi:<https://doi.org/10.3390/land14051065>
- Wang, Y., yang, y., Liu, H., Qi, Z., Tian, S., Mo, X., . . . Gong, Y. (2025). Hydrological Effects of Bioretention Facilities in an Environment with a High Groundwater Table and Their Impacts on Groundwater. *Water*, 17(7), 1096. doi:<https://doi.org/10.3390/w17071096>
- Watanabe, M. (2014). *Urban disaster risk management in Latin American cities*. Lima: Practical Action (ELLA). Obtenido de [https://assets.publishing.service.gov.uk/media/57a08a08e5274a31e00003b2/130617\\_ENV\\_DisRisManCit\\_GUIDE.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/media/57a08a08e5274a31e00003b2/130617_ENV_DisRisManCit_GUIDE.pdf)
- World Air Quality. (10 de 12 de 2025). *IQAir*. Obtenido de World Air Quality Guayaquil: <https://www.iqair.com/la-en/world-air-quality>

Xie, J., Qiang, W., Lin, Y., Huang, Y., Xu, K.-Q., Zheng, D., . . . Fan, G. (2025). Enhancing Urban Drainage Resilience Through Holistic Stormwater Regulation: A Review. *Water*, 17(10), 1536. doi:<https://doi.org/10.3390/w17101536>

# Planos y anexos

Pozos de análisis		Caudal de diseño:														
		Área propia	Área acumulada	Longitud	Tiempo inicial	V prueba (modificada)	Tiempo de recorrido	Tiempo de concentración	Intensidad	Caudal de diseño	Área de infiltración		Permeabilidad mejorada	Caudal infiltrado	20 % caudal exluvente	Caudal de diseño final
		Ha	Ha	m	min	m/s	min	min	mm/h	m3/s	Ha	m2	K	m3/s	m3/s	m3/s
34	31	0,08	0,08	42	10,000	1	0,700	10,700	112,398	0,017	0	0	0,0001	0	0	0,017
32	31	0,07	0,07	61	10,000	0,98	1,037	11,037	110,268	0,015	0,01	100	0,0001	0,01	0,002	0,013
31	30	0,03	0,1	43	11,037	0,98	0,731	11,769	105,992	0,021	0,02	200	0,0001	0,02	0,004	0,017
30	20	0,04	0,14	50	11,769	1	0,833	12,602	101,616	0,028	0,035	350	0,0001	0,035	0,007	0,021
33	20	0,095	0,095	38	10,000	1,17	0,541	10,541	113,438	0,021	0	0	0,0001	0	0	0,021
20	19	0,045	0,28	70	12,602	0,94	1,241	13,843	95,899	0,052	0,021	210	0,0001	0,021	0,0042	0,048
19	18	0,08	0,36	67	13,843	0,92	1,214	15,057	91,058	0,064	0,01	200	0,0001	0,02	0,004	0,060
22	21	0,075	0,075	76	10,000	0,92	1,377	11,377	108,228	0,016	0,01	100	0,0001	0,01	0,002	0,014
21	18	0,09	0,165	85	11,377	1,15	1,232	12,609	101,583	0,033	0,05	500	0,0001	0,05	0,01	0,023
18	17	0,08	0,605	85	12,609	0,95	1,491	14,100	94,819	0,112	0,03	300	0,0001	0,03	0,006	0,106
29	17	0,065	0,065	38	10,000	0,92	0,688	10,688	112,473	0,014	0,01	100	0,0001	0,01	0,002	0,012
17	16	0,04	0,71	28	14,100	1,7	0,275	14,374	93,699	0,129	0,02	200	0,0001	0,02	0,004	0,125
28	16	0,07	0,07	70	10,000	1,02	1,144	11,144	109,618	0,015	0,015	150	0,0001	0,015	0,003	0,012
16	15	0,045	0,825	98	14,374	0,95	1,719	16,094	87,396	0,140	0,028	280	0,0001	0,028	0,0056	0,135
27	26	0,06	0,06	65	10,000	0,91	1,190	11,190	109,336	0,013	0,01	100	0,0001	0,01	0,002	0,011
26	25	0,08	0,14	98	11,190	0,95	1,719	12,910	100,116	0,027	0,03	300	0,0001	0,03	0,006	0,021
25	23	0,04	0,18	37	12,910	1,23	0,501	13,411	97,792	0,034	0,02	200	0,0001	0,02	0,004	0,030
24	23	0,08	0,08	35	10,000	0,92	0,634	10,634	112,827	0,018	0,005	50	0,0001	0,005	0,001	0,017
23	15	0,02	0,28	55	13,411	1,33	0,689	14,100	94,817	0,052	0,02	200	0,0001	0,02	0,004	0,048
15	14	0,03	1,135	46	16,094	1,38	0,556	16,649	85,587	0,189	0,013	130	0,0001	0,013	0,0026	0,186
14	13	0,055	1,19	62	16,649	1,22	0,847	17,496	83,008	0,192	0,018	180	0,0001	0,018	0,0036	0,188
13	12	0,05	1,24	65	17,496	1,2	0,903	18,399	80,474	0,194	0,018	180	0,0001	0,018	0,0036	0,190
12	11	0,06	1,3	71	18,399	1,02	1,160	19,559	77,497	0,196	0,0195	195	0,0001	0,0195	0,0039	0,192
11	1	0,04	1,34	67	19,559	1,02	1,095	20,654	74,939	0,195	0,019	190	0,0001	0,019	0,0038	0,191
10	9	0,05	0,05	80	10,000	0,92	1,449	11,449	107,805	0,010	0,02	200	0,0001	0,02	0,004	0,006
9	4	0,045	0,095	93	11,449	0,95	1,632	13,081	99,307	0,018	0,01	100	0,0001	0,01	0,002	0,016
8	7	0,07	0,07	68	10,000	0,94	1,206	11,206	109,244	0,015	0,008	80	0,0001	0,008	0,0016	0,013
7	4	0,07	0,14	26	11,206	1,02	0,425	11,631	106,767	0,029	0,004	40	0,0001	0,004	0,0008	0,028
6	5	0,065	0,065	92	10,000	0,92	1,667	11,667	106,563	0,013	0,015	150	0,0001	0,015	0,003	0,010
5	4	0,04	0,105	90	11,667	1,02	1,471	13,137	99,044	0,020	0,01	100	0,0001	0,01	0,002	0,018
4	3	0,04	0,24	74	13,081	1	1,233	14,314	93,942	0,044	0,02	200	0,0001	0,02	0,004	0,040
3	2	0,04	0,28	90	14,314	0,95	1,579	15,893	88,074	0,048	0,01	100	0,0001	0,01	0,002	0,046
2	1	0,045	0,325	67	15,893	1,15	0,971	16,864	84,913	0,054	0,06	600	0,0001	0,06	0,012	0,042
1	E	0,02	1,685	10	20,654	1,54	0,108	20,762	74,698	0,245	0,007	70	0,0001	0,007	0,0014	0,243

Pozos de análisis		Longitud m	Cota rasante		Pendiente	Cota rasante mejorada (teórica)		Pendiente corregida m/m	Caudal de diseño m³/s	Diámetro diseño		Diámetro seleccionado					
			Inicial	Final	S	Inicial	Final			D nominal	D interno	D nominal escogido	D interno	espesor	D externo		
			msnm	msnm	m/m	msnm	msnm			mm	mm	mm	mm	mm	mm		
34	31	42	3,8	3,8	0	5	4,5	0,012	0,017	0,144	143,633	315	268,68	400	341,176	29,400	399,976
32	31	61	3,2	3,8	-0,009836066	5,2	4,5	0,011	0,013	0,129	129,447	315	268,68	355	302,794	26,100	354,994
31	30	43	3,8	3,6	0,004651163	4,5	4	0,012	0,017	0,142	141,519	315	268,68	400	341,176	29,400	399,976
30	20	50	3,6	3,5	0,002	4	3,5	0,010	0,021	0,158	157,998	315	268,68	400	341,176	29,400	399,976
33	20	38	3,7	3,5	0,005263158	4	3,5	0,013	0,021	0,151	150,867	315	268,68	355	302,794	26,100	354,994
20	19	70	3,5	3,4	0,001428571	3,5	3,23	0,004	0,048	0,259	259,145	315	268,68	400	341,176	29,400	399,976
19	18	67	3,4	3	0,005970149	3,23	3	0,003	0,060	0,287	287,493	355	302,79	400	341,176	29,400	399,976
22	21	76	3,2	3,2	0	4,8	4	0,011	0,014	0,134	134,444	315	268,68	355	302,794	26,100	354,994
21	18	85	3,2	3	0,002352941	4	3	0,012	0,023	0,158	158,473	315	268,68	355	302,794	26,100	354,994
18	17	85	3	3,2	-0,002352941	3	2,8	0,002	0,106	0,382	382,008	450	383,82	500	426,471	36,800	500,071
29	17	38	3,2	3,2	0	3,2	2,8	0,011	0,012	0,128	128,492	315	268,68	355	302,794	26,100	354,994
17	16	28	3,2	3,2	0	2,8	2,5	0,011	0,125	0,307	306,654	450	383,82	500	426,471	36,800	500,071
28	16	70	3,1	3,2	-0,001428571	3,5	2,5	0,014	0,012	0,120	120,233	315	268,68	355	302,794	26,100	354,994
16	15	98	3,2	3,2	0	2,5	2,3	0,002	0,135	0,430	429,796	560	477,65	560	477,647	41,200	560,047
27	26	65	3,2	3,8	-0,009230769	5	4,2	0,012	0,011	0,119	118,965	315	268,68	355	302,794	26,100	354,994
26	25	98	3,8	3,3	0,005102041	4,2	3,4	0,008	0,021	0,166	165,873	315	268,68	355	302,794	26,100	354,994
25	23	37	3,3	3,3	0	3,4	2,9	0,014	0,030	0,172	172,223	315	268,68	355	302,794	26,100	354,994
24	23	35	3	3,3	-0,008571429	3,2	2,9	0,009	0,017	0,150	149,648	315	268,68	355	302,794	26,100	354,994
23	15	55	3,3	3,2	0,001818182	2,9	2,3	0,011	0,048	0,213	212,597	315	268,68	355	302,794	26,100	354,994
15	14	46	3,2	3,3	-0,002173913	2,3	2,1	0,004	0,186	0,421	421,310	500	426,47	560	477,647	41,200	560,047
14	13	62	3,3	3,2	0,001612903	2,1	1,9	0,003	0,188	0,448	447,517	560	477,65	630	537,353	46,300	629,953
13	12	65	3,2	3	0,003076923	1,9	1,7	0,003	0,190	0,453	453,254	560	477,65	630	537,353	46,300	629,953
12	11	71	3	3	0	1,7	1,55	0,002	0,192	0,488	487,854	450	383,82	800	682,353	58,800	799,953
11	1	67	3	3,2	-0,002985075	1,55	1,4	0,002	0,191	0,482	482,071	560	477,65	800	682,353	58,800	799,953
10	9	80	3,2	3	0,0025	5,8	4,3	0,019	0,006	0,091	90,916	315	268,68	355	302,794	26,100	354,994
9	4	93	3	2,8	0,002150538	4,3	3,5	0,009	0,016	0,149	148,845	315	268,68	355	302,794	26,100	354,994
8	7	68	3	3	0	3,5	2,8	0,010	0,013	0,133	133,097	315	268,68	355	302,794	26,100	354,994
7	4	26	3	2,8	0,007692308	2,8	2,6	0,008	0,028	0,187	186,655	315	268,68	355	302,794	26,100	354,994
6	5	92	3	2,9	0,001086957	4,8	3,7	0,012	0,010	0,118	118,404	315	268,68	315	268,676	23,200	315,076
5	4	90	2,9	2,8	0,001111111	3,7	2,8	0,010	0,018	0,151	150,723	315	268,68	355	302,794	26,100	354,994
4	3	74	2,8	3,2	-0,005405405	2,8	2,4	0,005	0,040	0,227	226,816	315	268,68	355	302,794	26,100	354,994
3	2	90	3,2	3,2	0	2,4	2	0,004	0,046	0,248	248,232	355	302,79	400	341,176	29,400	399,976
2	1	67	3,2	3,2	0	2	1,4	0,009	0,042	0,210	209,818	315	268,68	400	341,176	29,400	399,976
1	E	10	3,2	3,2	0	1,4	1,35	0,005	0,243	0,454	453,664	500	426,47	630	537,353	46,300	629,953

