



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CUENCA

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERIA, INDUSTRIA  
Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE ARQUITECTURA**

**DESARROLLO DE UNA GUÍA DE SOLUCIONES  
INTEGRADAS PARA LA PREVENCIÓN DE PATOLOGÍAS  
DE HUMEDAD EN CIMIENTOS Y MUROS: EL PAPEL  
CRUCIAL DEL DREN PERIMETRAL Y GEOTEXTIL EN LA  
CIUDAD DE CUENCA**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE ARQUITECTO**

**AUTORES: PAMELA STEPHANY CABRERA GONZÁLEZ**

**KEVIN PATRICIO ILLISACA GALLEGO**

**DIRECTOR: Arq. JUAN FELIPE QUESADA MOLINA**

**CUENCA - ECUADOR**

**2024**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA  
Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE ARQUITECTURA**

DESARROLLO DE UNA GUÍA DE SOLUCIONES INTEGRADAS  
PARA LA PREVENCIÓN DE PATOLOGÍAS DE HUMEDAD EN  
CIMENTOS Y MUROS: EL PAPEL CRUCIAL DEL DREN  
PERIMETRAL Y GEOTEXTIL EN LA CIUDAD DE CUENCA

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE ARQUITECTO**

**AUTORES: PAMELA STEPHANY CABRERA GONZÁLEZ  
KEVIN PATRICIO ILLISACA GALLEGO**

**DIRECTOR: Arq. JUAN FELIPE QUESADA MOLINA**

**CUENCA - ECUADOR**

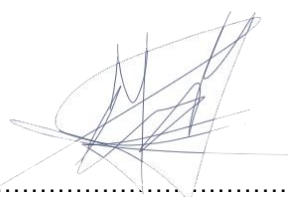
**2024**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**

## DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

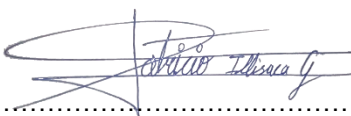
Pamela Stephany Cabrera González y Kevin Patricio Illisaca Gallego portadores de las cédulas de ciudadanía N° 0150558773 y 0106824980. Declaramos ser autores de la obra: “Desarrollo de una guía de soluciones integradas para la prevención de patologías de humedad en cimientos y muros: El papel crucial del dren perimetral y geotextil en la ciudad de Cuenca”, sobre la cual nos hacemos responsables sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaramos que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximimos a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaramos finalmente que nuestra obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también nos responsabilizamos y eximimos a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, **18 de septiembre de 2024**

F: 

Pamela Stephany Cabrera González

0150558773

F: 

Kevin Patricio Illisaca Gallego

0106824980

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo de investigación previo a la obtención del Grado de Arquitecto con el título: "DESARROLLO DE UNA GUÍA DE SOLUCIONES INTEGRADAS PARA LA PREVENCIÓN DE PATOLOGÍAS DE HUMEDAD EN CIMIENTOS Y MUROS: EL PAPEL CRUCIAL DEL DREN PERIMETRAL Y GEOTEXTIL EN LA CIUDAD DE CUENCA" ha sido elaborado por la Srta. Pamela Stephany Cabrera González y el Sr. Kevin Patricio Illisaca Gallego, mismo que ha sido realizado con el asesoramiento permanente de mi persona en calidad de Tutor, por lo que certifico que se encuentra apto para su presentación y defensa respectiva. Es todo cuanto puedo informar en honor a la verdad



---

**Arq. Juan Felipe Quesada Molina**

**DIRECTOR**

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo de todo corazón a mi madre, Jonny González, ya que, sin su ayuda económica y apoyo moral, posiblemente no habría sido posible culminar mi carrera. Cuando creía que no podía, ella siempre me hizo notar que puedo hacer todo y más. Espero en un futuro devolverle todo el apoyo económico y estar presente para ella, al igual que ella lo hizo conmigo.

Dedico también esta tesis a mis hermanos Jairo, Orlando y Verónica, quienes siempre estuvieron pendientes de los gastos durante la carrera y supieron cómo apoyarme en los apuros que tuve, desde viajes para conferencias hasta la impresión de trabajos. Gracias por brindarme apoyo económico y emocional a lo largo de esta bella profesión. Por otra parte, dedico y agradezco el apoyo de todos los docentes que supieron guiarme durante toda la carrera aún cuando ya no era su estudiante. Gracias por saber ser amigos y estar presente para cualquier consulta, por más sencilla o difícil que sea esta.

Att. Pamela Cabrera

Dedico el presente trabajo de todo corazón a mis padres, Iván Illisaca y Marcia Gallego. Sin su apoyo económico y moral, la culminación de mi carrera no habría sido posible. En los momentos de desmotivación, siempre me brindaron palabras de aliento que me dieron la confianza necesaria para enfrentar las adversidades. Espero poder devolverles en el futuro todo el apoyo que me han dado y estar presente para ellos, tal como ellos lo han estado para mí.

También dedico esta tesis a mis hermanas Samantha, Eimy y Jordana, quienes han sido una fuente constante de inspiración y el motivo por el cual decidí estudiar arquitectura. Espero seguir siendo un ejemplo para ellas y poder contribuir a sus sueños y aspiraciones, de la misma manera en que ellas han influido en los míos.

Al mismo tiempo, dedico este trabajo a toda mi familia por su apoyo incondicional. Sus palabras de aliento y el cariño que siempre me han brindado me han permitido crecer tanto personal como profesionalmente. Agradezco profundamente a cada uno de ustedes por creer en mí, incluso en los momentos más difíciles, y por ser una fuente constante de amor y motivación. Este logro es también de ustedes, por todo lo que han hecho para que pudiera llegar hasta aquí.

Por otra parte, dedico y agradezco el apoyo de todos los docentes que supieron guiarme durante toda la carrera, incluso cuando ya no era su estudiante. Gracias por saber ser amigos y estar presente para cualquier consulta, por más sencilla o difícil que sea esta.

Att. Patricio Illisaca Gallego.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresamos nuestro más sincero agradecimiento a la Universidad Católica de Cuenca y a sus autoridades por la confianza depositada en nosotros, además de permitirnos realizar y culminar nuestra formación académica en sus establecimientos, logrando de esta manera la conclusión de nuestro trabajo de titulación.

Un agradecimiento especial a nuestro tutor el Arq. Juan Felipe Quezada Molina, por la paciencia, motivación, consejos y los conocimientos compartidos durante este proceso de Investigación.

Al Arq. Jefferson Eloy Torres Quezada, en calidad de Coordinador del Laboratorio CONSISO LAB, CIITT, por el préstamo de equipo especializado, Cámara termográfica y medidor de humedad ambiental, que fueron de gran ayuda para la toma de datos en la investigación.

A Sr. Jairo José Cabrera Gonzales, Sra. Tania Piedad Pilar Reyes Romero, Sr. Fernando Marcelo Avilés Salazar, Sra. María Olimpia Fajardo Sangurima, Sr. Ángel Patricio Quizhpi Villa. quienes con generosidad, amabilidad y hospitalidad nos permitieron realizar las mediciones en sus hogares, facilitándonos el proceso de recolección de información.

Su colaboración desinteresada ha sido fundamental para el desarrollo de este estudio, y su contribución no pasará desapercibida en los resultados finales, agradezco sinceramente su tiempo, su disposición y su valiosa cooperación en este proceso de investigación.

A nuestras familias, por su apoyo incondicional durante todo el proceso de titulación, sin su amor, comprensión y aliento constantes, este logro no habría sido posible.

A nuestros amigos por su ánimo, su motivación y por estar presentes en cada etapa de este camino. Su energía positiva fue un impulso invaluable para seguir adelante.

Este logro no solo nos pertenece a nosotros, sino que es el resultado del amor y respaldo de cada uno de ustedes, gracias por ser nuestra fuente de inspiración y apoyo.

## RESUMEN

El presente documento aborda las patologías relacionadas con la presencia de humedad en muros y cimientos de viviendas en Cuenca, Ecuador, debido al nivel freático provocado por los cuatro ríos que atraviesan la ciudad. Esta situación causa filtraciones de agua que comprometen la integridad de las edificaciones, generando desafíos significativos para su estabilidad y durabilidad. Además, los antecedentes revelan prácticas constructivas deficientes para manejar la humedad en esta región, lo que agrava los problemas estructurales y acelera el deterioro de las construcciones. La investigación se justifica ante la necesidad de implementar soluciones efectivas, tales como sistemas de drenaje y el uso de geotextiles, esenciales para mitigar las patologías derivadas del nivel freático. Estas soluciones buscan preservar el patrimonio arquitectónico de Cuenca y ofrecer estrategias replicables para otras regiones con problemas similares. La recolección de información se llevó a cabo mediante un muestreo por conveniencia en cinco viviendas accesibles, que presentan problemas de humedad, localizadas cerca de cuerpos de agua naturales o en áreas con topografía elevada. Finalmente, la investigación culmina con la elaboración de una guía práctica sobre la aplicación de los sistemas de drenaje para solucionar las problemáticas observadas durante las visitas técnicas, teniendo como enfoque los tipos de cimientos más comunes en Cuenca, como zapatas aisladas y muros corridos de piedra brindando recomendaciones que pueden ser implementadas de manera efectiva para reducir y evitar los daños causados por la humedad.

**Palabras clave:** drenaje, geotextil, impermeabilización, cimientos, muros

## ABSTRACT

This document studies the pathologies related to humidity in the walls and foundations of houses in Cuenca, Ecuador, due to the water table caused by the four rivers that cross the city. This situation causes water leaks that are dangerous to building structures generating significant challenges for their stability and durability. Additionally, antecedents reveal poor construction practices for managing humidity in this region, exacerbating structural problems and accelerating building deterioration. The research is justified by implementing practical solutions, such as drainage systems and geotextiles, to mitigate pathologies derived from the water table. These solutions seek to preserve the architectural heritage of Cuenca and offer replicable strategies for other regions with similar problems. Data was collected through convenience sampling in five accessible houses with humidity problems located near natural bodies of water or in areas with high topography. Finally, the research culminates with developing a practical guide on applying drainage systems to solve the problems observed during the technical visits, focusing on Cuenca's most common types of foundations, such as isolated footings and continuous stone walls, and providing recommendations that can be effectively implemented to reduce and prevent damage caused by moisture.

**Keywords:** drainage, geotextile, waterproofing, foundations, walls.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD	I
CERTIFICACIÓN	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
RESUMEN	V
ABSTRACT	VI
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VII
LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE TABLAS	XIII
LISTA DE ANEXOS	XIV
INTRODUCCIÓN	- 1 -
ANTECEDENTES	- 2 -
EL PROBLEMA	- 4 -
JUSTIFICACIÓN	- 6 -
OBJETIVOS	- 7 -
METODOLOGÍA	- 8 -
CAPÍTULO I	- 11 -
1.1 MARCO HISTÓRICO.	- 13 -
1.2 NIVEL FREÁTICO.	- 19 -
1.2.1 Fuentes de nivel freático.	- 19 -
1.3 HUMEDAD.	- 20 -
1.3.1 Humedad del suelo.	- 20 -
1.3.2 Estudio de la humedad del suelo.	- 20 -
1.3.3 Humedad en construcción.	- 21 -
1.3.4 Tipos de humedad.	- 22 -
1.4 CIMENTACIONES.	- 23 -
1.4.1 Tipos de cimientos.	- 23 -
1.5 DRENES.	- 25 -
1.5.1 Clasificación por uso.	- 26 -
1.5.2 Tipos de drenaje por su sistema constructivo.	- 27 -
2.6 GEOTEXILES.	- 28 -
2.6.1 Tipos de geotextiles según la forma de fabricación.	- 28 -
2.6.2 Propiedades de los geotextiles.	- 30 -
2.7 TUBERÍA.	- 31 -
2.7.1 Tipos de tuberías.	- 31 -