**Crterios hidrulicos:**

Pozos de anlisis		S	Q	D	Rho	Vo	Qo	Q/Qo	V/Vo	d/D	Rh/Rho	H/D	Condicion
		m/m	m3/s	m	m	m/s	m3/s						H/D <= 0,85
34	31	0,012	0,017	0,3412	0,09	1,92	0,18	0,100	0,52	0,232	0,554	0,161	Cumple
32	31	0,011	0,013	0,3028	0,08	1,74	0,13	0,104	0,54	0,248	0,586	0,17	Cumple
31	30	0,012	0,017	0,3412	0,09	1,90	0,17	0,096	0,52	0,232	0,554	0,161	Cumple
30	20	0,010	0,021	0,3412	0,09	1,76	0,16	0,128	0,57	0,27	0,63	0,188	Cumple
33	20	0,013	0,021	0,3028	0,08	1,87	0,13	0,156	0,6	0,298	0,686	0,213	Cumple
20	19	0,004	0,048	0,3412	0,09	1,09	0,10	0,480	0,84	0,55	1,065	0,443	Cumple
19	18	0,003	0,060	0,3412	0,09	1,03	0,09	0,633	0,913	0,645	1,147	0,559	Cumple
22	21	0,011	0,014	0,3028	0,08	1,67	0,12	0,115	0,553	0,258	0,606	0,179	Cumple
21	18	0,012	0,023	0,3028	0,08	1,76	0,13	0,178	0,624	0,315	0,716	0,229	Cumple
18	17	0,002	0,106	0,4265	0,11	0,99	0,14	0,745	0,961	0,719	1,188	0,665	Cumple
29	17	0,011	0,012	0,3028	0,08	1,67	0,12	0,102	0,54	0,248	0,586	0,17	Cumple
17	16	0,011	0,125	0,4265	0,11	2,12	0,30	0,415	0,802	0,504	1,014	0,395	Cumple
28	16	0,014	0,012	0,3028	0,08	1,94	0,14	0,085	0,505	0,22	0,53	0,151	Cumple
16	15	0,002	0,135	0,4776	0,12	1,00	0,18	0,754	0,965	0,724	1,19	0,677	Cumple
27	26	0,012	0,011	0,3028	0,08	1,80	0,13	0,083	0,505	0,22	0,53	0,151	Cumple
26	25	0,008	0,021	0,3028	0,08	1,47	0,11	0,201	0,656	0,346	0,768	0,251	Cumple
25	23	0,014	0,030	0,3028	0,08	1,89	0,14	0,222	0,672	0,362	0,795	0,266	Cumple
24	23	0,009	0,017	0,3028	0,08	1,51	0,11	0,153	0,6	0,298	0,686	0,213	Cumple
23	15	0,011	0,048	0,3028	0,08	1,70	0,12	0,389	0,781	0,482	0,983	0,374	Cumple
15	14	0,004	0,186	0,4776	0,12	1,45	0,26	0,715	0,951	0,699	1,179	0,633	Cumple
14	13	0,003	0,188	0,5374	0,13	1,35	0,31	0,614	0,903	0,632	1,139	0,542	Cumple
13	12	0,003	0,190	0,5374	0,13	1,32	0,30	0,635	0,913	0,645	1,147	0,559	Cumple
12	11	0,002	0,192	0,6824	0,17	1,29	0,47	0,409	0,796	0,498	1,007	0,388	Cumple
11	1	0,002	0,191	0,6824	0,17	1,32	0,48	0,396	0,787	0,488	0,992	0,381	Cumple
10	9	0,019	0,006	0,3028	0,08	2,23	0,16	0,040	0,427	0,165	0,41	0,102	Cumple
9	4	0,009	0,016	0,3028	0,08	1,51	0,11	0,150	0,6	0,298	0,686	0,213	Cumple
8	7	0,010	0,013	0,3028	0,08	1,65	0,12	0,112	0,553	0,258	0,606	0,179	Cumple
7	4	0,008	0,028	0,3028	0,08	1,43	0,10	0,275	0,706	0,4	0,86	0,3	Cumple
6	5	0,012	0,010	0,2687	0,07	1,64	0,09	0,112	0,553	0,258	0,606	0,179	Cumple
5	4	0,010	0,018	0,3028	0,08	1,63	0,12	0,156	0,6	0,298	0,686	0,213	Cumple
4	3	0,005	0,040	0,3028	0,08	1,20	0,09	0,463	0,83	0,536	1,05	0,429	Cumple
3	2	0,004	0,046	0,3412	0,09	1,17	0,11	0,428	0,806	0,51	1,021	0,402	Cumple
2	1	0,009	0,042	0,3412	0,09	1,67	0,15	0,273	0,706	0,4	0,86	0,3	Cumple
1	E	0,005	0,243	0,5374	0,13	1,69	0,38	0,636	0,913	0,645	1,147	0,559	Cumple

Pozos de análisis		v	Tiempo de recorrido 2	Variabilidad	Condición	Condición	Condición	V2/2g	Rh	$\tau$	Condición	d	E	H (profundidad hidráulica)	Número de Froude	
		m/s	min		Diferencia $\leq \pm 5\%$	v $\min \geq 0,90$ m/s	v $\máx \leq 5$ m/s				$\tau \geq 0,1$					
34	31	0,999	0,700	-0,06	Cumple	Cumple	Cumple	0,051	0,047	0,563	Cumple	0,079	0,130	0,05	1,85	Supercrítico
32	31	0,941	1,080	-4,14	Cumple	Cumple	Cumple	0,045	0,044	0,509	Cumple	0,075	0,120	0,05	1,86	Supercrítico
31	30	0,988	0,726	0,78	Cumple	Cumple	Cumple	0,050	0,047	0,549	Cumple	0,079	0,129	0,05	1,83	Supercrítico
30	20	1,004	0,830	0,40	Cumple	Cumple	Cumple	0,051	0,054	0,537	Cumple	0,092	0,144	0,06	1,60	Supercrítico
33	20	1,120	0,566	-4,50	Cumple	Cumple	Cumple	0,064	0,052	0,683	Cumple	0,090	0,154	0,06	1,77	Supercrítico
20	19	0,919	1,270	-2,29	Cumple	Cumple	Cumple	0,043	0,091	0,350	Cumple	0,188	0,231	0,15	0,62	Subcrítico
19	18	0,942	1,185	2,37	Cumple	Cumple	Cumple	0,045	0,098	0,336	Cumple	0,220	0,265	0,19	0,50	Subcrítico
22	21	0,923	1,372	0,32	Cumple	Cumple	Cumple	0,043	0,046	0,483	Cumple	0,078	0,122	0,05	1,74	Supercrítico
21	18	1,101	1,287	-4,45	Cumple	Cumple	Cumple	0,062	0,054	0,638	Cumple	0,095	0,157	0,07	1,62	Supercrítico
18	17	0,953	1,487	0,30	Cumple	Cumple	Cumple	0,046	0,127	0,298	Cumple	0,307	0,353	0,28	0,34	Subcrítico
29	17	0,901	0,703	-2,08	Cumple	Cumple	Cumple	0,041	0,044	0,467	Cumple	0,075	0,116	0,05	1,78	Supercrítico
17	16	1,697	0,275	-0,18	Cumple	Cumple	Cumple	0,147	0,108	1,158	Cumple	0,215	0,362	0,17	1,03	Supercrítico
28	16	0,982	1,188	-3,88	Cumple	Cumple	Cumple	0,049	0,040	0,573	Cumple	0,067	0,116	0,05	2,19	Supercrítico
16	15	0,961	1,700	1,15	Cumple	Cumple	Cumple	0,047	0,142	0,290	Cumple	0,346	0,393	0,32	0,30	Subcrítico
27	26	0,911	1,189	0,15	Cumple	Cumple	Cumple	0,042	0,040	0,494	Cumple	0,067	0,109	0,05	2,03	Supercrítico
26	25	0,964	1,694	1,47	Cumple	Cumple	Cumple	0,047	0,058	0,475	Cumple	0,105	0,152	0,08	1,29	Supercrítico
25	23	1,271	0,485	3,21	Cumple	Cumple	Cumple	0,082	0,060	0,813	Cumple	0,110	0,192	0,08	1,61	Supercrítico
24	23	0,904	0,646	-1,81	Cumple	Cumple	Cumple	0,042	0,052	0,445	Cumple	0,090	0,132	0,06	1,43	Supercrítico
23	15	1,327	0,691	-0,22	Cumple	Cumple	Cumple	0,090	0,074	0,812	Cumple	0,146	0,236	0,11	1,19	Supercrítico
15	14	1,382	0,555	0,17	Cumple	Cumple	Cumple	0,097	0,141	0,612	Cumple	0,334	0,431	0,30	0,47	Subcrítico
14	13	1,223	0,845	0,24	Cumple	Cumple	Cumple	0,076	0,153	0,494	Cumple	0,340	0,416	0,29	0,43	Subcrítico
13	12	1,208	0,897	0,63	Cumple	Cumple	Cumple	0,074	0,154	0,474	Cumple	0,347	0,421	0,30	0,41	Subcrítico
12	11	1,023	1,157	0,30	Cumple	Cumple	Cumple	0,053	0,172	0,363	Cumple	0,340	0,393	0,26	0,39	Subcrítico
11	1	1,041	1,072	2,04	Cumple	Cumple	Cumple	0,055	0,169	0,379	Cumple	0,333	0,388	0,26	0,41	Subcrítico
10	9	0,951	1,402	3,28	Cumple	Cumple	Cumple	0,046	0,031	0,582	Cumple	0,050	0,096	0,03	3,14	Supercrítico
9	4	0,905	1,712	-4,94	Cumple	Cumple	Cumple	0,042	0,052	0,447	Cumple	0,090	0,132	0,06	1,43	Supercrítico
8	7	0,913	1,242	-2,99	Cumple	Cumple	Cumple	0,042	0,046	0,472	Cumple	0,078	0,121	0,05	1,72	Supercrítico
7	4	1,007	0,430	-1,26	Cumple	Cumple	Cumple	0,052	0,065	0,501	Cumple	0,121	0,173	0,09	1,13	Supercrítico
6	5	0,908	1,688	-1,28	Cumple	Cumple	Cumple	0,042	0,041	0,487	Cumple	0,069	0,111	0,05	1,93	Supercrítico
5	4	0,976	1,537	-4,50	Cumple	Cumple	Cumple	0,049	0,052	0,519	Cumple	0,090	0,139	0,06	1,54	Supercrítico
4	3	0,993	1,242	-0,73	Cumple	Cumple	Cumple	0,050	0,079	0,430	Cumple	0,162	0,213	0,13	0,78	Subcrítico
3	2	0,947	1,585	-0,37	Cumple	Cumple	Cumple	0,046	0,087	0,387	Cumple	0,174	0,220	0,14	0,70	Subcrítico
2	1	1,177	0,949	2,28	Cumple	Cumple	Cumple	0,071	0,073	0,657	Cumple	0,136	0,207	0,10	1,17	Supercrítico
1	E	1,539	0,108	-0,04	Cumple	Cumple	Cumple	0,121	0,154	0,770	Cumple	0,347	0,467	0,30	0,52	Subcrítico

Tramos		Ds (diámetro de salida)	d (1)	d (2)	V2/2g (1)	V2/2g (2)	k	ΔHt (Pérdida de energía por unión)	V max (1)	V max (2)	Vm	(V m) <sup>2</sup> /2g	Diámetro de pozo	Ángulo de giro	Ángulo en radianes	Radio de curvatura	rc/Ds	kc	Régimen de flujo	ΔHt (Pérdida de energía por cambio de dirección)	Δhe	hr	
Tramo inicial	Tramo final	m	m	m	mca	mca		m	m/s	m/s	m/s	m	Dp	θ	α	rc				m	m	>0,75	m
34	30	0.341	0.079	0.079	0.051	0.050	0.2	0.00024	0.999	0.988	0.994	0.050	1	90	1.57	0.50	1.47	0.4	Subcrítico	0.0201	0.020	ente =cota d	0.019
32	30	0.341	0.075	0.079	0.045	0.050	0.1	0.00046	0.941	0.988	0.964	0.047	1	90	1.57	0.50	1.47	0.4	Subcrítico	0.0190	0.019	ente =cota d	0.028
31	20	0.341	0.079	0.092	0.050	0.051	0.1	0.00017	0.988	1.004	0.996	0.051	1	0	0.00	0.00	0.00	0.4	Subcrítico	0.0202	0.020	ente =cota d	0.035
30	19	0.341	0.092	0.188	0.051	0.043	0.2	0.00167	1.004	0.919	0.962	0.047	1	55	0.96	0.96	2.82	0.2	Subcrítico	0.0094	0.011	ente =cota d	0.098
33	19	0.341	0.090	0.188	0.064	0.043	0.2	0.00417	1.120	0.919	1.019	0.053	1	35	0.61	1.59	4.65	0.05	Subcrítico	0.0026	0.007	ente =cota d	0.083
20	18	0.341	0.188	0.220	0.043	0.045	0.1	0.00022	0.919	0.942	0.931	0.044	1.2	0	0.00	0.00	0.00	0.4	Subcrítico	0.0177	0.018	ente =cota d	0.053
19	17	0.426	0.220	0.307	0.045	0.046	0.1	0.00010	0.942	0.953	0.948	0.046	1.2	0	0.00	0.00	0.00	0.4	Subcrítico	0.0183	0.018	ente =cota d	0.106
22	18	0.303	0.078	0.095	0.043	0.062	0.2	0.00367	1.101	0.923	1.012	0.052	1.2	20	0.35	3.40	11.24	0.05	Supercrítico	0.0026	0.006	ente =cota d	0.042
21	17	0.426	0.095	0.307	0.062	0.046	0.2	0.00310	1.101	0.953	1.027	0.054	1.2	90	1.57	0.60	1.41	0.4	Subcrítico	0.0215	0.025	ente =cota d	0.220
18	16	0.426	0.307	0.215	0.046	0.147	0.1	0.01005	0.953	1.697	1.325	0.089	1.2	0	0.00	0.00	0.00	0.4	Subcrítico	0.0358	0.046	ente =cota d	0.055
29	16	0.426	0.075	0.215	0.041	0.147	0.1	0.01054	0.901	1.697	1.299	0.086	1.2	90	1.57	0.60	1.41	0.4	Subcrítico	0.0344	0.045	ente =cota d	0.290
17	15	0.478	0.215	0.346	0.147	0.047	0.2	0.01994	1.697	0.961	1.329	0.090	1.2	0	0.00	0.00	0.00	0.4	Subcrítico	0.0360	0.056	ente =cota d	0.087
28	15	0.478	0.067	0.346	0.049	0.047	0.2	0.00041	0.982	0.961	0.971	0.048	1.2	90	1.57	0.60	1.26	0.4	Subcrítico	0.0192	0.020	ente =cota d	0.297
16	14	0.478	0.346	0.334	0.047	0.097	0.1	0.00503	0.961	1.382	1.172	0.070	1.2	0	0.00	0.00	0.00	0.4	Subcrítico	0.0280	0.033	ente =cota d	0.071
27	25	0.303	0.067	0.105	0.042	0.047	0.1	0.00050	0.911	0.964	0.938	0.045	1	0	0.00	0.00	0.00	0.4	Subcrítico	0.0179	0.018	ente =cota d	0.062
26	23	0.303	0.105	0.110	0.047	0.082	0.1	0.00349	0.964	1.271	1.118	0.064	1	25	0.44	2.26	7.45	0.4	Supercrítico	0.0255	0.029	ente =cota d	0.069
25	15	0.303	0.110	0.146	0.082	0.090	0.1	0.00074	1.271	1.327	1.299	0.086	1	0	0.00	0.00	0.00	0.4	Subcrítico	0.0344	0.035	ente =cota d	0.079
24	15	0.303	0.090	0.146	0.042	0.090	0.1	0.00481	0.904	1.327	1.115	0.063	1	90	1.57	0.50	1.65	0.2	Subcrítico	0.0127	0.017	ente =cota d	0.121
23	14	0.478	0.146	0.334	0.090	0.097	0.1	0.00076	1.327	1.382	1.355	0.094	1.2	90	1.57	0.60	1.26	0.4	Subcrítico	0.0374	0.038	ente =cota d	0.234
15	13	0.537	0.334	0.340	0.097	0.076	0.2	0.00423	1.382	1.223	1.303	0.086	1.2	0	0.00	0.00	0.00	0.4	Subcrítico	0.0346	0.039	ente =cota d	0.023
14	12	0.537	0.340	0.347	0.076	0.074	0.2	0.00038	1.223	1.208	1.215	0.075	1.2	0	0.00	0.00	0.00	0.4	Subcrítico	0.0301	0.030	ente =cota d	0.036
13	11	0.682	0.347	0.340	0.074	0.053	0.2	0.00420	1.208	1.023	1.115	0.063	1.2	0	0.00	0.00	0.00	0.4	Subcrítico	0.0254	0.030	ente =cota d	0.002
12	1	0.682	0.340	0.333	0.053	0.055	0.1	0.00019	1.023	1.041	1.032	0.054	1.2	35	0.61	1.90	2.79	0.2	Subcrítico	0.0109	0.011	ente =cota d	0.006
11	E	0.537	0.333	0.347	0.055	0.121	0.1	0.00655	1.041	1.539	1.290	0.085	1.2	90	1.57	0.60	1.12	0.4	Subcrítico	0.0339	0.040	ente =cota d	0.120
10	4	0.303	0.050	0.090	0.046	0.042	0.2	0.00087	0.951	0.905	0.928	0.044	1	0	0.00	0.00	0.00	0.4	Subcrítico	0.0176	0.018	ente =cota d	0.054
9	3	0.303	0.090	0.162	0.042	0.050	0.1	0.00085	0.905	0.993	0.949	0.046	1	90	1.57	0.50	1.65	0.2	Subcrítico	0.0092	0.010	ente =cota d	0.091
8	4	0.303	0.078	0.121	0.042	0.052	0.2	0.00093	0.913	1.007	0.960	0.047	1	45	0.79	1.21	3.99	0.05	Subcrítico	0.0023	0.003	ente =cota d	0.056
7	3	0.303	0.121	0.162	0.052	0.050	0.2	0.00030	1.007	0.993	1.000	0.051	1	45	0.79	1.21	3.99	0.05	Subcrítico	0.0025	0.003	ente =cota d	0.043
6	4	0.303	0.069	0.090	0.042	0.049	0.1	0.00065	0.908	0.976	0.942	0.045	1	0	0.00	0.00	0.00	0.4	Subcrítico	0.0181	0.019	ente =cota d	0.046
5	3	0.303	0.090	0.162	0.049	0.050	0.1	0.00017	0.976	0.993	0.984	0.049	1.2	0	0.00	0.00	0.00	0.4	Subcrítico	0.0198	0.020	ente =cota d	0.094
4	2	0.341	0.162	0.174	0.050	0.046	0.2	0.00091	0.993	0.947	0.970	0.048	1	0	0.00	0.00	0.00	0.4	Subcrítico	0.0192	0.020	ente =cota d	0.027
3	1	0.341	0.174	0.136	0.046	0.071	0.1	0.00249	0.947	1.177	1.062	0.057	1	0	0.00	0.00	0.00	0.4	Subcrítico	0.0230	0.025	ente =cota d	0.013
2	E	0.537	0.136	0.347	0.071	0.121	0.1	0.00502	1.177	1.539	1.358	0.094	1.2	0	0.00	0.00	0.00	0.4	Subcrítico	0.0376	0.043	ente =cota d	0.303

**Profundidad de tuberías y pozos:**

Se coloca 0,1 m de cama de arena en el fondo

Pozos de análisis		Cota Terreno		Cota Lomo (clave)		Cota de Batea (invert)		Cota lámina de agua		Cota de energía		profundidad de clave /Lomo		Profundidad de excavación (pozos)	
		Inicial (msnm)	Final (msnm)	Inicial (msnm)	Final (msnm)	Inicial (msnm)	Final (msnm)	Inicial (msnm)	Final (msnm)	Inicial (msnm)	Final (msnm)	Inicial (m)	Final (m)	Inicial (m)	Final (m)
34	31	4,8	4,2	4,000	3,500	3,629	3,129	3,709	3,209	3,759	3,259	0,80	0,70	1,30	1,20
32	31	4,8	4,2	4,000	3,300	3,671	2,971	3,746	3,046	3,791	3,091	0,80	0,90	1,25	1,35
31	30	4,2	3,6	3,292	2,792	2,921	2,421	3,000	2,500	2,921	2,500	0,91	0,81	1,41	1,31
30	20	3,6	3,5	2,742	2,242	2,371	1,871	2,463	1,963	2,515	2,015	0,86	1,26	1,36	1,76
33	20	3,8	3,5	3,000	2,500	2,671	2,171	2,761	2,261	2,825	2,325	0,80	1,00	1,25	1,45
20	19	3,5	3,4	2,143	1,873	1,773	1,503	1,960	1,690	2,004	1,734	1,36	1,53	1,86	2,03
19	18	3,4	3	1,821	1,591	1,450	1,220	1,670	1,440	1,716	1,486	1,58	1,41	2,08	1,91
22	21	4	3,2	3,200	2,400	2,871	2,071	2,949	2,149	2,993	2,193	0,80	0,80	1,25	1,25
21	18	3,2	3	2,350	1,350	2,021	1,021	2,116	1,116	2,178	1,178	0,85	1,65	1,30	2,10
18	17	3	3,2	1,264	1,064	0,801	0,601	1,107	0,907	1,154	0,954	1,74	2,14	2,34	2,74
29	17	3,2	3,2	2,400	2,000	2,071	1,671	2,146	1,746	2,188	1,788	0,80	1,20	1,25	1,65
17	16	3,2	3,2	1,009	0,709	0,546	0,246	0,761	0,461	0,908	0,608	2,19	2,49	2,79	3,09
28	16	3,1	3,2	2,300	1,300	1,971	0,971	2,038	1,038	2,087	1,087	0,80	1,90	1,25	2,35
16	15	3,2	3,2	0,468	0,268	-0,051	-0,251	0,295	0,095	0,342	0,142	2,73	2,93	3,39	3,59
27	26	4,8	3,8	4,000	3,200	3,671	2,871	3,738	2,938	3,780	2,980	0,80	0,60	1,25	1,05
26	25	3,8	3,3	3,138	2,338	2,809	2,009	2,914	2,114	2,962	2,162	0,66	0,96	1,12	1,42
25	23	3,3	3,3	2,270	1,770	1,941	1,441	2,050	1,550	2,133	1,633	1,03	1,53	1,49	1,99
24	23	3	3,3	2,200	1,900	1,871	1,571	1,961	1,661	2,003	1,703	0,80	1,40	1,25	1,85
23	15	3,3	3,2	1,648	1,048	1,319	0,719	1,465	0,865	1,555	0,955	1,65	2,15	2,11	2,61
15	14	3,2	3,3	0,034	-0,166	-0,484	-0,684	-0,151	-0,351	-0,053	-0,253	3,17	3,47	3,83	4,13
14	13	3,3	3,2	-0,151	-0,351	-0,734	-0,934	-0,395	-0,595	-0,319	-0,519	3,45	3,55	4,18	4,28
13	12	3,2	3	-0,401	-0,601	-0,984	-1,184	-0,638	-0,838	-0,763	-0,963	3,60	3,60	4,33	4,33
12	11	3	3	-0,493	-0,643	-1,234	-1,384	-0,895	-1,045	-0,841	-0,991	3,49	3,64	4,39	4,54
11	1	3	3,2	-0,693	-0,843	-1,434	-1,584	-1,101	-1,251	-1,046	-1,196	3,69	4,04	4,59	4,94
10	9	3,8	3	3,000	1,500	2,671	1,171	2,721	1,221	2,767	1,267	0,80	1,50	1,25	1,95
9	4	3	2,8	1,446	0,646	1,117	0,317	1,207	0,407	1,249	0,449	1,55	2,15	2,01	2,61
8	7	3	3	2,200	1,500	1,871	1,171	1,949	1,249	1,992	1,292	0,80	1,50	1,25	1,95
7	4	3	2,8	1,444	1,244	1,116	0,916	1,237	1,037	1,288	1,088	1,56	1,56	2,01	2,01
6	5	4	2,9	3,200	2,100	2,908	1,808	2,977	1,877	3,019	1,919	0,80	0,80	1,22	1,22
5	4	2,9	2,8	2,087	1,187	1,758	0,858	1,848	0,948	1,897	0,997	0,81	1,61	1,27	2,07
4	3	2,8	3,2	1,093	0,693	0,764	0,364	0,927	0,527	0,977	0,577	1,71	2,51	2,16	2,96
3	2	3,2	3,2	0,685	0,285	0,314	-0,086	0,488	0,088	0,534	0,134	2,51	2,91	3,01	3,41
2	1	3,2	3,2	0,235	-0,365	-0,136	-0,736	0,001	-0,599	0,072	-0,528	2,96	3,56	3,46	4,06
1	E	3,2	3,2	-1,304	-1,354	-1,887	-1,937	-1,541	-1,591	-1,420	-1,470	4,50	4,55	5,23	5,28