2.8	IMPERMEABILIZACIÓN.	- 32 -
2.8.1	<i>Impermeabilización de cimientos.</i>	- 32 -
2.8.2	<i>Impermeabilización con drenes.</i>	- 33 -
2.8.3	<i>Impermeabilización con geotextiles.</i>	- 33 -
2.9	ANÁLISIS DE NORMATIVA DE CONSTRUCCIÓN.	- 34 -
2.9.1	<i>Normas de América del Norte.</i>	- 34 -
2.9.2	<i>Peritaje estructural.</i>	- 35 -
2.10	NEC-SE-VIVIENDA: VIVIENDAS DE HASTA 2 PISOS CON LUCES DE HASTA 5M PARTE 2.	- 35 -
2.10.1	<i>Limpieza de terreno.</i>	- 35 -
2.10.2	<i>Condiciones no drenadas y esfuerzos totales.</i>	- 35 -
2.10.3	<i>Asentamiento por consolidación.</i>	- 35 -
2.11	PROCESO DE INSTALACIÓN DE DRENES.	- 35 -
2.11.1	<i>Sistema de drenaje.</i>	- 35 -
2.11.2	<i>Forma de drenes.</i>	- 37 -
2.11.3	<i>Fase 1: Obras preliminares en la construcción de sistemas de drenaje.</i>	- 38 -
2.11.4	<i>Fase 2: Construcción del sistema de drenaje.</i>	- 39 -
2.11.5	<i>Recomendaciones.</i>	- 50 -
<b>CAPÍTULO II</b>		<b>- 51 -</b>
2.1	ESCENARIOS DE ESTUDIO.	- 53 -
2.1.1	<i>Delimitación del área de estudio.</i>	- 53 -
2.1.2	<i>Selección de casos de estudio.</i>	- 53 -
2.1.3	<i>Selección de la muestra de vivienda.</i>	- 56 -
2.2	ANÁLISIS DE VIVIENDAS.	- 66 -
2.2.1	<i>Metodología de análisis.</i>	- 66 -
2.2.2	<i>Vivienda Urbana Tipo M-001.</i>	- 68 -
2.2.3	<i>Vivienda Urbana Tipo S-001.</i>	- 72 -
2.2.4	<i>Vivienda Urbana Tipo Y-001.</i>	- 75 -
2.2.5	<i>Vivienda Rural Tipo LI-001.</i>	- 78 -
2.2.6	<i>Vivienda Tipo Sa-001.</i>	- 81 -
2.3	ANÁLISIS DE PATOLOGÍAS EN LOS CASOS DE ESTUDIO.	- 84 -
2.3.1	<i>Ficha de identificación de patologías estado actual.</i>	- 84 -
2.3.2	<i>Ficha medición de humedad con equipos: humidímetro y cámara termográfica.</i>	- 89 -
2.3.3	<i>Resumen de identificación de las patologías.</i>	- 98 -
<b>CAPÍTULO III</b>		<b>- 99 -</b>
3.1	TABLA RESUMEN DE PATOLOGÍAS.	- 101 -
3.2	ESTRATEGIAS.	- 103 -
3.2.1	<i>Dren perimetral.</i>	- 103 -
3.2.2	<i>Dren paralelo.</i>	- 107 -
3.2.3	<i>Dren espina de pescado.</i>	- 111 -
3.2.4	<i>Dren con geotextil.</i>	- 115 -
3.2.5	<i>Muro pantalla.</i>	- 120 -
3.2.6	<i>Muro de contención.</i>	- 124 -
3.2.7	<i>Muro perforado.</i>	- 128 -
3.2.8	<i>Zanja o canal.</i>	- 132 -
3.3	ESTRATEGIAS COMPLEMENTARIAS.	- 136 -
3.3.1	<i>Drenaje simple.</i>	- 136 -
3.3.2	<i>Dren con tubería lisa.</i>	- 138 -
3.3.3	<i>Dren con tubería corrugada.</i>	- 140 -
3.3.4	<i>Impermeabilización con huevera - Lamina Drenante.</i>	- 142 -
3.3.5	<i>Impermeabilización con láminas de plástico.</i>	- 144 -
3.3.6	<i>Impermeabilización con brea.</i>	- 146 -

3.3.7 Impermeabilización con pintura asfáltica.	- 148 -
3.3.8 Mortero impermeabilizante.	- 150 -
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>- 152 -</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>- 155 -</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>- 158 -</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>- 162 -</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Mapa amenaza de inundaciones, Cuenca Ecuador. _____	- 2 -
<b>Figura 2:</b> Ascendencia de humedad por capilaridad de material. _____	- 4 -
<b>Figura 3:</b> Diagrama metodología. _____	- 10 -
<b>Figura 4:</b> Composición zigurats cultura mesopotámica. _____	- 13 -
<b>Figura 5:</b> Aljibes árabes. _____	- 14 -
<b>Figura 6:</b> Chultunes de la cultura Maya. _____	- 15 -
<b>Figura 7:</b> Canales de la cultura Azteca. _____	- 15 -
<b>Figura 8:</b> Composición funcional asentamiento de la cultura Inca. _____	- 16 -
<b>Figura 9:</b> Primera red de alcantarillado en París. _____	- 16 -
<b>Figura 10:</b> Drenaje de polímero perforado. _____	- 17 -
<b>Figura 11:</b> Tiras de geotextil. _____	- 17 -
<b>Figura 12:</b> Línea de tiempo surgimiento del dren y geotextil. _____	- 18 -
<b>Figura 13:</b> Zonificación de aguas en el suelo y subsuelo. _____	- 19 -
<b>Figura 14:</b> Esquema básico del método gravimétrico de medición de humedad del suelo. ____	- 21 -
<b>Figura 15:</b> Tipos de humedad. _____	- 22 -
<b>Figura 16:</b> Cimentación superficial. _____	- 24 -
<b>Figura 17:</b> Cimentación profunda. _____	- 24 -
<b>Figura 18:</b> Dren perimetral en cimentación. _____	- 25 -
<b>Figura 19:</b> Esquema dren francés – dren sintético. _____	- 28 -
<b>Figura 20:</b> Imagen geotextil tejido. _____	- 29 -
<b>Figura 21:</b> Geotextil de punto. _____	- 29 -
<b>Figura 22:</b> Geotextil no tejido. _____	- 30 -
<b>Figura 23:</b> Tipos de tuberías. _____	- 32 -
<b>Figura 24:</b> Sistemas de drenajes. _____	- 37 -
<b>Figura 25:</b> Forma canal de dren. _____	- 38 -
<b>Figura 26:</b> Acoplamiento de dren y conexiones. _____	- 39 -
<b>Figura 27:</b> Drenaje francés simple. _____	- 40 -
<b>Figura 28:</b> Drenaje con tubería. _____	- 41 -
<b>Figura 29:</b> Drenaje francés con geotextil. _____	- 42 -
<b>Figura 30:</b> Drenaje con tubería y geotextil. _____	- 42 -
<b>Figura 31:</b> Muro de contención. _____	- 44 -
<b>Figura 32:</b> Pantalla de drenaje. _____	- 45 -
<b>Figura 33:</b> Dren de muro corrido. _____	- 47 -
<b>Figura 34:</b> Dren en zapata aislada. _____	- 49 -
<b>Figura 35:</b> Ubicación de parroquias seleccionadas. _____	- 54 -
<b>Figura 36:</b> Curvas de nivel de parroquias urbanas de Cuenca. _____	- 55 -
<b>Figura 37:</b> Ubicación macro parroquia urbana Machángara. _____	- 56 -
<b>Figura 38:</b> Topografía parroquia urbana Machángara. _____	- 56 -
<b>Figura 39:</b> Ubicación vivienda Tipo M-001. _____	- 57 -
<b>Figura 40:</b> Ubicación macro parroquia urbana Sucre. _____	- 58 -
<b>Figura 41:</b> Topografía parroquia urbana Sucre. _____	- 58 -
<b>Figura 42:</b> Ubicación vivienda Tipo S-001. _____	- 59 -
<b>Figura 43:</b> Ubicación macro parroquia urbana Yanuncay. _____	- 60 -
<b>Figura 44:</b> Topografía parroquia urbana Yanuncay. _____	- 60 -
<b>Figura 45:</b> Ubicación de vivienda Tipo Y-001. _____	- 61 -

<b>Figura 46:</b> Ubicación macro parroquia rural Llacao. _____	- 62 -
<b>Figura 47:</b> Topografía parroquia rural Llacao. _____	- 62 -
<b>Figura 48:</b> Ubicación de vivienda Tipo LI-001. _____	- 63 -
<b>Figura 49:</b> Ubicación macro parroquia rural Sayausí. _____	- 64 -
<b>Figura 50:</b> Topografía parroquia rural Sayausí. _____	- 64 -
<b>Figura 51:</b> Ubicación de vivienda Tipo Sa-001. _____	- 65 -
<b>Figura 52:</b> Estudio red de alcantarillado vivienda Tipo M-001. _____	- 68 -
<b>Figura 53:</b> Estudio de implantación vivienda Tipo M-001. _____	- 68 -
<b>Figura 54:</b> Plano planta baja vivienda Tipo M-001. _____	- 69 -
<b>Figura 55:</b> Plano cimentación vivienda Tipo M-001. _____	- 70 -
<b>Figura 56:</b> Detalles constructivos vivienda Tipo M-001. _____	- 71 -
<b>Figura 57:</b> Estudio red de alcantarillado vivienda Tipo S-001. _____	- 72 -
<b>Figura 58:</b> Estudio de implantación vivienda Tipo S-001. _____	- 72 -
<b>Figura 59:</b> Plano planta baja vivienda Tipo S-001. _____	- 73 -
<b>Figura 60:</b> Plano cimentación vivienda Tipo S-001. _____	- 74 -
<b>Figura 61:</b> Estudio red de alcantarillado vivienda Tipo Y-001. _____	- 75 -
<b>Figura 62:</b> Estudio de implantación vivienda Tipo Y-001. _____	- 75 -
<b>Figura 63:</b> Plano planta baja vivienda Tipo Y-001. _____	- 76 -
<b>Figura 64:</b> Plano cimentación vivienda Tipo Y-001. _____	- 77 -
<b>Figura 65:</b> Estudio red de alcantarillado vivienda Tipo LI-001. _____	- 78 -
<b>Figura 66:</b> Estudio de implantación vivienda Tipo LI-001. _____	- 78 -
<b>Figura 67:</b> Plano planta baja vivienda Tipo LI-001. _____	- 79 -
<b>Figura 68:</b> Plano cimentación vivienda Tipo LI-001. _____	- 80 -
<b>Figura 69:</b> Estudio red de alcantarillado vivienda Tipo Sa-001. _____	- 81 -
<b>Figura 70:</b> Estudio de implantación vivienda Tipo Sa-001. _____	- 81 -
<b>Figura 71:</b> Plano planta baja vivienda Tipo Sa-001. _____	- 82 -
<b>Figura 72:</b> Plano cimentación vivienda Tipo Sa-001. _____	- 83 -
<b>Figura 73:</b> Planta: Drenaje perimetral. _____	- 105 -
<b>Figura 74:</b> Corte A-A: Drenaje perimetral. _____	- 105 -
<b>Figura 75:</b> Isométrico: Drenaje perimetral. _____	- 106 -
<b>Figura 76:</b> Planta: Drenaje paralelo. _____	- 109 -
<b>Figura 77:</b> Corte A-A: Drenaje paralelo. _____	- 109 -
<b>Figura 78:</b> Isométrico: Drenaje paralelo. _____	- 110 -
<b>Figura 79:</b> Planta: Drenaje espina de pescado. _____	- 113 -
<b>Figura 80:</b> Corte A-A: Drenaje espina de pescado. _____	- 113 -
<b>Figura 81:</b> Isométrico: Drenaje espina de pescado. _____	- 114 -
<b>Figura 82:</b> Planta: Drenaje con geotextil en cimentación. _____	- 117 -
<b>Figura 83:</b> Corte A-A: Drenaje con geotextil en zapata aislada. _____	- 117 -
<b>Figura 84:</b> Corte B-B: Drenaje con geotextil en muro corrido de piedra. _____	- 118 -
<b>Figura 85:</b> Isométrico: Drenaje con geotextil en zapata aislada. _____	- 118 -
<b>Figura 86:</b> Isométrico: Drenaje con geotextil en muro corrido de piedra. _____	- 119 -
<b>Figura 87:</b> Planta: Muro pantalla. _____	- 122 -
<b>Figura 88:</b> Corte A-A: Muro pantalla. _____	- 122 -
<b>Figura 89:</b> Isométrico: Muro pantalla. _____	- 123 -
<b>Figura 90:</b> Planta: Muro de contención. _____	- 126 -
<b>Figura 91:</b> Corte A-A: Muro de contención. _____	- 126 -
<b>Figura 92:</b> Isométrico: Muro de contención. _____	- 127 -
<b>Figura 93:</b> Planta: Muro perforado. _____	- 130 -
<b>Figura 94:</b> Corte A-A: Muro perforado. _____	- 130 -
<b>Figura 95:</b> Isométrico: Muro perforado. _____	- 131 -
<b>Figura 96:</b> Planta: Zanja o canal. _____	- 134 -
<b>Figura 97:</b> Corte A-A: Zanja o canal. _____	- 134 -
<b>Figura 98:</b> Isométrico: Zanja o canal. _____	- 135 -

<b>Figura 99:</b> Instalación dren francés.	_____	- 136 -
<b>Figura 100:</b> Corte: Dren francés simple, Dren francés con tubería, Dren francés con geotextil.	_____	- 137 -
<b>Figura 101:</b> Tubería lisa.	_____	- 138 -
<b>Figura 102:</b> Corte: Tubería lisa.	_____	- 139 -
<b>Figura 103:</b> Tubería corrugada.	_____	- 140 -
<b>Figura 104:</b> Corte: Tubería corrugada.	_____	- 141 -
<b>Figura 105:</b> Lámina drenante - huevera.	_____	- 142 -
<b>Figura 106:</b> Corte: Lámina drenante - huevera.	_____	- 143 -
<b>Figura 107:</b> Láminas de plástico.	_____	- 144 -
<b>Figura 108:</b> Corte: Impermeabilización con láminas plásticas.	_____	- 145 -
<b>Figura 109:</b> Impermeabilización con brea.	_____	- 146 -
<b>Figura 110:</b> Corte: Impermeabilización con brea.	_____	- 147 -
<b>Figura 111:</b> Impermeabilización con pintura asfáltica.	_____	- 148 -
<b>Figura 112:</b> Corte: Pintura asfáltica.	_____	- 149 -
<b>Figura 113:</b> Mortero impermeabilizante.	_____	- 150 -
<b>Figura 114:</b> Corte: Mortero impermeabilizante.	_____	- 151 -