Los recuadros sombreados equivalen a zonas de rellenar previamente

Cunetas:		Se selecciona dicho valor n debido a pendientes muy bajas en la zona														
Pozos de análisis		Longitud	Cota Terreno		Pendiente	Caudal de diseño	Caudal de drenaje cuneta izquierda	Caudal de drenaje cuneta derecha	Número de maning	Pendiente longitudinal estimada	Pendiente transversal propuesta	Inverso de la pendiente transversal	Altura de agua lado izquierdo	Altura de agua lado derecho	Ancho mojado lado izquierdo	Ancho mojado lado derecho
			m	Inicial (msnm)									Final (msnm)	m/m	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
34	31	42	4,8	4,2	0,0143	0,017	0,00874	0,00874	0,02	0,0143	0,02	50	0,029	0,029	1,44	1,44
32	31	61	4,8	4,2	0,0098	0,013	0,00650	0,00650	0,02	0,0098	0,02	50	0,028	0,028	1,38	1,38
31	30	43	4,2	3,6	0,0140	0,017	0,01163	0,00498	0,02	0,0140	0,02	50	0,032	0,023	1,61	1,17
30	20	50	3,6	3,5	0,0020	0,021	0,01033	0,01033	0,02	0,0020	0,02	50	0,044	0,044	2,22	2,22
33	20	38	3,8	3,5	0,0079	0,021	0,00629	0,01467	0,02	0,0079	0,02	50	0,028	0,039	1,42	1,95
20	19	70	3,5	3,4	0,0014	0,048	0,04321	0,00480	0,02	0,0014	0,02	50	0,081	0,035	4,04	1,77
19	18	67	3,4	3	0,0060	0,060	0,05377	0,00597	0,02	0,0060	0,02	50	0,067	0,029	3,35	1,47
22	21	76	4	3,2	0,0105	0,014	0,00965	0,00413	0,02	0,0105	0,02	50	0,032	0,023	1,58	1,15
21	18	85	3,2	3	0,0024	0,023	0,01130	0,01130	0,02	0,0024	0,02	50	0,044	0,044	2,22	2,22
18	17	85	3	3,2	-0,0024	0,106	0,09499	0,01055	0,02	0,0010	0,02	50	0,116	0,051	5,80	2,55
29	17	38	3,2	3,2	0,0000	0,012	0,00611	0,00611	0,02	0,0010	0,02	50	0,041	0,041	2,07	2,07
17	16	28	3,2	3,2	0,0000	0,125	0,11282	0,01254	0,02	0,0010	0,02	50	0,124	0,054	6,19	2,72
28	16	70	3,1	3,2	-0,0014	0,012	0,00834	0,00358	0,02	0,0010	0,02	50	0,047	0,034	2,33	1,70
16	15	98	3,2	3,2	0,0000	0,135	0,12114	0,01346	0,02	0,0010	0,02	50	0,127	0,056	6,36	2,79
27	26	65	4,8	3,8	0,0154	0,011	0,00538	0,00538	0,02	0,0154	0,02	50	0,024	0,024	1,18	1,18
26	25	98	3,8	3,3	0,0051	0,021	0,00638	0,01488	0,02	0,0051	0,02	50	0,031	0,043	1,55	2,13
25	23	37	3,3	3,3	0,0000	0,030	0,01209	0,01814	0,02	0,0010	0,02	50	0,054	0,062	2,68	3,12
24	23	35	3	3,3	-0,0086	0,017	0,00497	0,01159	0,02	0,0010	0,02	50	0,038	0,053	1,92	2,64
23	15	55	3,3	3,2	0,0018	0,048	0,01429	0,03334	0,02	0,0018	0,02	50	0,051	0,070	2,55	3,50
15	14	46	3,2	3,3	-0,0022	0,186	0,14903	0,03726	0,02	0,0010	0,02	50	0,137	0,082	6,87	4,08
14	13	62	3,3	3,2	0,0016	0,188	0,15078	0,03769	0,02	0,0016	0,02	50	0,126	0,075	6,31	3,75
13	12	65	3,2	3	0,0031	0,190	0,15235	0,03809	0,02	0,0031	0,02	50	0,112	0,067	5,61	3,34
12	11	71	3	3	0,0000	0,192	0,15360	0,03840	0,02	0,0010	0,02	50	0,139	0,083	6,95	4,13
11	1	67	3	3,2	-0,0030	0,191	0,15317	0,03829	0,02	0,0010	0,02	50	0,139	0,083	6,94	4,13
10	9	80	3,8	3	0,0100	0,006	0,00324	0,00324	0,02	0,0100	0,02	50	0,021	0,021	1,06	1,06
9	4	93	3	2,8	0,0022	0,016	0,00490	0,01144	0,02	0,0022	0,02	50	0,033	0,045	1,65	2,27
8	7	68	3	3	0,0000	0,013	0,01062	0,00265	0,02	0,0010	0,02	50	0,051	0,030	2,55	1,52
7	4	26	3	2,8	0,0077	0,028	0,02261	0,00565	0,02	0,0077	0,02	50	0,046	0,027	2,31	1,37
6	5	92	4	2,9	0,0120	0,010	0,00523	0,00523	0,02	0,0120	0,02	50	0,025	0,025	1,23	1,23
5	4	90	2,9	2,8	0,0011	0,018	0,00364	0,01458	0,02	0,0011	0,02	50	0,033	0,056	1,67	2,82
4	3	74	2,8	3,2	-0,0054	0,040	0,00797	0,03187	0,02	0,0010	0,02	50	0,046	0,077	2,29	3,85
3	2	90	3,2	3,2	0,0000	0,046	0,00919	0,03676	0,02	0,0010	0,02	50	0,048	0,081	2,42	4,06
2	1	67	3,2	3,2	0,0000	0,042	0,00417	0,03749	0,02	0,0010	0,02	50	0,036	0,082	1,80	4,09
1	E	10	3,2	3,2	0,0000	0,243	0,02433	0,21901	0,02	0,0010	0,02	50	0,070	0,159	3,48	7,94

**Sumideros:**

Datos

Tipo reja:	cuneta	
Ancho:	600	mm
Largo:	1000	mm

**Caudal que puede interceptar el sumidero**

Pozos de análisis		Pendiente transversal	Pendiente longitudinal	Prof. Máx. de aproximación al sumidero (cm)		Prof. De ingreso al sumidero (cm)		Caudal de aproximación en la cuneta (L/s)		Caudal de aproximación en la cuneta (m3/s)		Cantidad de sumideros colocados			
				Y izquierdo	Y derecho	Yp izquierdo	Yp derecho	Ql (izquierdo)	Ql (derecho)	Ql (izquierdo)	Ql (derecho)	Relación entre Q cuneta izq / Qsumidero izq	Relación entre Q cuneta der / Qsumidero der	Propuestos lado izq	Propuestos lado der
34	31	0,02	0,0143	2,88	2,88	2,28	2,28	5,85	5,85	0,0058	0,0058	1,49	1,49	2	2
32	31	0,02	0,0098	2,77	2,77	2,17	2,17	4,49	4,49	0,0045	0,0045	1,45	1,45	2	2
31	30	0,02	0,0140	3,22	2,34	2,62	1,74	7,12	3,86	0,0071	0,0039	1,63	1,29	2	2
30	20	0,02	0,0020	4,43	4,43	3,83	3,83	4,77	4,77	0,0048	0,0048	2,17	2,17	3	3
33	20	0,02	0,0079	2,85	3,91	2,25	3,31	4,25	7,60	0,0042	0,0076	1,48	1,93	2	2
20	19	0,02	0,0014	8,08	3,54	7,48	2,94	10,98	2,71	0,0110	0,0027	3,94	1,77	4	2
19	18	0,02	0,0060	6,71	2,94	6,11	2,34	16,55	3,93	0,0166	0,0039	3,25	1,52	4	2
22	21	0,02	0,0105	3,17	2,30	2,57	1,70	5,99	3,24	0,0060	0,0032	1,61	1,28	2	2
21	18	0,02	0,0024	4,45	4,45	3,85	3,85	5,20	5,20	0,0052	0,0052	2,17	2,17	3	3
18	17	0,02	0,0010	11,60	5,09	11,00	4,49	16,39	4,27	0,0164	0,0043	5,79	2,47	6	3
29	17	0,02	0,0010	4,15	4,15	3,55	3,55	3,00	3,00	0,0030	0,0030	2,04	2,04	3	3
17	16	0,02	0,0010	12,38	5,43	11,78	4,83	18,15	4,77	0,0182	0,0048	6,22	2,63	7	3
28	16	0,02	0,0010	4,66	3,39	4,06	2,79	3,68	2,10	0,0037	0,0021	2,27	1,71	3	2
16	15	0,02	0,0010	12,71	5,58	12,11	4,98	18,93	4,99	0,0189	0,0050	6,40	2,70	7	3
27	26	0,02	0,0154	2,37	2,37	1,77	1,77	4,14	4,14	0,0041	0,0041	1,30	1,30	2	2
26	25	0,02	0,0051	3,10	4,27	2,50	3,67	4,02	7,12	0,0040	0,0071	1,59	2,09	2	3
25	23	0,02	0,0010	5,36	6,24	4,76	5,64	4,66	6,01	0,0047	0,0060	2,60	3,02	3	4
24	23	0,02	0,0010	3,84	5,27	3,24	4,67	2,62	4,53	0,0026	0,0045	1,90	2,55	2	3
23	15	0,02	0,0018	5,10	7,01	4,50	6,41	5,78	9,82	0,0058	0,0098	2,47	3,40	3	4
15	14	0,02	0,0010	13,74	8,17	13,14	7,57	21,39	9,35	0,0214	0,0094	6,97	3,98	7	4
14	13	0,02	0,0016	12,62	7,50	12,02	6,90	23,76	10,34	0,0238	0,0103	6,35	3,65	7	4
13	12	0,02	0,0031	11,22	6,67	10,62	6,07	27,27	11,79	0,0273	0,0118	5,59	3,23	6	4
12	11	0,02	0,0010	13,90	8,26	13,30	7,66	21,77	9,53	0,0218	0,0095	7,05	4,03	8	5
11	1	0,02	0,0010	13,88	8,25	13,28	7,65	21,74	9,51	0,0217	0,0095	7,05	4,03	8	5
10	9	0,02	0,0100	2,12	2,12	1,52	1,52	2,67	2,67	0,0027	0,0027	1,21	1,21	2	2
9	4	0,02	0,0022	3,31	4,55	2,71	3,95	2,93	5,16	0,0029	0,0052	1,67	2,22	2	3
8	7	0,02	0,0010	5,10	3,03	4,50	2,43	4,29	1,70	0,0043	0,0017	2,47	1,56	3	2
7	4	0,02	0,0077	4,62	2,75	4,02	2,15	10,04	3,92	0,0100	0,0039	2,25	1,44	3	2
6	5	0,02	0,0120	2,46	2,46	1,86	1,86	3,93	3,93	0,0039	0,0039	1,33	1,33	2	2
5	4	0,02	0,0011	3,35	5,63	2,75	5,03	2,16	5,35	0,0022	0,0053	1,69	2,73	2	3
4	3	0,02	0,0010	4,58	7,71	3,98	7,11	3,57	8,50	0,0036	0,0085	2,23	3,75	3	4
3	2	0,02	0,0010	4,83	8,13	4,23	7,53	3,91	9,28	0,0039	0,0093	2,35	3,96	3	4
2	1	0,02	0,0010	3,59	8,19	2,99	7,59	2,32	9,39	0,0023	0,0094	1,79	3,99	2	4
1	E	0,02	0,0010	6,96	15,87	6,36	15,27	7,21	26,80	0,0072	0,0268	3,38	8,17	4	9



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Obra: **DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA BASE NAVAL NORTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**

RUBRO: 1 **OBRAS PRELIMINARES**

DETALLE: \_\_\_\_\_ UNIDAD: **GLB**

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A*B</b>	<b>R</b>	<b>D = C*R</b>
HERRAMIENTA MENOR 5% MO					0,9700
CASETA PREFABRICADA	1,00	8,00	8,0000	1,0000	8,0000
CASETA ADMINISTRATIVA	1,00	10,00	10,0000	1,0000	10,0000
BAÑO PORTÁTIL	2,00	6,00	12,0000	1,0000	12,0000
GENERADOR ELÉCTRICO PEQUEÑO	1,00	15,00	15,0000	1,0000	15,0000

**SUBTOTAL M** **45,9700**

<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/ HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C= A*B</b>	<b>R</b>	<b>D = C*R</b>
RESIDENTE DE OBRA	1,00	6,50	6,5000	1,0000	6,5000
MAESTRO DE OBRA	1,00	4,65	4,6500	1,0000	4,6500
PEON	2,00	4,14	8,2800	1,0000	8,2800

**SUBTOTAL N** **19,4300**

<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A*B</b>	
MADERA	M2	0,2400	3,90	0,9360	
LÁMINAS DE ZINC E=30 MM	M2	15,0000	8,00	120,0000	
CINTA DE SEÑALIZACIÓN	ROLLO	4,0000	8,75	35,0000	
CONOS DE SEGURIDAD	U	10,0000	12,00	120,0000	
LETRERO INFORMATIVOS	U	3,0000	25,00	75,0000	

**SUBTOTAL O** **350,9360**

<b>TRANSPORTE</b>				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A*B</b>
CAMIÓN LIVIANO PARA TRASLADO DE CASETA	U	2,00	120,00	240,0000

**SUBTOTAL P** **240,0000**

ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA.  
LUGAR Y FECHA: GUAYAQUIL, 12 DE ENERO DE 2025

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>		<b>656,3400</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b>	15,00%	<b>98,4510</b>
<b>OTROS INDIRECTOS %</b>		
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>		<b>754,7910</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>		<b>\$ 754,79</b>

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Obra: **DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA BASE NAVAL NORTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**  
 RUBRO: 2 **REPLANTEO, NIVELACIÓN Y CONTROL TOPOGRÁFICO DE LA OBRA**  
 DETALLE: \_\_\_\_\_ UNIDAD: **M2**

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA/hr	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A*B	R	D = C*R
HERRAMIENTA MENOR 5% MO EQUIPO TOPOGRÁFICO (ESTACIÓN TOTAL Y NIVEL AUTO)	1,00	6,00	6,0000	0,0050	0,0300

**SUBTOTAL M** **0,0300**

<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/ HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D = C*R
TOPOGRAFO 2: TITULO EXPERIENCIA MAYOR A 5 AÑOS	1,00	5,50	5,5000	0,0050	0,0300
AYUDANTE DE TOPÓGRAFO	1,00	4,14	4,1400	0,0050	0,0200

**SUBTOTAL N** **0,0500**

<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A*B	
ESTACAS	U	0,02	0,50	0,0100	
CAL	KG	0,03	0,40	0,0120	

**SUBTOTAL O** **0,0220**

<b>TRANSPORTE</b>				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		A	B	C = A*B