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Normas de Estados Unidos de América y Canadá para tuberías de plástico corrugado. _ -	
	34 -
<b>Tabla 2:</b> Modelo ficha de identificación del estado actual de la vivienda. _____	- 67 -
<b>Tabla 3:</b> Modelo ficha de humedad con equipos. _____	- 67 -
<b>Tabla 4:</b> Ficha de identificación del estado actual – vivienda urbana Tipo M-001. _____	- 84 -
<b>Tabla 5:</b> Ficha de identificación del estado actual – vivienda urbana Tipo S-001. _____	- 85 -
<b>Tabla 6:</b> Ficha de identificación del estado actual – vivienda urbana Tipo Y-001. _____	- 86 -
<b>Tabla 7:</b> Ficha de identificación del estado actual – vivienda rural Tipo LI-001. _____	- 87 -
<b>Tabla 8:</b> Ficha de identificación del estado actual – vivienda rural Tipo Sa-001. _____	- 88 -
<b>Tabla 9:</b> Ponderación general medición con humidímetro. _____	- 89 -
<b>Tabla 10:</b> Ficha medición de humedad con equipos - vivienda urbana Tipo M-001. _____	- 89 -
<b>Tabla 11:</b> Ficha medición de humedad con equipos - vivienda urbana Tipo S-001. _____	- 91 -
<b>Tabla 12:</b> Ficha medición de humedad con equipos - vivienda urbana Tipo S-001. _____	- 93 -
<b>Tabla 13:</b> Ficha medición de humedad con equipos - vivienda rural Tipo LI-001. _____	- 95 -
<b>Tabla 14:</b> Ficha medición de humedad con equipos - vivienda rural Tipo Sa-001. _____	- 96 -
<b>Tabla 15:</b> Compendio de análisis casos de estudio. _____	- 98 -
<b>Tabla 16:</b> Resumen de patologías. _____	- 101 -
<b>Tabla 17:</b> Compendio de estrategias a aplicar. _____	- 102 -
<b>Tabla 18:</b> Precios Unitarios: Drenaje perimetral. _____	- 104 -
<b>Tabla 19:</b> Precios Unitarios: Drenaje paralelo. _____	- 108 -
<b>Tabla 20:</b> Precios Unitarios: Drenaje espina de pescado. _____	- 112 -
<b>Tabla 21:</b> Precios Unitarios: Drenaje con geotextil. _____	- 116 -
<b>Tabla 22:</b> Precios Unitarios: Muro pantalla. _____	- 121 -
<b>Tabla 23:</b> Precios Unitarios: Muro de contención. _____	- 125 -
<b>Tabla 24:</b> Precios Unitarios: Muro perforado. _____	- 129 -
<b>Tabla 25:</b> Precios Unitarios: Zanja o canal. _____	- 133 -
<b>Tabla 26:</b> Registro de afecciones existentes en las viviendas analizadas. _____	- 153 -
<b>Tabla 27:</b> Recomendaciones para abordar las patologías encontradas en el caso de estudio Vivienda Tipo M-001. _____	- 156 -
<b>Tabla 28:</b> Recomendaciones para abordar las patologías encontradas en el caso de estudio Vivienda Tipo S-001. _____	- 156 -
<b>Tabla 29:</b> Recomendaciones para abordar las patologías encontradas en el caso de estudio Vivienda Tipo Y-001. _____	- 156 -
<b>Tabla 30:</b> Recomendaciones para abordar las patologías encontradas en el caso de estudio Vivienda Tipo LI-001. _____	- 157 -
<b>Tabla 31:</b> Recomendaciones para abordar las patologías encontradas en el caso de estudio Vivienda Tipo Sa-001. _____	- 157 -

## LISTA DE ANEXOS

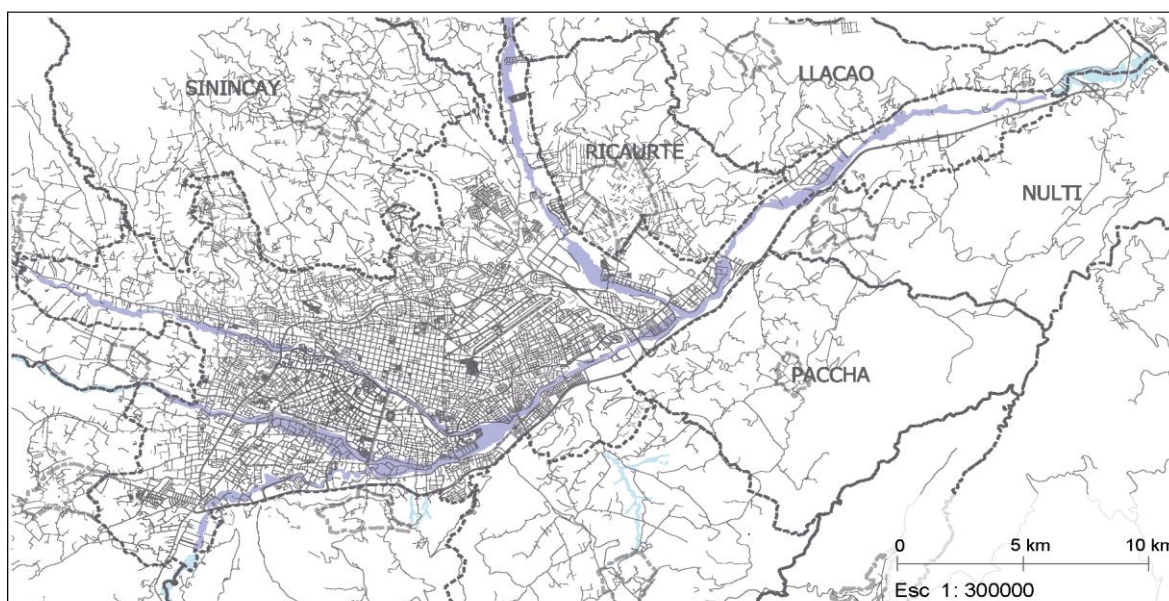
<b>Anexo 1:</b> Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Portada y contraportada. ____	- 162 -
<b>Anexo 2:</b> Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Índice e introducción. _____	- 163 -
<b>Anexo 3:</b> Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Hoja 2 y 3 – estrategias. ____	- 163 -
<b>Anexo 4:</b> Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Hoja 4 y 5 – estrategias. ____	- 164 -
<b>Anexo 5:</b> Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Hoja 6 y 7 – estrategias. ____	- 164 -
<b>Anexo 6:</b> Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Hoja 8 y 9 – estrategias. ____	- 165 -
<b>Anexo 7:</b> Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Hoja 10 y 11 – estrategias. __	- 165 -
<b>Anexo 8:</b> Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Hoja 12 y 13 – estrategias. __	- 166 -
<b>Anexo 9:</b> Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Hoja 14 y 15 – estrategias. __	- 166 -
<b>Anexo 10:</b> Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Hoja 16 y 17 – estrategias. _	- 167 -
<b>Anexo 11:</b> Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Hoja 18 y 19 – estrategias. _	- 167 -
<b>Anexo 12:</b> Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Hoja 20 y 21 – estrategias. _	- 168 -
<b>Anexo 13:</b> Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Hoja 22 y 23 – estrategias. _	- 168 -
<b>Anexo 14:</b> Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Hoja 24 y 25 – estrategias. _	- 169 -
<b>Anexo 15:</b> Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Hoja 26 y 27 – estrategias. _	- 169 -
<b>Anexo 16:</b> Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Hoja 28 y 29 – estrategias. _	- 170 -
<b>Anexo 17:</b> Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Hoja 30 y 31 – estrategias. _	- 170 -
<b>Anexo 18:</b> Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Hoja 32 y 33 – alternativas. _	- 171 -
<b>Anexo 19:</b> Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Hoja 34 y 35 - alternativas. _	- 171 -
<b>Anexo 20:</b> Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Hoja 36 y 37 – alternativas. _	- 172 -
<b>Anexo 21:</b> Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Hoja 38 y 39 – alternativas. _	- 172 -

## INTRODUCCIÓN

En el presente documento se investiga la problemática que surge debido a la presencia de cuatro ríos que atraviesan la localidad, lo cual genera niveles freáticos elevados en ciertas zonas. Esta situación conlleva filtraciones de agua que comprometen la integridad de las edificaciones, planteando desafíos significativos para su estabilidad y durabilidad. Por otro lado, los antecedentes revelan prácticas constructivas deficientes al manejar la humedad en la construcción en esta región. Por ende, estas incidencias son cruciales a fin de comprender la magnitud del problema y su evolución a lo largo del tiempo, resaltando la urgente necesidad de abordarlo de manera sostenible. De esta forma, la justificación de esta investigación se basa principalmente en la importancia de implementar soluciones técnicas y sostenibles con el fin de mitigar los efectos adversos de la humedad en las edificaciones urbanas. En consecuencia, se sugiere la aplicación de sistemas de drenaje y la utilización de geotextiles como medidas clave para abordar las patologías derivadas de los altos niveles freáticos. Estas soluciones buscan preservar el patrimonio arquitectónico de Cuenca y establecer un modelo replicable para enfrentar desafíos similares en otras regiones afectadas por problemas de humedad en sus estructuras urbanas.

## ANTECEDENTES

El territorio ecuatoriano se encuentra ubicado sobre varios puntos de acuíferos y sistemas hídricos subterráneos; además la región andina es conocida por sus pronunciadas pendientes exteriores, lo que da lugar a la presencia de numerosas fuentes hidrológicas que ejercen una influencia significativa en el nivel freático de las áreas urbanas circundantes, dando como resultado el traslado a gran presión del agua subterránea que afecta la porosidad y capilaridad de los materiales constructivos hasta llegar al deterioro permanente de las estructuras. Por este aspecto, Angumba (1998) declara que el agua subterránea, puede pasar de un acuífero a otro, por niveles de presión hasta ser denotada en el exterior, siendo así, el caso de la ciudad de Cuenca, ubicada en la región sur de Ecuador, donde este territorio se encuentra en una cuenca hidrográfica, lo que a su vez conlleva una proximidad innata del agua subterránea a la superficie. Esta situación se traduce en la presencia constante de un alto nivel freático en diversas áreas de la ciudad, generando una susceptibilidad a inundación, causada por la presencia de los ríos que cruzan la localidad (Ver Figura 1).



### SIMBOLOGÍA

- Límite Cantonal
- Límite Parroquias Urbanas
- Límite Parroquias Rurales
- Límite de las Cabeceras Parroquiales

**Figura 1:** Mapa amenaza de inundaciones, Cuenca Ecuador.

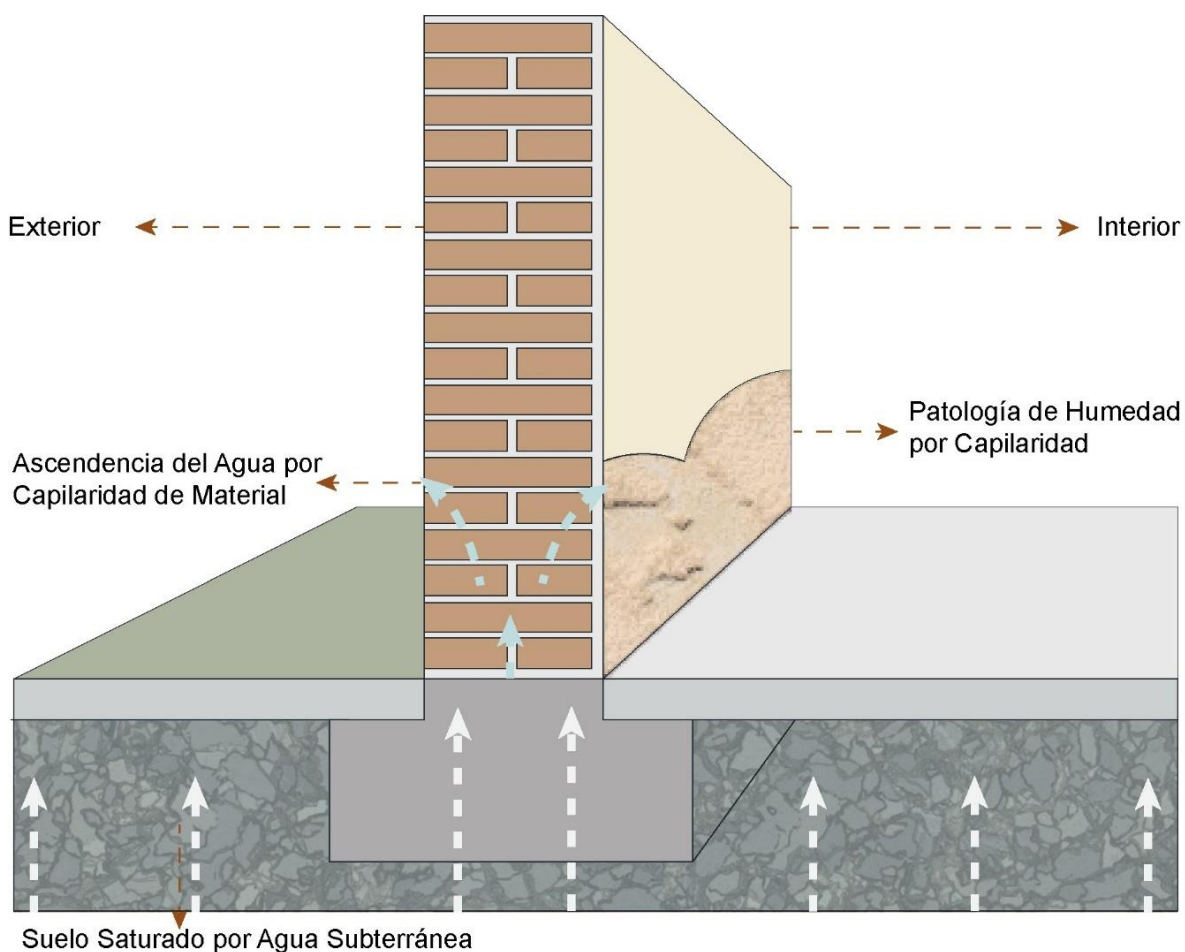
**Fuente:** MATIE – GAD MUNICIPAL DE CUENCA, (2022). **Elaboración:** Propia.

Informes de la empresa ETAPA durante los últimos 5 años, presentan registros de puntos máximos en sus caudales de los ríos, Tomebamba que ha llegado hasta 154.68 m<sup>3</sup>/s, Yanuncay con 197.74 m<sup>3</sup>/s, Machángara 170.32 m<sup>3</sup>/s y Tarqui 80.304 m<sup>3</sup>/s (Burbano-Becerra & Pasquel, 2023). Estos caudales generan en la urbe sectores altamente inundables, ya sea por el desborde de las riberas o por el nivel freático del territorio cuencano, que se encuentra a una profundidad promedio de 10m en la mayoría de las circunstancias de este estudio (INERHI, 1984).

La combinación de estos factores geográficos crea una situación propicia para que el agua subterránea ascienda con facilidad a través del suelo, afectando directamente a los cimientos y muros de las estructuras debido a la capilaridad de los materiales. Además, las prácticas constructivas deficientes, aislamientos y drenajes inadecuados son factores que agravan la filtración de la humedad. Estos agentes dan como resultado una debilidad estructural, poniendo en riesgo la estabilidad de las edificaciones y la integridad física de los ocupantes (Delgado & Quinde, 2022). La factibilidad de solución en casos de humedad se encuentra antes de la construcción, ya que, una vez afectada la estructura, el daño es permanente. Sin embargo, existen métodos que ayudan a sobrellevar el problema, evitando un avance en el mismo (Monteagudo, 2016).

## EL PROBLEMA

Dentro del ámbito de la construcción, la presencia del agua desencadena una serie de efectos negativos que afectan la integridad, resistencia y durabilidad de las estructuras. Uno de los problemas más comunes dentro de las edificaciones es la filtración del agua a través de grietas o fisuras en los cimientos o las paredes, debido a la capilaridad de los materiales (Ver Figura 2) (Paucar, 2018). Estas filtraciones generan daños graves, como corrosión de las armaduras de acero en el hormigón armado, lo que debilita su estructura, y a su vez, puede conducir a un colapso del sistema estructural en casos extremos (Fernández, 2008). Además, la humedad excesiva dentro de las construcciones fomenta la proliferación de moho, hongos y bacterias. Estos microorganismos al mismo tiempo de generar problemas de salud para los usuarios como alergias y problemas respiratorios, también comprometen la integridad de los materiales (Monteagudo, 2016).



**Figura 2:** Ascendencia de humedad por capilaridad de material.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

La ciudad de Cuenca, situada en el centro-sur del Ecuador, se destaca por su topografía, atravesada por una amplia red hidrográfica compuesto por los ríos Tomebamba, Yanuncay, Machángara y Tarqui, lo cual genera un elevado nivel freático en todo su territorio, provocando problemas de humedad en las estructuras de las edificaciones. Otro factor que agrava esta problemática es la falta de conocimientos en cuanto a las estrategias efectivas de hacer frente al porcentaje de agua inherente en el entorno (Angumba, 1998). En consecuencia, los constructores o los operarios, careciendo de criterios técnicos, ejecutan el proyecto de manera inadvertida respecto al problema, estas falencias constructivas, eventualmente, se manifestarán en las patologías observadas en los materiales de construcción (Morán, 2019).

De esta manera, el propósito de la presente investigación radica en la necesidad de abordar los problemas y patologías que surgen por la presencia de humedad a raíz de un alto porcentaje de agua subterránea. La investigación aborda el impacto de la humedad provocado por el nivel freático sobre los cimientos y las estructuras de las edificaciones, considerando las variables del contenido de humedad del suelo, al igual que las implicaciones de los temas de estabilidad y durabilidad de la estructura haciendo énfasis en los tipos de cimientos y los materiales de construcción. Por último, se abarca las medidas preventivas y correctivas para mitigar o prevenir daños futuros, además de proporcionar soluciones efectivas que aborden el problema central.

## JUSTIFICACIÓN

En respuesta a esta problemática estructural derivada por la humedad en las edificaciones urbanas de la ciudad de Cuenca, se plantea la necesidad imperante de implementar soluciones técnicas, eficaces y sostenibles. En este contexto, la solución más idónea son los sistemas de drenaje perimetral, por su versatilidad y capacidad para hacer frente a las condicionantes hidrológicas específicas de la localidad y el uso de geotextil durante el proceso constructivo, debido a que emplea distintas dimensiones y texturas que salvaguardan las tuberías, evitando obstrucciones por tierra u otros materiales (Morán, 2019).

Por ende, el presente estudio tiene como objetivo central, el desarrollo de una investigación que se basa en la recopilación y análisis de datos provenientes de casos de estudio y visitas técnicas. Estos métodos permiten evaluar la efectividad del drenaje perimetral conjuntamente con mallas geotextiles como estrategia de tratamiento para abordar las patologías derivadas de la humedad en las estructuras urbanas. Además, de la mitigación de los problemas de humedad, se pretende establecer directrices y prácticas constructivas que fortalezcan las edificaciones y fomenten un entorno urbano resistente y seguro para sus habitantes. La implementación de esta solución no solo asegura la preservación del patrimonio arquitectónico de la ciudad de Cuenca, sino también, se instauro como un modelo replicable para solventar desafíos similares en otras regiones del territorio ecuatoriano.

## OBJETIVOS

### General

Desarrollar metodologías como estrategias de intervención en cimentación y paredes, a través de sistemas de drenaje y geotextil para solucionar las patologías estructurales en las edificaciones impactadas por la humedad generada a raíz de elevados niveles freáticos.

### Específicos

1. Identificar las causas y efectos de la humedad en viviendas a través de un análisis de casos similares, para la prevención y mitigación del problema de capilaridad.
2. Evaluar el estado de una muestra de viviendas afectadas por la humedad subterránea con el fin de identificar las patologías asociadas a dicho fenómeno para proponer medidas correctivas que permitan optimizar la integridad estructural de las edificaciones.
3. Definir una guía técnica que ofrezca soluciones efectivas a los problemas de humedad en construcciones, incorporando detalles constructivos de sistemas de drenaje y geotextiles, con la finalidad de proporcionar una herramienta instructiva que oriente sobre métodos adecuados de construcción contra la humedad.

## METODOLOGÍA

La metodología propuesta consta de tres fases interrelacionadas. La primera fase, de investigación, establece un sólido marco teórico mediante la revisión de fuentes. La segunda fase, de práctica, se centra en la aplicación de métodos en campo para validar y complementar la información teórica. Por último, la tercera fase, de naturaleza técnica, implica el análisis y procesamiento de datos, culminando en la interpretación de resultados y conclusiones. En conjunto, estas fases proporcionan un enfoque integral para abordar la investigación de manera estructurada y completa.

### **FASE 1: EVALUACIÓN DE LAS CAUSAS Y EFECTOS DE LA HUMEDAD EN CIMIENTOS Y MUROS.**

La fase inicial se basa en el análisis teórico de todos los elementos que forman parte del tema, con el fin de establecer la base de conocimientos necesarios para contextualizar y comprender el problema.

- **MARCO HISTÓRICO.** – En el marco histórico se indagan textos históricos sobre la evolución y uso del dren a lo largo de la historia hasta la actualidad.
- **MARCO CONCEPTUAL.** – El marco conceptual describe el problema para reflejar causas, consecuencias y afecciones en distintas tipologías de cimentación, sistemas de drenaje, tubería, el uso de geotextil y la impermeabilización.
- **MARCO METODOLÓGICO.** – En el marco metodológico se examina la normativa nacional e internacional sobre drenes, descripción de métodos de aplicación de drenes.

### **FASE 2: REGISTRO DE LAS PATOLOGÍAS EVIDENCIADAS EN LAS VISITAS A CAMPO.**

La siguiente fase consiste en realizar un diagnóstico práctico de la muestra de viviendas, con el fin de identificar las causas y consecuencias de la humedad en las edificaciones cuencanas.

- **SELECCIÓN DE ESCENARIOS.** – En este apartado se establece el límite físico dentro de la ciudad de Cuenca para el desarrollo de esta investigación, a la vez, se seleccionan los casos de estudio. La selección de las viviendas se realiza mediante el uso del método de muestreo intencional, el cual debe cumplir con criterios, como la presencia de humedad por capilaridad, un nivel freático elevado, cercanía a vertientes o fuentes de agua, o que se encuentren ubicadas en áreas con una topografía marcada que favorezca dichos fenómenos.
- **ANÁLISIS DE VIVIENDAS.** – En este punto se registra la información base sobre cada vivienda por medio de estudios de implantación, alcantarillado y ubicación. Paralelamente se elaboran planos arquitectónicamente de cimientos y planta baja.

- **REGISTRO DE PATOLOGÍAS.** – En esta sección, se elaboran fichas destinadas tanto a la identificación de patologías presentes en el estado actual de las viviendas como a la medición de humedad en los cimientos y muros de cada una de las viviendas seleccionadas, para ello se utilizan los siguientes equipos: humidímetro medidor por conductividad, cámara termográfica, medidores T600 - T650, y una tabla valorada de problemas.

### **FASE 3: ELABORACIÓN DE LA GUÍA TÉCNICA FRENTE A LAS PATOLOGÍAS ENCONTRADAS.**

La fase final consta en elaborar una guía referente a la implementación de sistemas de drenaje y el uso de geotextil como medida impermeabilizante. Para ello, se busca establecer los siguientes lineamientos:

- **TABLAS RESUMEN.** - Esta tabla contiene un compendio de las patologías encontradas, especificando las causas, afecciones, grado de intervención, validación fotográfica, etc.
- **ESTRATEGIAS.** - En este punto se realiza una selección de soluciones efectivas a los problemas de humedad encontrados en las viviendas. Las estrategias deben implementar el uso de sistemas de drenaje y geotextiles. El objetivo es evaluar la viabilidad económica y la eficiencia de cada una, considerando la accesibilidad y facilidad de implementación. Además, se incluyen representaciones gráficas como plantas, secciones 2D e isometrías 3D.
- **SOLUCIONES COMPLEMENTARIAS.** – Este apartado presenta una selección de soluciones complementarias para el desarrollo de sistemas de drenaje que incluyen la diversificación de tipos de drenes y métodos de impermeabilización.
- **ELABORACIÓN DE LA GUÍA.** - En este punto se realiza la diagramación del formato de la guía. Esta guía detalla cada proceso constructivo para la impermeabilización de cimientos y muros mediante el uso de sistemas de drenaje, complementados con el uso de geotextiles en construcciones ubicadas en zonas con alto nivel freático. Además, genera un catálogo basado en las estrategias desarrolladas para abordar las patologías identificadas en los casos de estudio.

Como límites teóricos, el trabajo establece la relación entre el nivel freático y su influencia en los cimientos y estructuras, sin abordar otros factores no relacionados. Igualmente, utiliza modelos teóricos para evaluar el comportamiento de la humedad del suelo en las edificaciones. Es por ello que, en el ámbito práctico, se recopila información mediante visitas técnicas a las viviendas seleccionadas, con el propósito de evaluar el comportamiento de absorción de los materiales ante la humedad generada por el nivel freático. Este enfoque es conveniente para discernir medidas efectivas de prevención y corrección de la saturación de agua.