**SUBTOTAL P**

ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA.	<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>0,1000</b>
LUGAR Y FECHA: GUAYAQUIL, 12 DE ENERO DE 2025	<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b>	<b>15,00%</b>
	<b>OTROS INDIRECTOS %</b>	<b> </b>
	<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>0,1150</b>
	<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>\$ 0,12</b>

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Obra: **DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA BASE NAVAL NORTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**

RUBRO: 3 **DEMOLICIÓN DE PAVIMENTOS Y VEREDAS**

DETALLE: \_\_\_\_\_ UNIDAD: **M2**

**EQUIPOS**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C = A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D = C*R
HERRAMIENTA MENOR 5% MO					0,0700
MARTILLO NEUMÁTICO	2,00	7,50	15,0000	0,0600	0,9000
COMPRESOR DE AIRE	1,00	6,50	6,5000	0,0600	0,3900
MINI CARGADORA	1,00	18,00	18,0000	0,0300	0,5400

**SUBTOTAL M** 1,9000

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/ HR B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D = C*R
OPERADOR DE BOBCAT	2,00	5,00	10,0000	0,0600	0,6000
PEON	1,00	4,14	4,1400	0,0800	0,3300
MAESTRO DE OBRA	2,00	4,65	9,3000	0,0400	0,3720

**SUBTOTAL N** 1,3020

**MATERIALES**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C = A*B
ELEMENTOS DE SEGURIDAD (EPP)	GLB	5,0000	4,50	22,5000

**SUBTOTAL O** 22,5000

**TRANSPORTE**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C = A*B

**SUBTOTAL P**  

ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA.  
LUGAR Y FECHA: GUAYAQUIL, 12 DE ENERO DE 2025

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>25,7000</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b>	15,00% <b>3,8550</b>
<b>OTROS INDIRECTOS %</b>	
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>29,5550</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>\$ 29,56</b>

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Obra: **DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA BASE NAVAL NORTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**

RUBRO: 4 **EXCAVACIÓN MECÁNICA DE ZANJAS**

DETALLE: \_\_\_\_\_ UNIDAD: **M3**

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A*B	R	D = C*R
HERRAMIENTA MENOR 5% MO RETROEXCAVADORA	1,00	18,00	18,0000	0,0400	0,0100 0,7200
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0,7300</b>

<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/ HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D = C*R
PEON	1,00	4,14	4,1400	0,0200	0,0800
OPERADOR DE MAQUINARIA	1,00	5	5,0000	0,0400	0,2000
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>0,2800</b>

<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A*B	
ESTACAS	U	5,0000	0,50	2,5000	
CAL	KG	1,00	0,40	0,4000	
HILO (30 M)	ROLLO	1,00	7,60	7,6000	
<b>SUBTOTAL O</b>					<b>10,5000</b>

<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A*B	
<b>SUBTOTAL P</b>					

ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA. LUGAR Y FECHA: GUAYAQUIL, 12 DE ENERO DE 2025	<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>11,5100</b>
	<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b> 15,00%	<b>1,7265</b>
	<b>OTROS INDIRECTOS</b> %	
	<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>13,2365</b>
	<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>\$ 13,24</b>

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**Obra:** DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA BASE NAVAL NORTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL  
**RUBRO: 5** EXCAVACIÓN MECÁNICA DE ZANJAS CON USO DE TABLESTACAS  
**DETALLE:** UNIDAD: M3

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A*B	R	D = C*R
HERRAMIENTA MENOR 5% MO					0,0400
EXCAVADORA	1,00	20,00	20,0000	0,0600	1,2000
MARTILLO VIBRATORIO PARA TABLESTACAS	1,00	25,00	25,0000	0,0300	0,7500
GRUA LIGERA	1,00	15,00	15,0000	0,0300	0,4500

**SUBTOTAL M** 2,4400

<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/ HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D = C*R
OPERADOR DE EXCAVADORA	1,00	5,00	5,0000	0,0600	0,3000
OPERADOR MARTILLO VIBRATORIO	1,00	5,00	5,0000	0,0300	0,1500
MAESTRO DE OBRA	0,50	5,50	2,7500	0,0400	0,1100
PEON	2,00	4,14	8,2800	0,0400	0,3312

**SUBTOTAL N** 0,8912

<b>MATERIALES</b>				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
		A	B	C = A*B
TABLESTACA METÁLICA	M2	1,1000	4,50	4,9500
APUNTALAMIENTO Y CUÑAS	GLB	1,00	0,20	0,2000

**SUBTOTAL O** 5,1500

<b>TRANSPORTE</b>				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		A	B	C = A*B

**SUBTOTAL P**

	<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	8,4800
	<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b> 15,00%	1,2720
	<b>OTROS INDIRECTOS</b> %	
	<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	9,7520
	<b>VALOR OFERTADO</b>	\$ 9,75

ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA.  
LUGAR Y FECHA: GUAYAQUIL, 12 DE ENERO DE 2025

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Obra: **DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA BASE NAVAL NORTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**

RUBRO: 6 **CARGA, TRANSPORTE Y DESALOJO DE MATERIAL**

DETALLE: \_\_\_\_\_ UNIDAD: M3

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A*B</b>	<b>R</b>	<b>D = C*R</b>
HERRAMIENTA MENOR 5% MO RETROEXCAVADORA	1,00	18,00	18,0000	0,0400	0,0400 0,7200
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0,7600</b>

<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/ HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C= A*B</b>	<b>R</b>	<b>D = C*R</b>
PEON	2,00	4,14	8,2800	0,0300	0,2500
OPERADOR DE MAQUINARIA	1,00	5,00	5,0000	0,0400	0,2000
CHOFER DE VOLQUETA	1,00	4,80	4,8000	0,0800	0,3840
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>0,8340</b>

<b>MATERIALES</b>				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
VALLAS DE SEÑALIZACION	U	1,0000	27,51	27,5120
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>27,5120</b>

<b>TRANSPORTE</b>				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
VOLQUETA 10-12 M3	U	1,00	22,00	22,00
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>22,0000</b>

ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA.  
LUGAR Y FECHA: GUAYAQUIL, 12 DE ENERO DE 2025

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>51,1100</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b>	<b>15,00%</b>
<b>OTROS INDIRECTOS %</b>	
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>58,7765</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>\$ 58,78</b>

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Obra: **DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA BASE NAVAL NORTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**

RUBRO: 7 **SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PLUVIAL PEAD f DOMINAL [315 MM-800 MM]**

DETALLE: 

--	--	--	--	--

 UNIDAD: M

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A*B	R	D = C*R
HERRAMIENTA MENOR 5% MO					0,0300
RETROEXCAVADORA (APOYO INSTALACIÓN)	1,00	18,00	18,0000	0,0200	0,3600
NIVEL ÓPTICO	1,00	2,00	2,0000	0,0200	0,0400
CAMIÓN GRÚA	0,50	22,00	11,0000	0,0200	0,2200
MÁQUINA DE TERMOFUSIÓN PEAD	1,00	12,00	12,0000	0,0200	0,2400
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0,8900</b>

<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/ HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D = C*R
OFICIAL	1,00	5,5	5,5000	0,0300	0,1700
MAESTRO DE OBRA	1,00	4,8	4,8000	0,0300	0,1400
PEON	2,00	4,14	8,2800	0,0300	0,2484
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>0,5584</b>

<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A*B	
TUBERÍA PEAD [DN=315-800 MM]	M	1,000	85,00	85,0000	
SELLOS ELASTOMÉRICOS	U	1,000	2,50	2,5000	
LUBRICANTES PARA JUNTAS	GLB	1,000	0,40	0,4000	
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>87,9000</b>	

<b>TRANSPORTE</b>				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		A	B	C = A*B
TRANSPORTE INTERNO DE TUBERÍA	M	1,00	0,80	0,8000
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0,8000</b>

ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA.	<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>90,1500</b>
	<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b>	<b>15,00%</b>
	<b>OTROS INDIRECTOS %</b>	
	<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>103,6725</b>
	<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>\$ 103,67</b>

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Obra: **DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA BASE NAVAL NORTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**

RUBRO: 8 **RELLENO Y COMPACTACIÓN MECÁNICA DE MEJORAMIENTO EN ZANJAS**

DETALLE: \_\_\_\_\_ UNIDAD: **M3**

**EQUIPOS**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C = A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D = C*R
HERRAMIENTA MENOR 5% MO					0,0400
COMPACTADOR TIPO CANGURO	1,00	6,00	6,0000	0,0600	0,3600
PLACA VIBRATORIA	1,00	7,00	7,0000	0,0500	0,3500
CAMIÓN CISTERNA (HUMECTACIÓN)	0,25	18,00	4,5000	0,0400	0,1800

**SUBTOTAL M** **0,9300**

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/ HR B	COSTO HORA C = A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D = C*R
PEON	2,00	4,14	8,2800	0,0500	0,4100
OFICIAL	1,00	4,8	4,8000	0,0500	0,2400
MAESTRO DE OBRA	0,50	5,5	2,7500	0,0500	0,1375

**SUBTOTAL N** **0,7875**

**MATERIALES**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C = A*B
MATERIAL DE MEJORAMIENTO (GRAVA-ARENA)	M3	1,0000	12,00	12,0000
AGUA PARA HUMECTACIÓN	M3	0,100	1,00	0,1000

**SUBTOTAL O** **12,1000**

**TRANSPORTE**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C = A*B
TRANSPORTE INTERNO DE MATERIAL	M3	1,00	1,50	1,5000

**SUBTOTAL P** **1,5000**

ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA.	<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>15,3200</b>
	<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b> 15,00%	<b>2,2980</b>
	<b>OTROS INDIRECTOS</b> %	
	<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>17,6180</b>
	<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>\$ 17,62</b>

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Obra: **DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA BASE NAVAL NORTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**

RUBRO: 9 **CONSTRUCCIÓN DE POZOS DE REVISIÓN CON TAPA DE HIERRO [D=1-1,2M]**

DETALLE: \_\_\_\_\_ UNIDAD: **U**

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA/H	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A*B</b>	<b>R (H/UN)</b>	<b>D = C*R</b>
HERRAMIENTA MENOR 5% MO					5,5700
MEZCLADORA DE HORMIGÓN	1,00	6,00	6,0000	3,0000	18,0000
VIBRADOR DE HORMIGÓN	1,00	2,50	2,5000	2,0000	5,0000
COMPACTADOR TIPO CANGURO	0,50	6,00	3,0000	1,0000	3,0000
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>31,5700</b>

<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/ HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C= A*B</b>	<b>R</b>	<b>D = C*R</b>
OFICIAL ALBAÑIL	1,00	4,8	4,8000	6,0000	28,8000
MAESTRO DE OBRA	1,00	5,5	5,5000	6,0000	33,0000
PEON	2,00	4,14	8,2800	6,0000	49,6800
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>111,4800</b>

<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A*B</b>	
HORMIGÓN F'C=210 KG/CM2	M3	0,8000	120,00	96,0000	
ACERO DE REFUERZO	KG	45,000	1,25	56,2500	
LADRILLO/BLOQUE	U	120,000	0,40	48,0000	
MORTERO DE ASENTADO	M3	0,150	85,00	12,7500	
GRADAS METÁLICAS	U	4,000	8,00	32,0000	
MARCO Y TAPA DE HIERRO FUNDIDO	U	1,00	95,00	95,0000	
CURAD Y SELLOS	GLB	1,00	3,00	3,0000	
<b>SUBTOTAL O</b>					<b>343,0000</b>

<b>TRANSPORTE</b>				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A*B</b>
TRANSPORTE INTERNO DE MATERIALES	U	1,00	10,00	10,0000
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>10,0000</b>

ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA. SUBTOTAL P	<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>496,0500</b>
	<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b>	<b>15,00% 74,4075</b>
	<b>OTROS INDIRECTOS %</b>	
	<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>570,4575</b>
	<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>\$ 570,46</b>

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Obra: **DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA BASE NAVAL NORTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**

RUBRO: 10 **CONSTRUCCIÓN DE SUPERFICIES DE INFILTRACIÓN CON TUBERÍA PERFORADA EN SU BASE**

DETALLE: \_\_\_\_\_ UNIDAD: **M3**

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A*B	R	D = C*R
HERRAMIENTA MENOR 5% MO MINICARGADORA	0,50	16,00	8,0000	0,0600	0,4800
PLACA VIBRATORIA LIVIANA	1,00	7,00	7,0000	0,0500	0,3500
NIVEL ÓPTICO	0,50	2,00	1,0000	0,0400	0,0400
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0,9200</b>

<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/ HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D = C*R
PEON	2,00	4,14	8,2800	0,0600	0,5000
MAESTRO DE OBRA OFICIAL	0,50	5,5	2,7500	0,0600	0,1700
	1,00	4,8	4,8000	0,0600	0,2880
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>0,9580</b>

<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A*B	
GEOTEXTIL NO TEJIDO (MAYOR A 200 G/M2)	M2	2,2000	1,80	3,9600	
TUBERÍA DRENANTE PERFORADA PVC (D=200 MM)	M	1,000	12,00	12,0000	
GRAVA DRENANTE (25-50 MM)	M3	0,600	18,00	10,8000	
ARENA GRUESA	M3	0,300	15,00	4,5000	
CONECTORES Y TAPONES	GLB	1,000	1,20	1,2000	
<b>SUBTOTAL O</b>					<b>32,4600</b>