Por otra parte, la investigación considera datos históricos y observaciones recientes para evaluar tendencias a lo largo del tiempo, abarcando un período temporal de los últimos años hasta la fecha actual. Dentro del ámbito socioeconómico, se consideran los costos de tratamiento de las

soluciones y alternativas, con el objetivo de proporcionar recomendaciones junto con directrices técnicas para abordar el problema.



**Figura 3:** Diagrama metodología.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO



## **CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.**

En este capítulo se estudia tres distintos enfoques teóricos que sirven como fundamento del presente trabajo de investigación, cada uno centrado en distintos aspectos que permiten tener una comprensión idónea sobre los sistemas de drenaje.

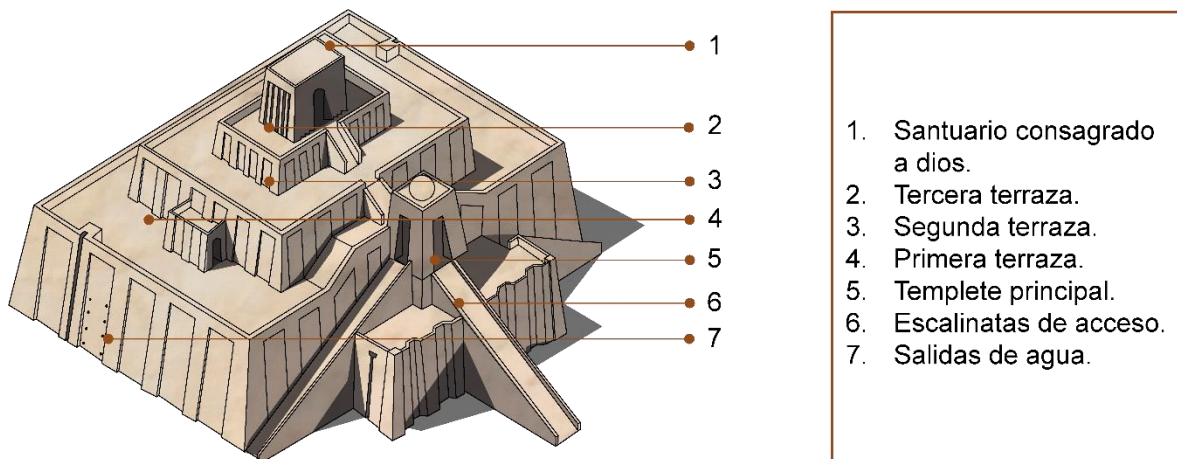
El primer enfoque, marco histórico, tiene como objetivo realizar un análisis exhaustivo sobre la evolución de los sistemas de captación y drenaje de agua a lo largo de la historia, lo que permite entender las aplicaciones y cambios que ha tenido el dren hasta la actualidad, finalizando en una línea de tiempo que sintetiza la información analizada.

El segundo enfoque, marco conceptual, tiene como propósito definir cada uno de los elementos que forman parte del sistema de drenaje. Este enfoque inicia por la conceptualización de la humedad y sus fuentes, seguido por el estudio de los sistemas de cimentación, las tipologías y variaciones de los sistemas de drenaje. Finalmente se aborda la conceptualización de los componentes y materiales utilizados en la implementación de un sistema de drenaje, como las tuberías y los geotextiles describiendo sus propiedades y características.

El último enfoque, marco metodológico, contiene dos secciones: la primera se centra en el análisis de las normativas vigentes en Ecuador y a nivel internacional sobre la construcción de drenes y cimientos. La segunda sección ofrece una descripción de métodos de construcción de drenes aplicables a diferentes tipos de estructuras y cimientos, detallando las prácticas recomendadas para cada contexto.

## 1.1 MARCO HISTÓRICO.

A lo largo de la historia, el agua ha sido una necesidad vital para la supervivencia humana, pero también ha representado un desafío, ya que su exceso causa desastres naturales y transforma áreas habitables en entornos inhóspitos para la vida. Está comprobado que las culturas prehistóricas de Creta y la antigua ciudad de Asiria, ya contaban con un sistema de alcantarillado, siendo las primeras en saber gestionar el agua procedente de fuentes naturales como ríos, lagunas, aguas subterráneas, y de la lluvia (García, 2021). La civilización con mayor control fue la mesopotámica quienes avanzaron en conocimientos constructivos hacia el año 2000 a.C. destacando por el uso de drenes verticales contruidos con materiales de bambú y la superposición de jarros de cerámica rejuntados con betún para la construcción de zigurats (Ver Figura 4). A partir de estas técnicas llegaron a la conclusión de la primera hipótesis sobre tratamientos de suelo para compactación del terreno, descubriendo que la expulsión del agua mejora la calidad y durabilidad de las estructuras (Castañeda, 2023).



**Figura 4:** Composición zigurats cultura mesopotámica.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

En otras civilizaciones, como la hindú y la minoica, también se evidencian sistemas de drenaje urbano utilizados para recolección de agua lluvia siendo aprovechadas en riego de cultivos. En la península Ibérica se construyeron embalses para almacenar el agua pluvial, pero durante el reinado del imperio romano este invento se convirtió en algo habitual en todos los hogares. Estos sistemas de vivienda se denominaron domus y las zonas de captación de agua se denominaron impluvium (Rodríguez, 2017). En Europa durante el año 1 d.C. se da el inicio de la era cristiana dando lugar a el uso de los primeros sistemas de drenaje subterráneos, sin embargo, el conocimiento adquirido sería olvidado poco después (Stuyt et al., 2009), ya que se destaca que en el siglo V los romanos recolectaban agua de la lluvia y aguas residuales a través de canales abiertos, lo que provocó grandes pandemias, motivando así el surgimiento de los primeros canales subterráneos (Añazco, 2014).

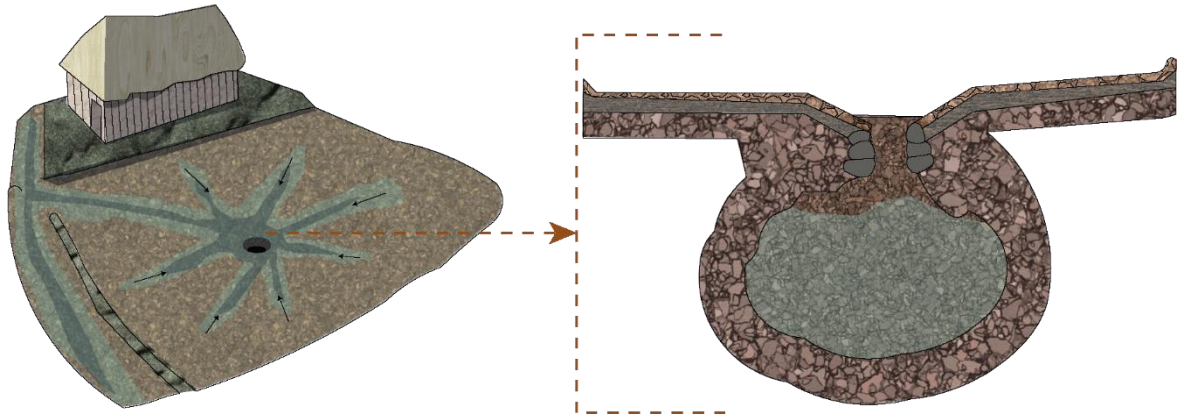
Años más tarde las condiciones topográficas y climáticas del desierto provocó que los asentamientos árabes piensen en nuevas construcciones debido a la escasez del agua, es por ello que desde el siglo VIII hasta el siglo XV en Al-Andalus se perfecciona al máximo el sistema de recolección de agua mediante aljibes (Ver Figura 5), lo que representaba un sistema de almacenamiento construido con ladrillo y argamasa que se impermeabilizaba con arcilla roja, óxido de hierro, resinas de lentisco y una capa interior de cal para evitar mecanismos de bacterias o putrefacción en el agua. Simultáneamente los territorios insulares desarrollaron sus sistemas de captación y almacenamiento basado en la experiencia de los aborígenes canarios quienes aprovechaban la llamada "lluvia horizontal", con la implementación de dichos mecanismos el nivel freático se redujo en sus asentamientos creando la necesidad de aprovechar el agua subterránea a través de pozos y galerías donde el principal asentamiento de desarrollo agrícola fue en Tenerife del Valle de la Orotava (Garcia, 2021).



**Figura 5:** Aljibes árabes.

**Fuente:** Tomado de Todo Sobre Cáceres, (2015).

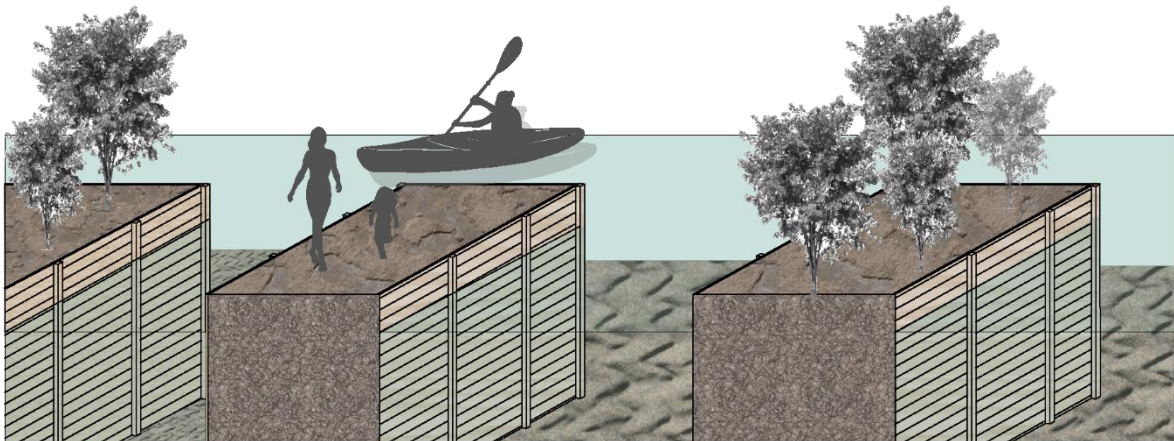
En el continente americano, a su vez, ya existieron civilizaciones que comenzaron a implementar sus conocimientos sobre la gestión del agua, concretamente las civilizaciones Maya, Azteca e Inca. Vale la pena señalar que la civilización más antigua del continente es la civilización Maya, ya que data aproximadamente del año 2000 a.C. hasta alcanzar su apogeo 900 años d.C., asentados principalmente en lo que hoy es el suroeste de México, Guatemala, Belice, Honduras y el Salvador. Los mayas ya habían inventado los chultunes, estructuras subterráneas en forma de vasijas en las que almacenaban agua durante la temporada de lluvias para épocas de sequía (Ver Figura 6). Los asentamientos mayas ubicaban las zonas de agricultura en terrazas sobre relieves montañosos, aprovechando sistemas de irrigación natural a través de canales (Šprajc y Nava, 2012).



**Figura 6:** Chultunes de la cultura Maya.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

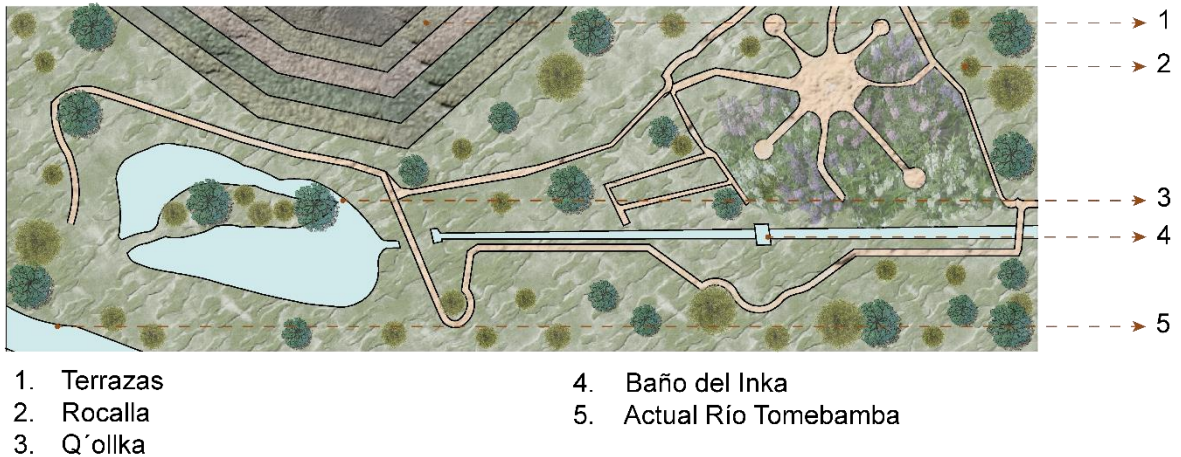
La civilización Azteca surge en el año 1250 d.C., donde utilizaban los aljibes para guardar agua de lluvia. También construyeron un sistema complejo de canales y diques que les permitió controlar y distribuir el agua de los lagos cercanos (Ver Figura 7) (Aguilar, 2007).