<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A*B	
TRANSPORTE INTERNO DE MATERIALES	M3	1,00	1,80	1,8000	
<b>SUBTOTAL P</b>					<b>1,8000</b>

ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA. LUGAR Y FECHA: GUAYAQUIL, 12 DE ENERO DE 2025	<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>36,1400</b>
	<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b>	<b>5,4210</b>
	<b>OTROS INDIRECTOS %</b>	
	<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>41,5610</b>
	<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>\$ 41,56</b>

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Obra: **DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA BASE NAVAL NORTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**  
 RUBRO: 11 **CONSTRUCCIÓN GAVIONES PARA DIQUE DE PROTECCIÓN COSTERA**  
 DETALLE: \_\_\_\_\_ UNIDAD: **M3**

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A*B	R	D = C*R
HERRAMIENTA MENOR 5% MO					0,0600
RETROEXCAVADORA	1,00	20,00	20,0000	0,0500	1,0000
CARGADORA FRONTAL	0,50	22,00	11,0000	0,0400	0,4400
COMPACTADOR LIVIANO	0,30	6,00	1,8000	0,0300	0,0540
CAMIÓN VOLQUETE (APOYO INTERNO)	0,50	18,00	9,0000	0,0400	0,3600

**SUBTOTAL M** **1,9140**

<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/ HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D = C*R
PEON	3,00	4,14	12,4200	0,0600	0,7500
OFICIAL ALBAÑIL	1,00	4,8	4,8000	0,0600	0,2900
MAESTRO DE OBRA	0,50	5,5	2,7500	0,0600	0,1650

**SUBTOTAL N** **1,2050**

<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A*B	
GAVIÓN METÁLICO GALVANIZADO	M3	1,0000	38,00	38,0000	
PIEDRA SELECCIONADA [100-300 MM]	M3	1,050	22,00	23,1000	
GEOTEXTIL NO TEJIDO(>300 G/CM2)	M2	1,20	2,50	3,0000	
ALAMBRE GALVANIZADO (AMARRE)	KG	0,80	2,50	2,0000	

**SUBTOTAL O** **66,1000**

<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A*B	
TRANSPORTE INTERNO DE PIEDRA	M3	1,00	2,50	2,5000	

**SUBTOTAL P** **2,5000**

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>		<b>71,7190</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b>	15,00%	<b>10,7579</b>
<b>OTROS INDIRECTOS %</b>		
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>		<b>82,4769</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>		<b>\$ 82,48</b>

ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA.  
 LUGAR Y FECHA: GUAYAQUIL, 12 DE ENERO DE 2025

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Obra: **DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA BASE NAVAL NORTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**  
 RUBRO: 12 **CONSTRUCCIÓN DE NÚCLEO IMPERMEABLE DE ARCILLA COMPACTADA EN DIQUE DE PROTECCIÓN COSTERA**  
 DETALLE: UNIDAD: M3

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A*B	R	D = C*R
HERRAMIENTA MENOR 5% MO					0,0500
RETROEXCAVADORA	1,00	20,00	20,0000	0,0500	1,0000
CARGADOR FRONTAL	0,50	22,00	11,0000	0,0400	0,4400
COMPACTADOR PATA DE CABRA	0,50	18,00	9,0000	0,0600	0,5400
RODILLO LISO PEQUEÑO	0,30	16,00	4,8000	0,0300	0,1440
CAMIÓN CISTERNA	0,30	15,00	4,5000	0,0200	0,0900

**SUBTOTAL M** **2,2640**

<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/ HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D = C*R
MAESTRO DE OBRA	0,30	5,5	1,6500	0,0600	0,1000
OFICIAL	1,00	4,8	4,8000	0,0800	0,3800
PEON	1,50	4,14	6,2100	0,0800	0,4968

**SUBTOTAL N** **0,9768**

<b>MATERIALES</b>				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
		A	B	C = A*B
ARCILLA SELECCIONADA	M3	1,0500	8,00	8,4000
AGUA PARA COMPACTACIÓN	M3	0,200	1,50	0,3000

**SUBTOTAL O** **8,7000**

<b>TRANSPORTE</b>				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		A	B	C = A*B
TRANSPORTE DE ARCILLA (< 5 KM)	M3	1,05	3,00	3,1500

**SUBTOTAL P** **3,1500**

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>		<b>15,0900</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b>	<b>15,00%</b>	<b>2,2635</b>
<b>OTROS INDIRECTOS %</b>		
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>		<b>17,3535</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>		<b>\$ 17,35</b>

ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA.  
LUGAR Y FECHA: GUAYAQUIL, 12 DE ENERO DE 2025

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Obra: **DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA BASE NAVAL NORTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**  
 RUBRO: 13 **RELLENO Y CONFORMACIÓN DE TALUD AGUAS ABAJO CON MATERIAL PROVENIENTE DE EXCAVACIÓN PARA**  
 DETALLE: **UNIDAD: M3**

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A*B</b>	<b>R</b>	<b>D = C*R</b>
HERRAMIENTA MENOR 5% MO					0,0400
RETROEXCAVADORA	0,80	20,00	16,0000	0,0500	0,8000
CARGADORA FRONTAL	0,50	22,00	11,0000	0,0400	0,4400
RODILLO LISO VIBRATORIO	0,50	18,00	9,0000	0,0500	0,4500
COMPACTADOR LIVIANO (PLANCHA)	0,30	6,00	1,8000	0,0300	0,0540
CAMIÓN CISTERNA (HUMECTACIÓN)	0,30	15,00	4,5000	0,0200	0,0900
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>1,8740</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/ HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C= A*B</b>	<b>R</b>	<b>D = C*R</b>
PEON	1,50	4,14	6,2100	0,0700	0,4300
MAESTRO DE OBRA OFICIAL	0,20	5,5	1,1000	0,0500	0,0600
	0,80	4,8	3,8400	0,0600	0,2304
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>0,7204</b>
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A*B</b>	
AGUA PARA COMPACTACIÓN	M3	0,1500	1,50	0,2250	
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>0,2250</b>	
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A*B</b>	
TRANSPORTE INTERNO (<200 M)	M3	1,00	1,20	1,2000	
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>1,2000</b>	
<b>ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA.</b>			<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>		
<b>LUGAR Y FECHA: GUAYAQUIL, 12 DE ENERO DE 2025</b>			<b>4,0194</b>		
			<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 15,00%</b>		
			<b>0,6029</b>		
			<b>OTROS INDIRECTOS %</b>		
			<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>		
			<b>4,6223</b>		
			<b>VALOR OFERTADO \$</b>		
			<b>4,62</b>		

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Obra: **DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA BASE NAVAL NORTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**

RUBRO: 14 **CONSTRUCCIÓN DE DRENAJE INTERNO EN DIQUE (TUBO DREN)**

DETALLE: UNIDAD: M

**EQUIPOS**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C = A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D = C*R
HERRAMIENTA MENOR 5% MO					0,0500
RETROEXCAVADORA	0,50	20,00	10,0000	0,0600	0,6000
COMPACTADOR TIPO PLANCHA	0,30	6,00	1,8000	0,0400	0,0720
CAMIÓN CISTERNA (HUMECTACIÓN)	0,20	15,00	3,0000	0,0200	0,0600

**SUBTOTAL M 0,7820**

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/ HR B	COSTO HORA C= A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D = C*R
PEON	1,50	4,14	6,2100	0,0800	0,5000
MAESTRO DE OBRA	0,20	5,5	1,1000	0,0600	0,0700
OFICIAL	1,00	4,8	4,8000	0,0700	0,3360

**SUBTOTAL N 0,9060**

**MATERIALES**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C = A*B
TUBERÍA DRENANTE PERFORADA PVC (D=160 MM)	M	1,000	9,00	9,0000
GRAVA FILTRANTE (3/4´´)	M3	0,200	18,00	3,6000
GEOTEXTIL NO TEJIDO 200 KG/CM2	M2	1,800	2,80	5,0400

**SUBTOTAL O 17,6400**

**TRANSPORTE**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C = A*B
TRANSPORTE DE GRAVA	M3	0,20	6,00	1,2000
TRANSPORTE DE TUBERÍA	M	1,00	1,50	1,5000

**SUBTOTAL P 2,7000**

ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA.	<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>22,0280</b>
	<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b>	<b>15,00%</b>
	<b>OTROS INDIRECTOS %</b>	
	<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>25,3322</b>
	<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>\$ 25,33</b>

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**Obra:** DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA BASE NAVAL NORTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

**RUBRO:** 15 REPOSICIÓN DE PAVIMENTOS Y VEREDAS

**DETALLE:** UNIDAD: M

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A*B	R	D = C*R
HERRAMIENTA MENOR 5% MO					0,0700
MEZCLADORA DE HORMIGÓN	0,40	6,00	2,4000	0,0800	0,1920
VIBRADOR DE HORMIGÓN	0,30	5,00	1,5000	0,0500	0,0750
COMPACTADOR TIPO PLANCHA	3,00	6,00	18,0000	0,0400	0,7200
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>1,0570</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/ HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C= A*B	R	D = C*R
MAESTRO DE OBRA	0,20	5,5	1,1000	0,0800	0,0900
OFICIAL	1,00	4,8	4,8000	0,1000	0,4800
PEON	1,50	4,14	6,2100	0,1200	0,7452
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>1,3152</b>
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A*B	
HORMIGÓN F'C=210 KG/CM2	M3	0,1200	120,00	14,4000	
BASE GRANULAR	M3	0,050	20,00	1,0000	
AGUA	M3	0,02	1,50	0,0300	
ADITIVOS Y CURADO	GLB	1,00	0,80	0,8000	
<b>SUBTOTAL O</b>					<b>16,2300</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A*B	
TRANSPORTE DE HORMIGÓN Y MATERIALES	M3	1,00	1,80	1,8000	
<b>SUBTOTAL P</b>					<b>1,8000</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>					<b>20,4022</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b>					<b>15,00%</b>
<b>OTROS INDIRECTOS</b>					<b>%</b>
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					<b>23,4625</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>\$ 23,46</b>

ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Obra: **DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA BASE NAVAL NORTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**

RUBRO: 16 **CONSTRUCCIÓN DE SUMIDEROS Y CUNETAS**

DETALLE: \_\_\_\_\_ UNIDAD: **M**

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A*B</b>	<b>R</b>	<b>D = C*R</b>
HERRAMIENTA MENOR 5% MO					0,1000
RETROEXCAVADORA (EXCAVACIÓN PUNTUAL)	0,30	20,00	6,0000	0,0600	0,3600
MEZCLADORA DE HORMIGÓN	0,40	6,00	2,4000	0,0800	0,1920
VIBRADOR DE HORMIGÓN	0,30	5,00	1,5000	0,0500	0,0750
COMPACTADOR TIPO PLANCHA	0,30	6,00	1,8000	0,0400	0,0720

**SUBTOTAL M** **0,7990**

<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/ HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C= A*B</b>	<b>R</b>	<b>D = C*R</b>
MAESTRO DE OBRA	0,20	5,5	1,1000	0,0800	0,0900
OFICIAL	1,20	4,8	5,7600	0,1200	0,6900
PEON	2,00	4,14	8,2800	0,1500	1,2420

**SUBTOTAL N** **2,0220**

<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A*B</b>	
HORMIGÓN F'c=210 KG/CM2	M3	0,2000	120,00	24,0000	
BASE GRANULAR	M3	0,050	20,00	1,0000	
REJILLA METÁICA PARA SUMIDERO	U	0,20	45,00	9,0000	
ACERO DE REFUERZO	KG	4,00	1,10	4,4000	
TUBERÍA PVC PLUVIAL D=200 MM	M	0,50	9,00	4,5000	
CODOS Y ACCESORIOS PVC	GLB	0,20	6,00	1,2000	
MORTERO DE SELLO	M3	0,01	90,00	0,9000	
ENCOFRADO (MADERA REUTILIZABLE DURA)	M2	1,20	8,00	9,6000	
AGUA	M3	0,02	1,50	0,0300	

**SUBTOTAL O** **54,6300**

<b>TRANSPORTE</b>				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A*B</b>
TRANSPORTE DE MATERIALES	M	1,00	2,50	2,5000

**SUBTOTAL P** **2,5000**

ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA.	<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>59,9510</b>
	<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b>	<b>15,00%</b>
	<b>OTROS INDIRECTOS</b>	<b>%</b>
	<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>68,9437</b>
	<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>\$ 68,94</b>

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Obra: **DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA BASE NAVAL NORTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**

RUBRO: 17 **ENSAYOS Y CONTROL DE CALIDAD**

DETALLE:  UNIDAD: **GLB**

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	HORAS ESTIMADAS	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A*B</b>	<b>R</b>	<b>D = C*R</b>
HERRAMIENTA MENOR 5% MO					21,0000
EQUIPOS DE DENSIDAD IN SITU	1,00	45,00	45,0000	12,0000	540,0000
EQUIPO PARA ENSAYO DE ASENTAMIENTO	1,00	25,00	25,0000	12,0000	300,0000
EQUIPO PARA MUESTREO DE HORMIGÓN	1,00	30,00	30,0000	16,0000	480,0000
EQUIPO TOPOGRÁFICO BÁSICO	1,00	40,00	40,0000	72,0000	2.880,0000