**Figura 7:** Canales de la cultura Azteca.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

Finalmente, la más destacada y cercana a nosotros fue la civilización Inca del siglo XIII. La contribución de los incas a la gestión del agua fue la construcción de extensas redes de acueductos y canales para transportar agua desde manantiales naturales cercanos a sus campos agrícolas. También ubicaban sus cultivos en terrazas para utilizar sistemas de riego con la intención de recolectar agua por niveles, de esta forma lograban humedecer los cultivos por gravedad. Esta técnica surgió al combinar el conocimiento de los incas con el conocimiento de la cultura Cañarí a la hora de realizar contratos matrimoniales lo que les permitía ampliar su territorio. Esto dio como resultado la creación de su principal asentamiento en la ciudad de Cuenca, donde actualmente se encuentran las ruinas de la combinación de dichas civilizaciones en el museo Pumapungo (Ver Figura 8) (González, 2004).



**Figura 8:** Composición funcional asentamiento de la cultura Inca.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

Los sistemas de drenaje reaparecieron en Inglaterra alrededor del año 1544, debido a que los holandeses impartieron sus conocimientos sobre sistemas de drenaje y diques. Mientras tanto, a principios del siglo XVII, el holandés Cornelius Vanderdelf fue el primero en crear un drenaje en Inglaterra, seguido por los famosos ingenieros Cornelius Vermuyden y Joos Croppenburgh (Stuyt et al., 2009). Durante el siglo XVIII, el descubrimiento de canales subterráneos mejoró su calidad con el uso de tejas semicirculares en Escocia y Europa Continental, convirtiéndose así en el precursor de la idea de las tuberías cerámicas de drenaje.

Gracias a estos avances, en 1840 los tubos cerámicos eran el sistema de drenaje preferido en Inglaterra y países europeos, al mismo tiempo en Estados Unidos los tubos cerámicos se presentan por primera vez (Stuyt et al., 2009). Años más tarde, en 1849, se instaló la primera red de alcantarillado funcional, y París se convirtió en la primera ciudad europea en recibir una (Ver Figura 9). Poco después en 1878, la red se amplió a 540 km para purificar el agua mediante la separación de residuos orgánicos. (Rodríguez, 2017).



**Figura 9:** Primera red de alcantarillado en París.

**Fuente:** Todo Sobre Cáceres, (2015).

En 1922, Terzaghi desarrolla criterios de filtrado para evitar fugas en las presas. Estos criterios todavía se utilizan hoy en día para la aplicación de cubiertas de canales subterráneos. Al mismo tiempo, Van Someren explica las directrices aplicables en algunos países para la selección y utilización de filtros de material de drenaje como tuberías y carcasas. Además, varias empresas e instituciones propusieron criterios para diseñar y utilizar envolturas de drenaje fabricadas con Product Lifecycle Management (PLM) en los Países Bajos (Sanchis, 2015).

El primer uso de geotextiles se remonta al año 1960, para las funciones de drenaje y filtrado de estructuras marítimas en Holanda (Sanchis, 2015). En este año se introduce los tubos de drenaje perforados de polímero, lo que mejora la eficacia, eficiencia y economía de la instalación, generalizando así el uso de la instalación mecánica (Ver Figura 10). Se debe mencionar que surgen otras tuberías siendo estos tubos de cerámica en forma de herradura, de hormigón, de fibra bituminosa perforada y tuberías de plástico liso o corrugado, todas estas opciones se creaban con la finalidad de conectarse a una caja de registro (Stuyt et al., 2009).

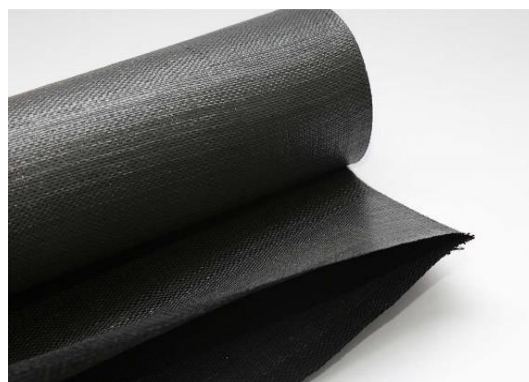
Además, la primera generación de envolturas estaba compuesta por materiales granulométricos como grava, conchas trituradas, residuo de turba, etc., llegando a ser reemplazadas por tiras de láminas de fibra de vidrio, siendo económicamente accesibles y fáciles de manejar (Sanchis, 2015). Para este año se emite la primera declaración de contaminación del agua y se decide una función para la recolección de agua pluvial y por nivel freático generando así un ciclo nuevo de agua potable (Añazco, 2014).

En 1962, tras la introducción del tubo corrugado, las tiras de fibra de vidrio dejaron de utilizarse y fueron sustituidas por revestimientos orgánicos fibrosos como fibra de coco, turba fibrosa o paja de lino, con los que se podían recubrir los tubos corrugados antes de su instalación, una técnica muy utilizada hasta que se detectó la descomposición microbiana. En este punto surge la tercera y última generación de revestimientos, compuestos por material sintético de tiras de geotextil (Ver Figura 11), elaborado a partir de restos de fibras de polipropileno material común en las alfombras (Añazco, 2014). Años más tarde, en un simposio internacional sobre el uso de textiles en Geotecnia en París, apareció la palabra geotextiles en 1977 (Sanchis, 2015).



**Figura 10:** Drenaje de polímero perforado.

**Fuente:** Tomado de Proferret, (2024).



**Figura 11:** Tiras de geotextil.

**Fuente:** Tomado de Grupo Escala, (2017).

En la actualidad, los geotextiles son ampliamente empleados como material filtrante debido a su mayor durabilidad y capacidad de protección contra obstrucciones en el sistema de absorción de agua. En cuanto a los drenajes, se utilizan principalmente tuberías corrugadas, tubos de hormigón y de cerámica. La elección de los materiales a utilizar depende de la zona económica en la que se implementa el sistema subterráneo (Stuyt, 2009).

Por consiguiente, la sociedad contemporánea experimenta una creciente necesidad de urbanizaciones habitables, lo que implica la adopción de sistemas de drenaje más complejos y versátiles. Esto se refleja en la implementación de sistemas como: cuartos de bombas para drenar agua en taludes, estanques, canales, acequias y sumideros, apuntando hacia una nueva era de reutilización y gestión eficiente del agua (Garcia, 2021).



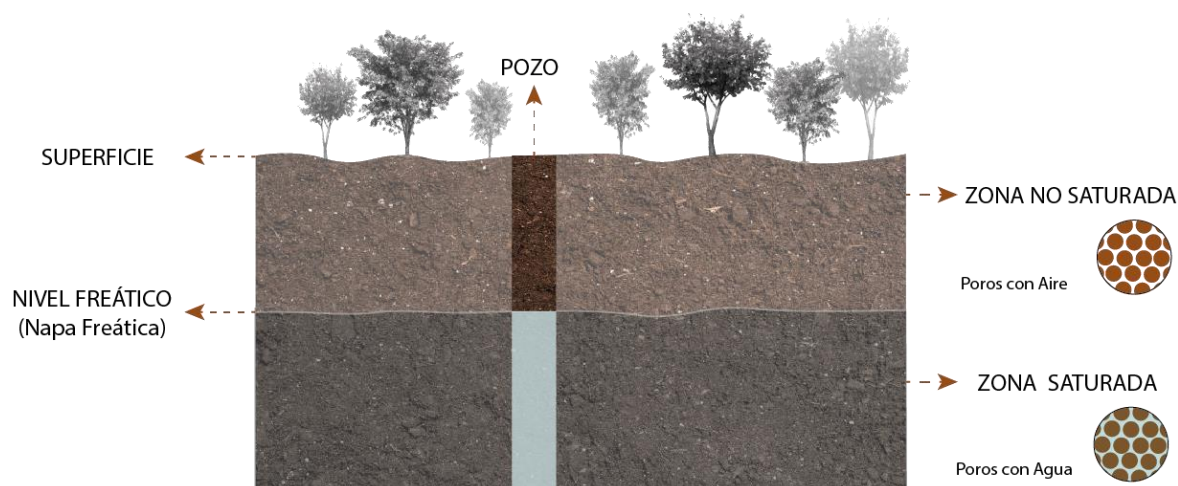
**Figura 12:** Línea de tiempo surgimiento del dren y geotextil.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

## 1.2 NIVEL FREÁTICO.

El nivel freático o napa freática es conocida como el nivel superior de una capa subterránea, donde el suelo o las rocas permanecen constantemente saturados de agua. Este nivel actúa como una frontera entre la zona de agua subterránea, que se encuentra debajo de él, y la franja capilar o zona de aireación que se sitúa por encima. Este nivel experimenta fluctuaciones tanto estacionales como anuales, influenciado por cambios climáticos, la cantidad de precipitación absorbida por la vegetación y las extracciones excesivas de agua de los pozos o la recarga artificial (Morán, 2019).

De igual forma, la napa freática describe un límite. En la parte inferior se encuentra la zona saturada donde las rocas y el suelo contiene una alta cantidad de agua, en la parte superior se encuentra la zona vadosa donde la tierra es insaturada (Ver Figura 13). Los niveles freáticos tienden a seguir la topografía o las inclinaciones del suelo, en algunos casos el nivel freático es capaz de cruzar la superficie formando manantiales u oasis. De manera similar en acantilados, laderas y quebradas es posible que se generen ríos o lagos subterráneos, lo que refleja el nivel freático del área (Peck et al., 2009).



**Figura 13:** Zonificación de aguas en el suelo y subsuelo.

**Fuente:** Adaptado de CEPIS, (1997). **Elaboración:** Propia.

### 1.2.1 Fuentes de nivel freático.

El nivel freático puede tener distintos orígenes dado que este es un límite que está definido por la saturación del suelo, la cantidad de agua que contiene el estrato es relativa según el período estacional del área, las precipitaciones de lluvia y nieve, el riego de cultivos, las fuentes de agua naturales entre otros. Además, otro factor que influye en la napa freática es la geología, donde el tipo de rocas cumple un papel crucial, siendo así las rocas ligeras y porosas las que pueden contener una mayor cantidad de agua que las rocas pesadas y densas, de igual forma el uso del suelo también influye el flujo de las aguas subterráneas debido a que los cimientos de las construcciones arquitectónicas y urbanas tiene cierta impermeabilización o tratamiento del agua (Pipiraite, 2018).

### 1.3 HUMEDAD.

La Real Academia Española define la humedad como “Agua de que está impregnado un cuerpo o que, vaporizada, se mezcla con el aire”. Lo que quiere decir que la humedad es una característica donde el agua en estado líquido o gaseoso actúa sobre otro elemento, ya sea por un constante contacto o por la capacidad del objeto para retener agua.

Según Rivera (2012), el artículo *Humedad en la Construcción*, define a la humedad como la causa y efecto de diversas patologías y materiales en la edificación, las cuales disminuyen el confort y la salud de los usuarios, comprometiendo el estado del edificio.

#### 1.3.1 Humedad del suelo.

Este tipo de humedad se presenta en áreas con una alta acumulación de agua en el suelo debido a un nivel freático elevado. Este fenómeno, conocido como capilaridad, afecta directamente a las viviendas o edificaciones, generando problemas estructurales, donde la humedad del suelo asciende a través de los cimientos, sobre cimientos o muros que están en contacto directo con el suelo (Angumba, 1998).

#### 1.3.2 Estudio de la humedad del suelo.

Ortiz et al., (1984) definen el estudio de la humedad del suelo como un proceso geotécnico fundamental que se lleva a cabo antes del inicio de un proyecto de construcción, su objetivo es determinar la naturaleza y las propiedades del terreno con el fin de definir el tipo y las condiciones óptimas de cimentación para la estructura proyectada. Este estudio se realiza típicamente en un laboratorio, donde se analizan diversas propiedades del suelo para evaluar su viabilidad y adecuación para la construcción (Ver Figura 14).

La fórmula para medir la humedad del suelo.

$$W = \frac{W_w}{W_s} * 100(\%)$$

Donde:

W = Contenido de humedad expresado en %.

W<sub>w</sub> = Peso del agua existente en la masa del suelo.

W<sub>s</sub> = Peso de las partículas sólidas.



**Figura 14:** Esquema básico del método gravimétrico de medición de humedad del suelo.

**Fuente:** Lagunas, (2013). **Elaboración:** Propia

$$W = \frac{24.9}{75.1} * 100(\%) = 33.1\%$$

33.1% es el contenido de humedad del ejemplo presentado en el esquema.