**SUBTOTAL M 4.221,0000**

<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/ HR	COSTO HORA	HORAS ESTIMADAS	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C= A*B</b>	<b>R</b>	<b>D = C*R</b>
INGENIERO RESIDENTE/FISCALIZADOR	1,00	8	8,0000	24,0000	192,0000
TÉCNICO DE LABORATORIO	1,00	6,5	6,5000	24,0000	156,0000
AYUDANTE DE LABORATORIO	1,00	4,5	4,5000	16,0000	72,0000

**SUBTOTAL N 420,0000**

<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A*B</b>	
MOLDES CILÍNDRICOS DE HORMIGÓN	U	12,0000	5,00	60,0000	
BOLSAS PARA MUESTREO DE SUELOS	U	20,0000	1,20	24,0000	
REACTIVOS DE LABORATORIO	GLB	1,00	80,00	80,0000	
FORMATOS, REGISTRO Y PAPELERÍA	GLB	1,00	40,00	40,0000	

**SUBTOTAL O 204,0000**

<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A*B</b>	
TRANSPORTE DE MUESTRAS A LABORATORIO	GLB	1,00	150,00	150,0000	
MOVILIZACIÓN TÉCNICA A OBRA	GLB	1,00	120,00	120,0000	

**SUBTOTAL P 270,0000**

ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA.	<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>5.115,0000</b>
	<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b>	<b>767,2500</b>
	<b>OTROS INDIRECTOS %</b>	
	<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>5.882,2500</b>
	<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>\$ 5.882,25</b>

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Obra: **DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA BASE NAVAL NORTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**

RUBRO: 18 **PROTECCIÓN AMBIENTAL Y MANEJO DE RESIDUOS**

DETALLE: UNIDAD: GLB

**EQUIPOS**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	HORAS ESTIMADAS	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A*B</b>	<b>R</b>	<b>D = C*R</b>
HERRAMIENTA MENOR 5% MO					39,2000
CAMIÓN LIVIANO	1,00	12,00	12,0000	16,0000	192,0000
HIDROLAVADORA /MOTOBOMBA	1,00	6,00	6,0000	10,0000	60,0000

**SUBTOTAL M 291,2000**

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/ HR	COSTO HORA	HORAS ESTIMADAS	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C= A*B</b>	<b>R</b>	<b>D = C*R</b>
INGENIERO AMBIENTAL /RESIDENTE	1,00	8	8,0000	24,0000	192,0000
TÉCNICO AMBIENTAL/SEGURIDAD	1,00	6,5	6,5000	32,0000	208,0000
OBREIRO AYUDANTE	2,00	4	8,0000	48,0000	384,0000

**SUBTOTAL N 784,0000**

**MATERIALES**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A*B</b>
SACOS PARA RESIDUOS	U	100,0000	0,40	40,0000
LONAS PLÁSTICAS DE PROTECCIÓN	M2	100,000	0,80	80,0000
BARRERAS ABSORBENTES /ASERRÍN	KG	50,00	0,60	30,0000
CONTENEDORES PLÁSTICOS	U	2,00	25,00	50,0000
SEÑALIZACIÓN AMBIENTAL	U	6,00	10,00	60,0000
MALLA RASCHEL/GEOTEXTIL PARA CONTROLAR POLVO	M2	120,00	1,20	144,0000
PANTALLAS TEMPORALES DE ATENUACIÓN ACÚSTICA	M2	40,00	8,00	320,0000
ASPERSORES MANUALES DE RIEGO AGUA	U	4,00	12,00	48,0000
TANQUES PLASTICOS PARA RIEGO ANTIPOLVO (200-500 L)	U	1,00	85,00	85,0000

**SUBTOTAL O 857,0000**

**TRANSPORTE**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A*B</b>
TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS	GLB	4,00	45,00	180,0000

**SUBTOTAL P 180,0000**

ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA.	<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>2.112,2000</b>
	<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b>	<b>15,00%</b>
	<b>OTROS INDIRECTOS %</b>	
	<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>2.429,0300</b>
	<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>\$ 2.429,03</b>

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Obra: **DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA BASE NAVAL NORTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**

RUBRO: 19 **CONTROL Y MANEJO DE AGUAS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN**

DETALLE: UNIDAD: GLB

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	HORAS ESTIMADA /MES	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A*B</b>	<b>R</b>	<b>D = C*R</b>
HERRAMIENTA MENOR 5% MO					64,0800
MOTOBOMBA 3" A 4"	1,00	8,50	8,5000	120,0000	1.020,0000
MOTOBOMBA AUXILIAR 2"	1,00	6,00	6,0000	80,0000	480,0000
GENERADOR ELÉCTRICO PORTÁTIL	1,00	7,50	7,5000	60,0000	450,0000
MANGUERAS DE DESCARGA (INCLUYEN ACCESORIOS)	1,00	1,20	1,2000	100,0000	120,0000
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>2.134,0800</b>

<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/ DIA	COSTO HORA	DIAS /MES	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C= A*B</b>	<b>R</b>	<b>D = C*R</b>
MAESTRO DE OBRA	0,25	45	11,2500	22,0000	247,5000
OFICIAL	0,50	38	19,0000	22,0000	418,0000
PEON	1,00	28	28,0000	22,0000	616,0000
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>1.281,5000</b>

<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A*B</b>	
TUBERÍA PVC TEMPORAL D=2"-3"	M	30,0000	4,50	135,0000	
SACOS DE ARENA PARA ENCAUZAMIENTO	U	50,0000	1,20	60,0000	
PLÁSTICO/GEOMEMBRANA TEMPORAL	M2	40,00	2,80	112,0000	
ABRAZADERAS, VÁLVULAS Y CONEXIONES	GLB	1,00	85,00	85,0000	
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>392,0000</b>	

<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A*B</b>	
MOVILIZACIÓN DE EQUIPOS MENORES	GLB	2,00	65,00	130,0000	
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>130,0000</b>	

ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA.	<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>3.937,5800</b>
	<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b>	<b>15,00%</b>
	<b>OTROS INDIRECTOS %</b>	
	<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>4.528,2170</b>
	<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>\$ 4.528,22</b>

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Obra: **DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA BASE NAVAL NORTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**

RUBRO: 20 **SEÑALIZACIÓN VIAL Y CONTROL DE TRÁNSITO**

DETALLE: UNIDAD: **MES**

**EQUIPOS**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C = A*B	HORAS/MES R	COSTO D = C*R
HERRAMIENTA MENOR 5% MO					94,6000
SEÑALES VERTICALES TEMPORALES	10,00	0,50	5,0000	160,0000	800,0000
CONOS DE SEGURIDAD	30,00	0,15	4,5000	160,0000	720,0000
BARRERAS PLÁSTICAS TIPO NEW JERSEY	6,00	0,90	5,4000	160,0000	864,0000
LÁMPARAS INTERMITENTES LED	6,00	0,40	2,4000	160,0000	384,0000

**SUBTOTAL M 2.862,6000**

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	JORNAL/ HR B	COSTO HORA C= A*B	DIAS/MES R	COSTO D = C*R
SUPERVISOR DE SEGURIDAD VIAL	0,25	48	12,0000	22,0000	264,0000
AYUDANTE	2,00	30	60,0000	22,0000	1.320,0000
PEÓN	0,50	28	14,0000	22,0000	308,0000

**SUBTOTAL N 1.892,0000**

**MATERIALES**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C = A*B
CINTA REFLECTIVA DE SEGURIDAD	ROLLO	4,000	18,00	72,0000
CHALECOS REFLECTIVOS	U	5,000	15,00	75,0000
CASCOS DE SEGURIDAD	U	5,000	22,00	110,0000
GUANTES ESPECIALES DE CONSTRUCCIÓN	GLB	1,000	85,00	85,0000

**SUBTOTAL O 342,0000**

**TRANSPORTE**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C = A*B
MOILIZACIÓN DE SEÑALIZACIÓN Y BARRERAS	GLB	2,00	70,00	140,0000

**SUBTOTAL P 140,0000**

ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA.	<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>5.236,6000</b>
	<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b>	<b>15,00%</b>
	<b>OTROS INDIRECTOS %</b>	
	<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>6.022,0900</b>
	<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>\$ 6.022,09</b>

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Obra: **DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA BASE NAVAL NORTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**  
 RUBRO: 21 **IMPLANTACIÓN DE COBERTURA VEGETAL EN SUPERFICIES DE INFILTRACIÓN**  
 DETALLE: \_\_\_\_\_ UNIDAD: **M2**

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	HORAS ESTIMADA /MES	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A*B</b>	<b>R</b>	<b>D = C*R</b>
HERRAMIENTA MENOR 5% MO	1,00	1,50	1,5000	0,0400	0,0300
HERRAMIENTAS DE JARDINERÍA					0,0600
PULVERIZADOR MANUAL (RIEGO Y FERTILIZACIÓN)	0,05	2,80	0,1400	0,0100	0,0014
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0,0914</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/ DIA	COSTO HORA	DIAS /MES	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C= A*B</b>	<b>R</b>	<b>D = C*R</b>
MAESTRO JARDINERO	0,15	40	6,0000	0,0400	0,2400
PEÓN DE JARDINERO	0,30	28	8,4000	0,0400	0,3400
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>0,5800</b>
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A*B</b>	
TIERRA VEGETAL MEJORADA	M3	0,1000	18,00	1,8000	
PLANTAS NATIVAS	U	2,000	1,50	3,0000	
GRAVA DECORATIVA	M3	0,02	25,00	0,5000	
ABONO ORGÁNICO	KG	1,50	0,35	0,5250	
<b>SUBTOTAL O</b>					<b>5,8250</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A*B</b>	
TRANSPORTE DE PLANTAS Y TIERRA	M2	1,00	0,45	0,4500	
<b>SUBTOTAL P</b>					<b>0,4500</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>					<b>6,9464</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b>				15,00%	<b>1,0420</b>
<b>OTROS INDIRECTOS</b>				%	
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					<b>7,9884</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>\$ 7,99</b>

ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Obra: **DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA BASE NAVAL NORTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**

RUBRO: 22 LIMPIEZA FINAL Y CIERRE DE OBRA

DETALLE: UNIDAD: GLB

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	HORAS ESTIMADAS	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A*B</b>	<b>R</b>	<b>D = C*R</b>
HERRAMIENTA MENOR 5% MO	1,00	6,00	6,0000	12,0000	13,4500
HIDROLAVADORA INDUSTRIAL	1,00	4,50	4,5000	8,0000	72,0000
MOTOGUADAÑA					36,0000
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>121,4500</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/ DIA	COSTO HORA	DIAS	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C= A*B</b>	<b>R</b>	<b>D = C*R</b>
MAESTRO DE OBRA	0,25	45	11,2500	4,0000	45,0000
PEÓN	2,00	28	56,0000	4,0000	224,0000
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>269,0000</b>
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A*B</b>	
BOLSAS INDUSTRIALES PARA RESIDUOS	U	50,0000	0,50	25,0000	
DETERGENTES Y DESINFECTANTES	GLB	1,000	35,00	35,0000	
<b>SUBTOTAL O</b>					<b>60,0000</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A*B</b>	
TRANSPORTE PARA RETIRO FINAL DE ESCOMBROS DE LIMPIEZA	GLB	2,00	80,00	160,0000	
<b>SUBTOTAL P</b>					<b>160,0000</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>					<b>610,4500</b>
<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES 15,00%</b>					<b>91,5675</b>
<b>OTROS INDIRECTOS %</b>					
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					<b>702,0175</b>
<b>VALOR OFERTADO</b>					<b>\$ 702,02</b>

ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Obra: **DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA BASE NAVAL NORTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**  
 RUBRO: 23 **PRUEBAS HIDRÁULICAS Y PUESTA EN SERVICIO DEL SISTEMA PLUVIAL.**  
 DETALLE: \_\_\_\_\_ UNIDAD: **GLB**

<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	HORAS ESTIMADA /MES	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A*B</b>	<b>R</b>	<b>D = C*R</b>
HERRAMIENTA MENOR 5% MO					15,8300
BOMBA DE PRUEBA HIDRÁULICA	1,00	6,50	6,5000	12,0000	78,0000
GENERADOR ELÉCTRICO PORTÁTIL	1,00	7,00	7,0000	10,0000	70,0000
MEDIDOR DE CAUDAL PORTÁTIL	1,00	9,00	9,0000	6,0000	54,0000
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>217,8300</b>

<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/ DIA	COSTO HORA	DIAS	COSTO
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C= A*B</b>	<b>R</b>	<b>D = C*R</b>
INGENIRO RESIDENTE	0,50	65	32,5000	3,0000	97,5000
MAESTRO DE OBRA	1,00	45	45,0000	3,0000	135,0000
PEÓN	1,00	28	28,0000	3,0000	84,0000
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>316,5000</b>

<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A*B</b>	
TAPONES TEMPORALES PARA TUBERÍAS	U	6,0000	12,00	72,0000	
MANGUERAS Y ACCESORIOS	GLB	1,000	60,00	60,0000	
TRAZADORES / COLORANTES	GLB	1,00	35,00	35,0000	
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>167,0000</b>	