### 1.3.3 Humedad en construcción.

La humedad en edificaciones en la fase de construcción incide en los materiales a base de agua. Debido a la presión en obra, las estructuras no tienen suficiente tiempo para secarse adecuadamente a causa de malas prácticas, lo que resulta en la retención de agua en los elementos construidos. Este exceso de humedad conduce a problemas como manchas en los muros, presencias de mohos y eflorescencias (Morán, 2019). Las manchas aparecen en áreas que no han tenido tiempo suficiente para secarse, lo que puede ocurrir en cualquier parte, tanto en el interior como en el exterior de la vivienda. Por ello, es recomendable controlar la humedad de los materiales de construcción, especialmente durante épocas de mayor humedad y menor temperatura. Otro factor que afecta a los muros es la orientación hacia Sur donde la incidencia de luz solar es mínima (Fernández, 2008).

La humedad en la construcción puede ser ocasionada por diversos factores. Entre los principales se encuentran las constantes precipitaciones pluviales, el contacto directo con un terreno que tenga un elevado nivel freático debido a un suelo saturado, o la proximidad a fuentes de agua subterránea o superficial. Además, en el ámbito de la arquitectura y el urbanismo, los materiales de construcción y sus propiedades son factores que influyen en la presencia de humedad, debido a que cada material tiene una capacidad diferente para absorber agua (Pipiraite, 2018).

### 1.3.4 Tipos de humedad.

#### a. *Humedad por nivel freático.*

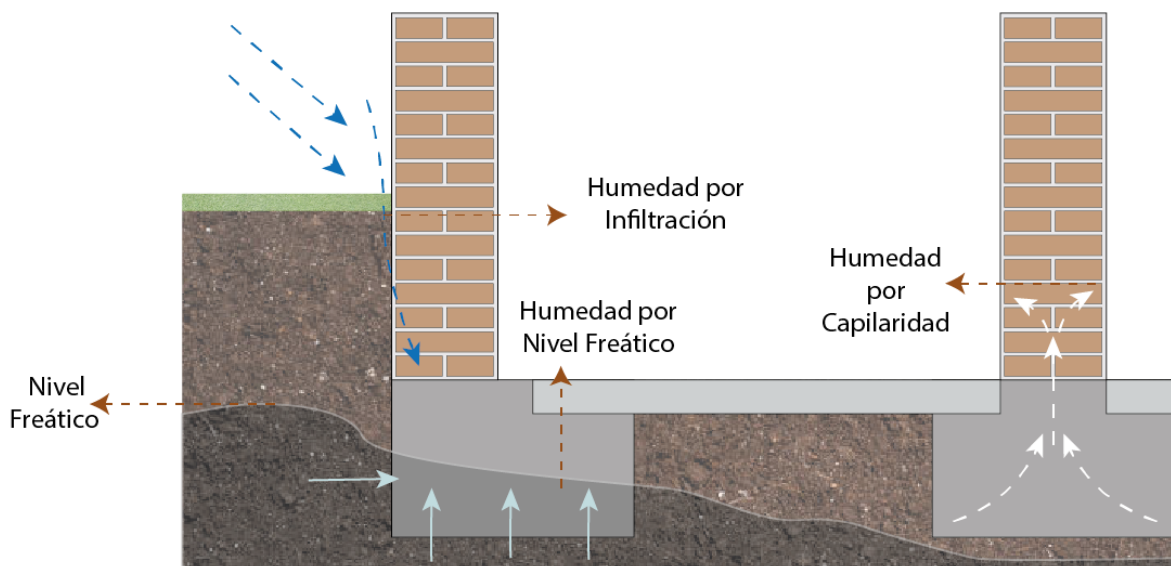
Estas infiltraciones se generan debido a la acción de la presión hidrostática del agua, resultante del nivel elevado de la napa freática. Este fenómeno se ve facilitado por la alta permeabilidad de los materiales que poseen grandes espacios vacíos en su interior (ANFI, 2016).

#### b. *Humedad por infiltración.*

Esta forma de humedad se origina cuando una cantidad significativa de agua penetra desde el exterior hacia el interior de la estructura. Las precipitaciones son la principal causa de estas infiltraciones, ya sea por la entrada de agua de lluvia o riego en el terreno, aunque en algunos casos pueden ser resultado de fugas en las tuberías. Los signos más evidentes de infiltración son manchas oscuras y astillas en las paredes (ANFI, 2016).

#### c. *Humedad por capilaridad.*

Se produce por el ascenso del agua del terreno a través de materiales estructurales como cimientos y muros, por medio del contacto directo con el suelo natural, en el cual la tensión superficial desempeña un papel crucial. Esta tensión es la suma de fuerzas de atracción que varían según la cantidad de moléculas por unidad de volumen, dando como resultado que las masas de agua se intensifiquen, mientras que en las masas de aire disminuyen. Por otra parte, este suceso está regido por principios físicos fundamentales impactando significativamente en la integridad de las estructuras (Monteagudo, 2016).



**Figura 15:** Tipos de humedad.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia

## 1.4 CIMENTACIONES.

La cimentación es la parte estructural del edificio, encargada de transmitir las cargas al terreno. Este es el único elemento que no podemos elegir; sin embargo, una circunstancia influyente es el nivel topográfico, por lo que la cimentación se realiza en función del mismo (EADIC, 2015).

La construcción de una base sólida implica la excavación de zanjas hasta alcanzar un estrato duro en el suelo, donde se vierte concreto para formar la base. Estas zanjas se refuerzan con encofrado para aumentar la resistencia, y las varillas de acero sobresalen del encofrado para actuar como refuerzos, conectándose con la subestructura superior para fortalecer la base. Una vez compactada adecuadamente, se procede con la construcción del edificio (Montoya & Pinto, 2010).

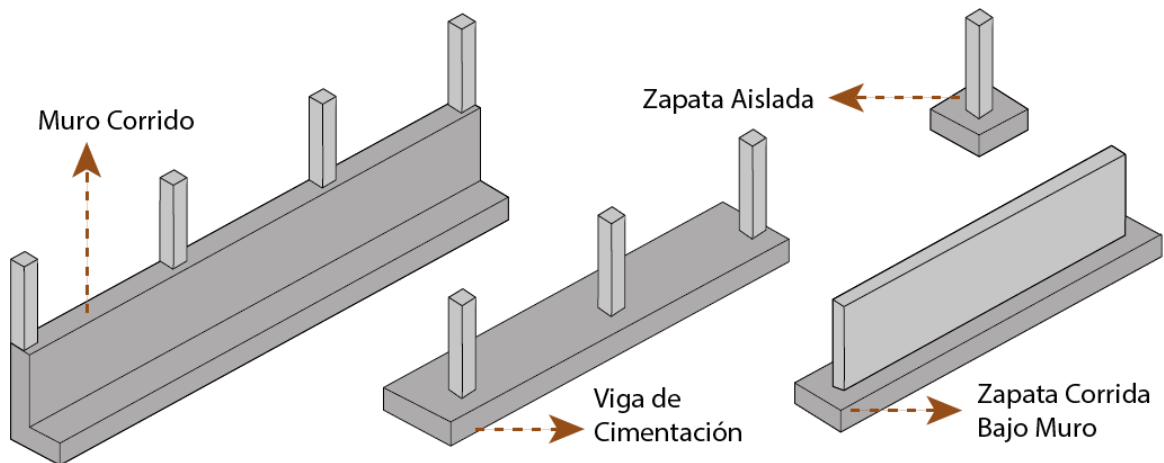
Según Paucar (2018), la elección de la cimentación depende del tipo de material, las cargas de diseño y el suelo subyacente, considerando la durabilidad y estabilidad a largo plazo, así como los efectos ambientales y perturbaciones en el suelo causadas por excavaciones profundas. Durante el proceso de diseño y ejecución, es crucial considerar factores como la selección de materiales, el diseño arquitectónico y la carga, priorizando la solidez de la cimentación para garantizar la estabilidad y seguridad a largo plazo de la estructura (Angumba, 1998). Por ende, es indispensable dotarla de una cimentación robusta y adecuada que sea capaz de soportar las cargas y contrarrestar los efectos adversos del entorno, garantizando así su durabilidad y funcionalidad.

### 1.4.1 Tipos de cimientos.

#### a. *Cimentación superficial.*

La cimentación superficial constituye un método para transferir las cargas estructurales al estrato superior del suelo, a una profundidad relativamente reducida. En este tipo de cimentación, las zapatas adquieren un papel crucial, pues están diseñadas para distribuir y transmitir eficazmente la carga al suelo subyacente, teniendo en cuenta las propiedades geotécnicas del terreno. Estas zapatas se consideran una extensión de la base de una columna o muro, y su principal función radica en asegurar una presión sobre el suelo que se encuentre en consonancia con sus características de resistencia y compresibilidad (Gordon & Vernon, 1978).

Existen diversos tipos de zapatas según su configuración y función específica. Por ejemplo, las zapatas individuales, también conocidas como zapatas aisladas, se emplean para soportar cargas puntuales de una sola columna, siendo diseñadas de manera independiente y ubicadas estratégicamente bajo cada una de ellas. Por otro lado, las zapatas continuas o zapatas corridas se construyen debajo de muros o elementos lineales de la estructura, permitiendo distribuir la carga de forma uniforme a lo largo de su longitud. Además, las zapatas combinadas, son aquellas que soportan múltiples columnas, siendo diseñadas para resistir las cargas concentradas provenientes de varias fuentes (Ver Figura 16) (Mastropietro, 2019).



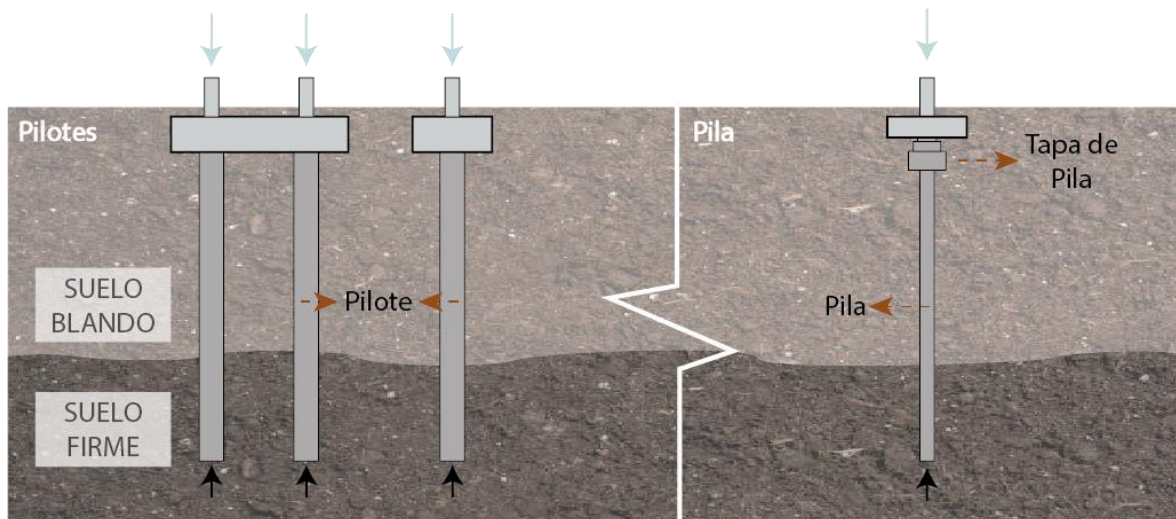
**Figura 16:** Cimentación superficial.

**Fuente:** Structuralia. (n.d.). *Cimentación*. Recuperado de <https://blog.structuralia.com/cimentacion>

**Elaboración:** Propia.

### b. Cimentación profunda.

Quando el suelo superficial carece de la resistencia necesaria, las cargas se transfieren a estratos más resistentes y profundos mediante el uso de pilotes o pilas, los pilotes son elementos estructurales con una relación longitud-sección transversal alta y se instalan típicamente mediante piloterías equipadas con martinetes o vibradores. Por lo general, se hincan en grupos o filas para soportar las cargas de columnas o muros. En contraste, las pilas tienen secciones transversales más grandes y pueden transmitir la carga de una sola columna directamente al estrato de apoyo (Ver Figura 17) (Ching, 2019).



**Figura 17:** Cimentación profunda.

**Fuente:** Ovacen. (n.d.). *Cimentación*. Recuperado de <https://ovacen.com/cimentacion/>

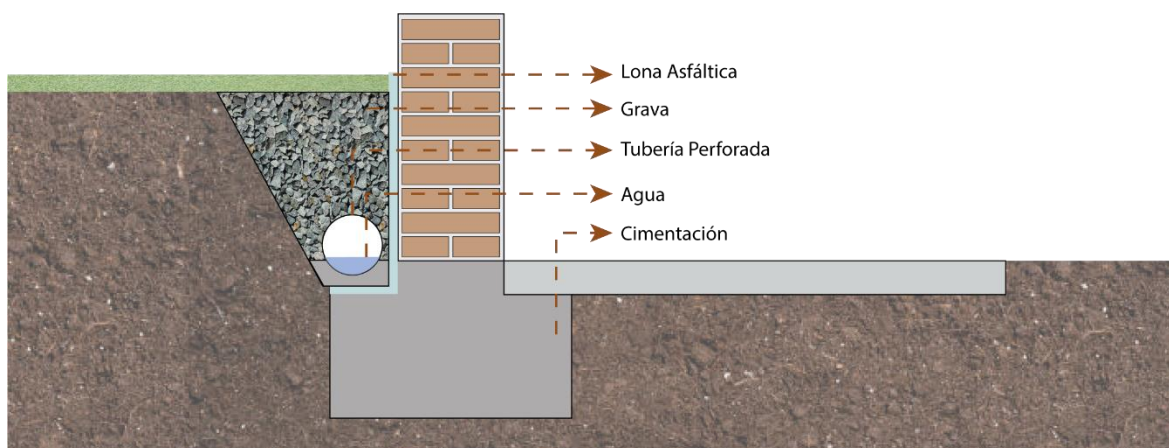
**Elaboración:** Propia.