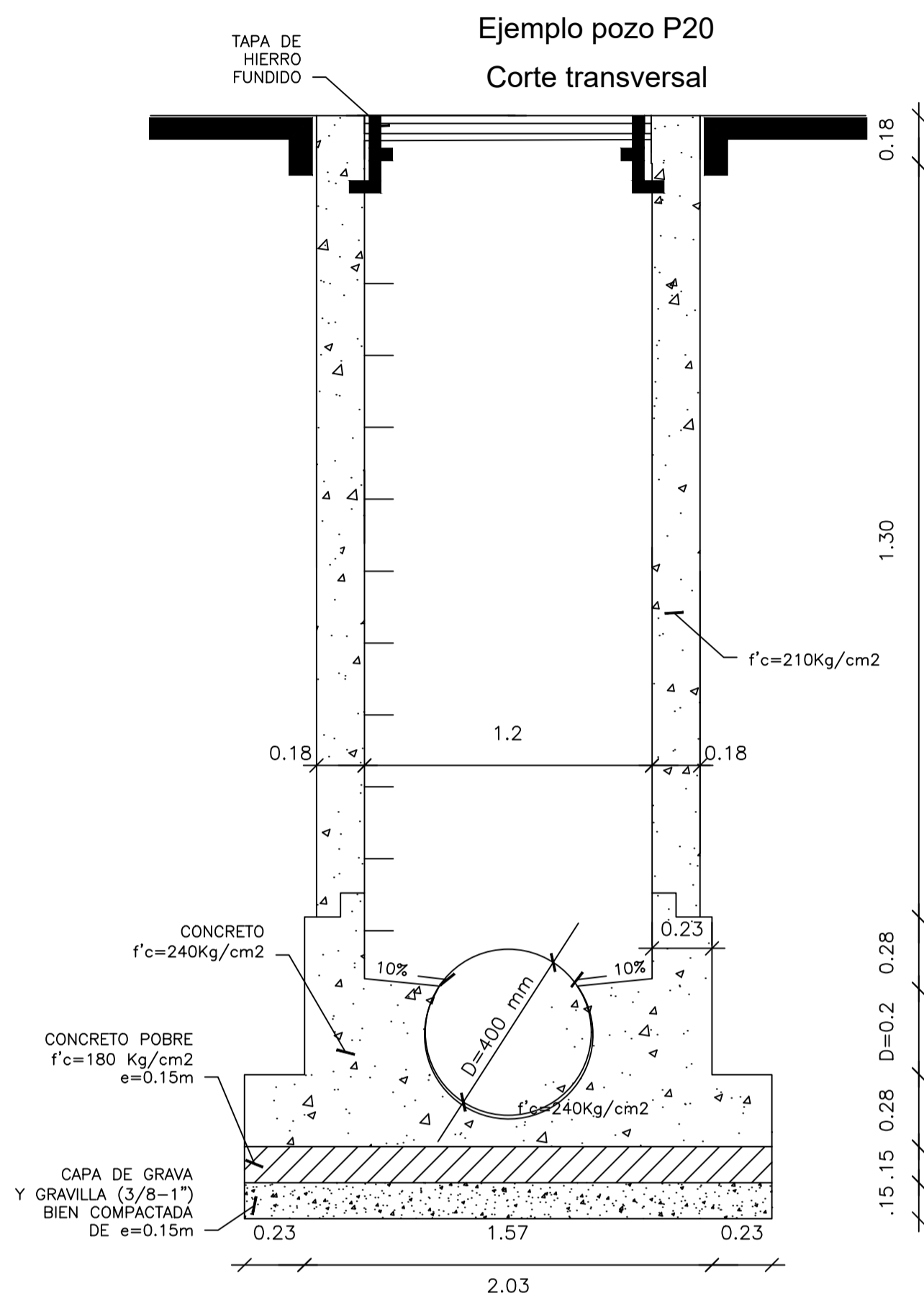
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C = A*B</b>	
MOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y PERSONAL	GLB	1,00	120,00	120,0000	
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>120,0000</b>	

ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA.	<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	<b>821,3300</b>
	<b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b>	<b>15,00%</b>
	<b>OTROS INDIRECTOS %</b>	
	<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>944,5295</b>
	<b>VALOR OFERTADO</b>	<b>\$ 944,53</b>



**VISTA EN PLANTA**  
ESC 1:50

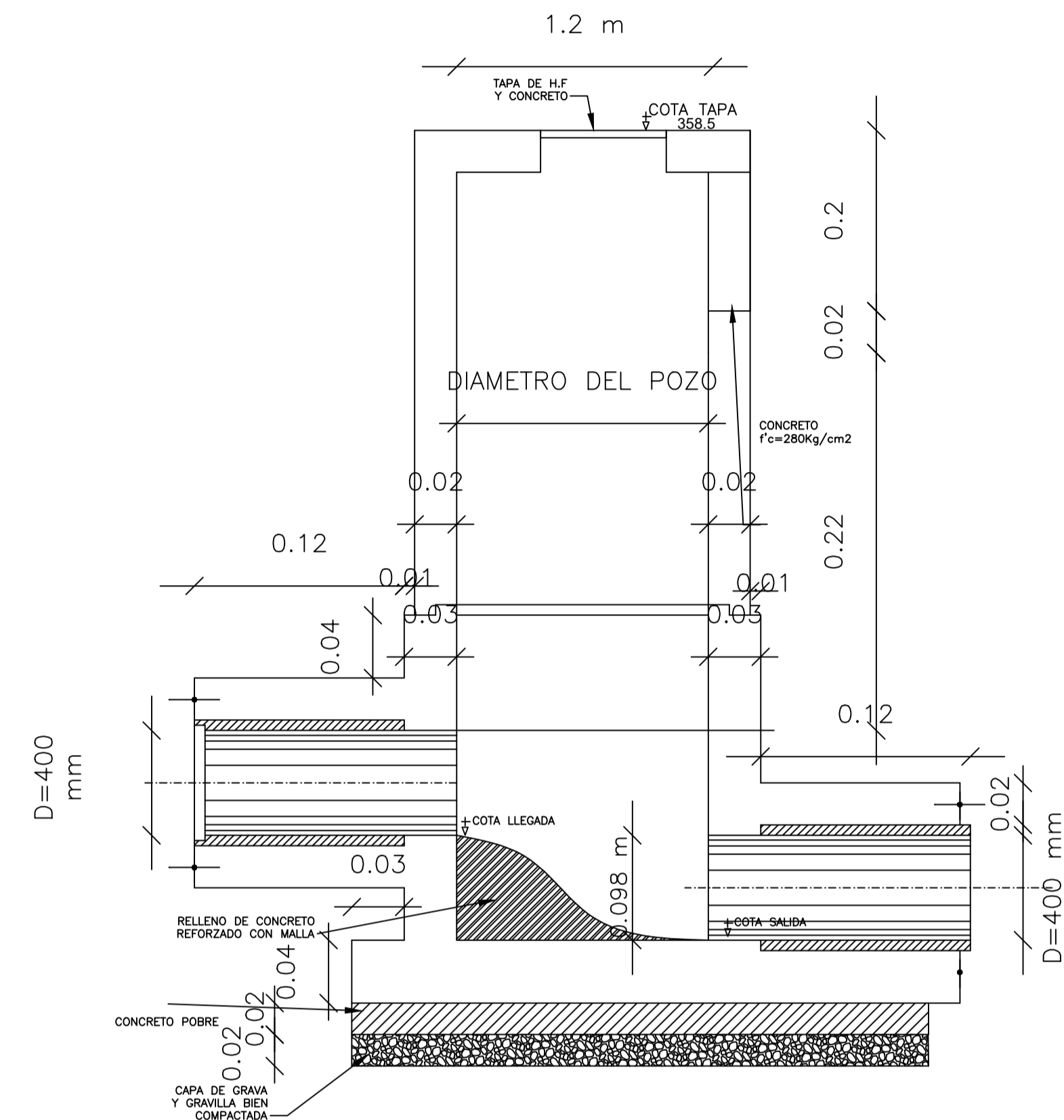
<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL</b>		
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA		
PROYECTO: <b>DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA BASE NAVAL NORTE DE GUAYAQUIL</b>		
CONTENIDO: <b>VISTA EN PLANTA DE PROPUESTA AA.LL.</b>		
Profesor de Materia Integradora: MSc. Josue Briones	Estudiante: Sebastián Filippov Calderón	Fecha de Entrega: 20/01/2026
Tutor de Materia Integradora: MSc. Cristian Salas Vázquez		Lámina: AL 1/2
		Escala: 1:50



**CORTE TRANSVERSAL POZO 20**

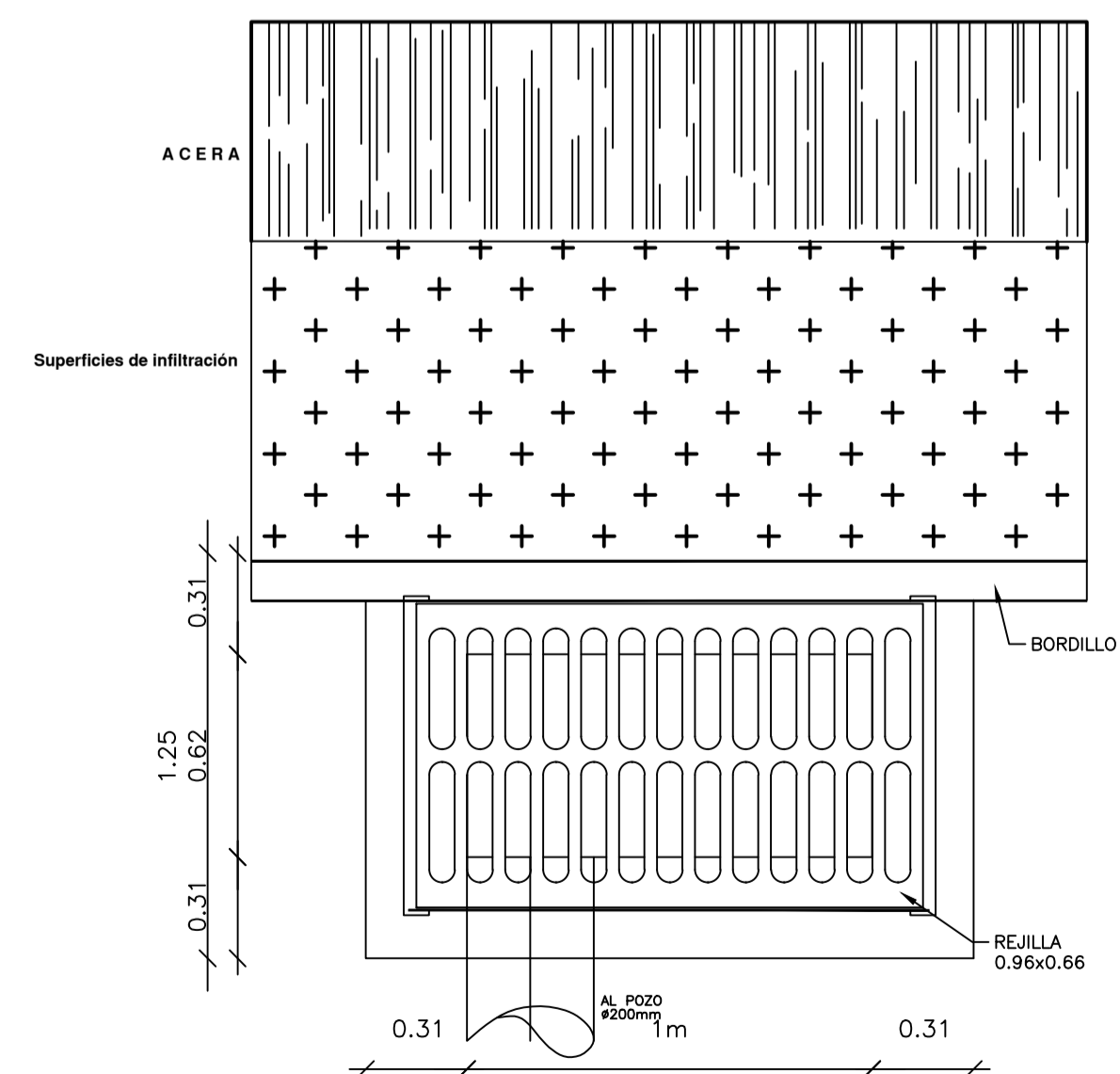
ESC 1:50

**Ejemplo pozo P20  
Empate línea de energía**



**CORTE LONGITUDINAL POZO 20**

ESC 1:50



**VISTA EN PLANTA DE SUMIDERO JUNTO A LA  
SUPERFICIE DE INFILTRACIÓN**

ESC 1:50

<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL</b> FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA		
PROYECTO: <b>DISEÑO DE SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA BASE NAVAL NORTE DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL</b>		
CONTENIDO: <b>VISTAS TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES</b>		
Profesor de Materia Integradora: MSc. Josue Briones	Estudiante: Sebastián Filippov Calderón	Fecha de Entrega: 20/01/2026
Docente de Dibujo: MSc. Cristian Salas Vázquez		Lámina: AL 2/2
		Escala: 1:50