Aunque una columna con carga liviana podría necesitar solo un pilote, las condiciones de trabajo pueden resultar en posiciones reales que difieren de las proyectadas, lo que genera cargas

excéntricas. Como resultado, las cabezas de los pilotes aislados suelen ser arriostradas en dos direcciones mediante contratraves. Los grupos de pilotes, que contienen tres o más unidades, generalmente cuentan con cabezales de concreto reforzado y se consideran estables sin la necesidad de contratraves. Además, los pilotes verticales también pueden utilizarse para resistir cargas laterales (Gordon & Vernon, 1978). Los pilotes se fabrican en una amplia variedad de tamaños, formas y materiales para satisfacer diversos requisitos, incluyendo consideraciones económicas. A pesar de su diversidad, pueden clasificarse según los principales materiales utilizados, que incluyen madera, concreto y acero (Paucar, 2018).

### 1.5 DRENES.

El término "dren" se refiere a una estructura o sistema diseñado para facilitar la eliminación y el transporte de agua, ya sea superficial o subterránea, de un área determinada. Los drenes se utilizan para prevenir la acumulación de agua, controlar el nivel freático, evitar inundaciones, mejorar la productividad agrícola, proteger las estructuras de daños por desgaste y garantizar un entorno seguro y funcional (Ver Figura 18) (Maldonado, 2021).



**Figura 18:** Dren perimetral en cimentación.

**Fuente:** Slideshare. (n.d.). *Suelos*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/slideshow/1-s-u-e-l-o-s-245864086/245864086>

**Elaboración:** Propia.

Los sistemas de drenaje representan una solución efectiva para prevenir el contacto de las aguas del suelo con las cimentaciones de una construcción, evitando así la posibilidad de que el agua se eleve y afecte a la vivienda. En estructuras con sótanos, es común la necesidad de mantener el nivel freático bajo para evitar problemas de humedad, lo cual requiere la instalación de drenajes permanentes. Es importante destacar que, incluso en excavaciones de considerable profundidad por debajo del nivel freático, la presencia de agua subterránea puede requerir medidas adicionales para garantizar la estabilidad y la seguridad de la construcción (Soto, 2013).

Por otra parte, es necesario realizar un desagüe para permitir la construcción de cimientos en condiciones secas, ya que cuando la profundidad de la excavación supera la distancia hasta la

superficie libre de agua en un suelo permeable con un coeficiente de permeabilidad mayor a aproximadamente  $10^{-3}$  cm/seg. En caso de que el coeficiente de permeabilidad del suelo se encuentre entre  $10^{-3}$  y  $10^{-5}$  cm/seg, aunque la cantidad de agua que ingresa a la excavación puede ser mínima, aún puede ser necesario implementar un sistema de drenaje para preservar la estabilidad de los taludes y el fondo de la excavación. Cuando el coeficiente de permeabilidad del suelo es menor a  $10^{-7}$  cm/seg, es probable que el suelo tenga suficiente cohesión para resistir las fuerzas de filtración, lo que puede hacer innecesario el drenaje (Peck et al., 2009).

### **1.5.1 Clasificación por uso.**

Según Ortega & Salgado (2001), los drenes pueden ser de diferentes tipos y formas, incluyendo drenajes superficiales, subsuperficiales, agrícolas, urbanos y de construcción, entre otros. Estos sistemas pueden estar compuestos por una variedad de elementos, como zanjas, tuberías, canales, sumideros y sistemas de bombeo, dependiendo de la aplicación y las necesidades específicas del proyecto. Entre los tipos de drenes clasificados por su uso, se incluyen:

#### **a. Drenajes agrícolas.**

Los drenajes agrícolas se utilizan en el sector agrícola para eliminar el agua de lluvia, el exceso de riego o el agua subterránea en los campos y mejorar la productividad de los cultivos. Estos drenajes requieren de un diseño y pueden ser superficiales o subsuperficiales (Ortega & Salgado, 2001).

#### **b. Drenajes urbanos.**

Los drenajes urbanos se utilizan en áreas urbanas para gestionar el agua de lluvia y prevenir inundaciones en calles, carreteras y zonas residenciales. Estos sistemas pueden incluir sistemas de alcantarillado pluvial, sumideros, sistemas de drenaje sostenible, entre otros (Pantigoso, 2021).

#### **c. Drenajes superficiales.**

Los drenajes superficiales son comúnmente utilizados para recoger y desviar el agua de la superficie del suelo, evitando la acumulación de agua en áreas propensas a inundaciones. Estos sistemas de drenaje pueden incluir zanjas, canales o cunetas que guían el agua hacia áreas de descarga designadas (Ortega & Salgado, 2001).

#### **d. Drenajes de construcción.**

Los drenajes de construcción se usan durante la construcción de edificios y estructuras para controlar el agua subterránea y prevenir daños en las cimentaciones. Estos drenes pueden incluir zanjas, sistemas de bombeo de agua, sistemas de excavaciones, entre otros (Pantigoso, 2021).

#### ***e. Drenajes subterráneos o subsuperficiales.***

Un sistema de drenaje subsuperficial consiste en una serie de tuberías enterradas a cierta profundidad, utilizadas para dispersar el efluente en un terreno saturado de agua o para drenar dicho suelo. También conocido como tubo de drenaje o tubo de avenamiento, su objetivo principal es controlar la profundidad del nivel freático y mantener un equilibrio adecuado de agua y sales en la zona.

Este sistema se compone principalmente de tres tipos de drenes: laterales, colectores y principales. Los drenes laterales se disponen generalmente de forma paralela entre sí y están destinados principalmente a controlar la profundidad de la napa freática. Por otro lado, los drenes colectores, aunque también pueden drenar el terreno circundante, tienen como función principal transportar el agua extraída por los drenes laterales hasta el dren principal, donde se lleva a cabo la descarga del sistema. Finalmente, el dren principal, ya sea artificial o natural, es responsable de recoger los excedentes de varios sistemas y asegurar su adecuada eliminación (Pantigoso, 2021).

#### **1.5.2 Tipos de drenaje por su sistema constructivo.**

##### ***a. Drenaje tipo dren francés.***

El sistema de subdrenaje consiste en zanjas excavadas, las cuales pueden ser realizadas manualmente o con maquinaria, como retroexcavadoras. Estas zanjas se llenan con material filtrante y están equipadas con elementos de captación y transporte de agua, como tubos perforados (Ver Figura 19) (Llorente, 2003).

Generalmente el dren francés se usa en los siguientes casos: En primer lugar, se instala longitudinalmente al pie de los taludes de corte para interceptar filtraciones y flujos sub superficiales que puedan llegar a afectar la estabilidad de una construcción. Así mismo, se coloca a lo largo de un terraplén, especialmente en áreas donde el agua subterránea se encuentra presente. Además, puede formar parte de un sistema de drenes transversales y longitudinales o dispuestos como una "espinas de pescado", con el fin de evacuar el flujo subsuperficial presente en la zona de emplazamiento (Navarro, 2017).

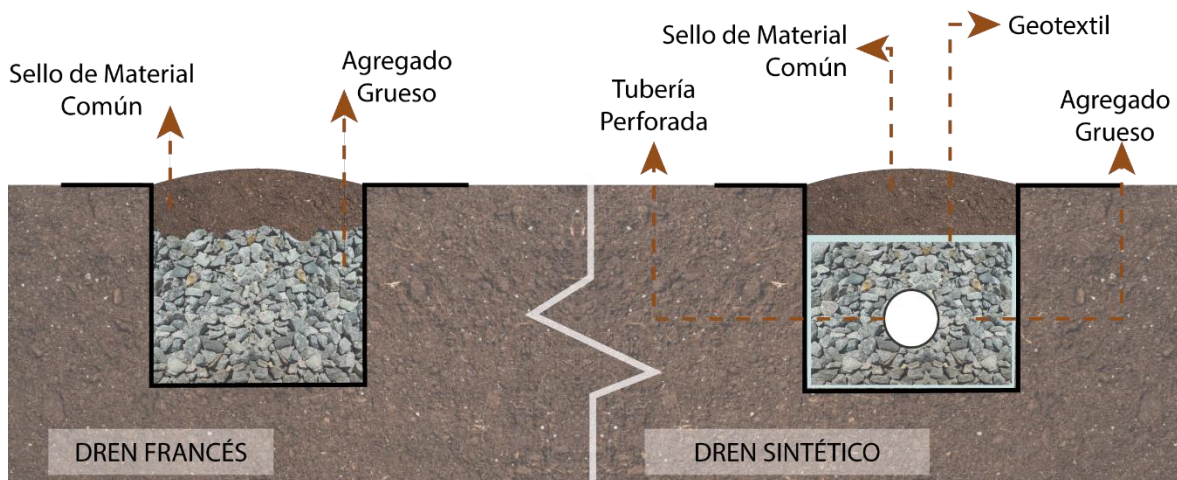
##### ***b. Drenaje tipo sintético.***

El drenaje de tipo sintético surge como respuesta a la dificultad de obtener materiales naturales para la construcción de subdrenajes, así como con el avance de nuevas tecnologías, como las mallas sintéticas (Soto, 2013). Estos subdrenajes sintéticos se componen de tres elementos fundamentales:

- Red de malla sintética: forman canales que facilitan el flujo de agua a través de ella.
- El geotextil: se utiliza como filtro, impidiendo que las partículas del suelo pasen hacia la red de malla sintética, al mismo tiempo que permite el paso del agua.

- Tubo colector perforado: en el extremo inferior de la red de malla sintética, y envuelto por el geotextil, se instala un tubo que recoge y transporta el agua que ha sido colectada por la red de malla sintética.

Este enfoque sintético ofrece una alternativa efectiva para el drenaje en áreas donde la disponibilidad de materiales naturales es limitada, proporcionando un sistema eficiente de recolección y evacuación del agua subterránea (Ver Figura 19) (Navarro, 2017).



**Figura 19:** Esquema dren francés – dren sintético.

**Fuente:** Navarro, (2017). **Elaboración:** Propia.

## 1.6 GEOTEXTILES.

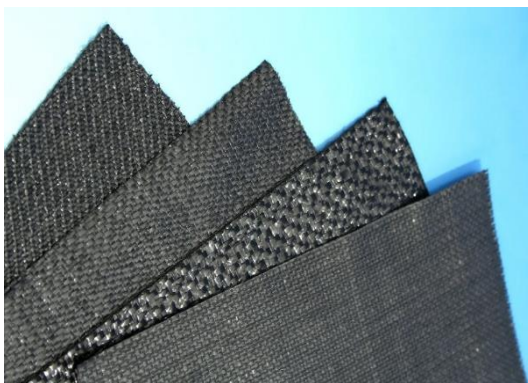
Los geotextiles se definen como materiales textiles permeables que se emplean en diversas aplicaciones de ingeniería civil para cumplir funciones como filtración, drenaje, separación, refuerzo y estabilización dentro de las estructuras construidas sobre tierra, roca u otros materiales. Estos materiales forman parte integral de proyectos de ingeniería geotécnica y civil, los cuales se utilizan en contacto directo con el suelo y otros elementos. Su uso abarca una amplia gama de proyectos, incluyendo edificaciones ferroviarias, carreteras, presas, canales, sistemas de drenaje, vertederos y en operaciones de separación de suelos, entre otros (Ballester et al., 2000).

### 1.6.1 Tipos de geotextiles según la forma de fabricación.

#### a. Geotextiles tejidos.

Un amplio número de geotextiles pertenecen al tipo tejido, los cuales pueden ser categorizados según el método de fabricación. Estos son los primeros en desarrollarse a partir de fibras sintéticas, empleando técnicas similares a la tejeduría de textiles convencionales para prendas de vestir. Este tipo de geotextil presenta la característica de contar con dos conjuntos de hilos paralelos: la urdimbre, que se extiende a lo largo de la longitud, y la trama, que es perpendicular a ella (Ver Figura 20) (Geosistemas PAVCO, 2009).

Los usos más comunes de los geotextiles tejidos incluyen aplicaciones en accesos de parqueaderos, entradas o salidas de construcción, pavimentación, carreteras y sub-bases para edificaciones. Este tipo de geotextiles se producen a partir de una red de hilos tejidos, lo que les confiere características diferentes, aunque proporcionan separación, estabilización y mayor resistencia, su permeabilidad es menor (Soto, 2013).

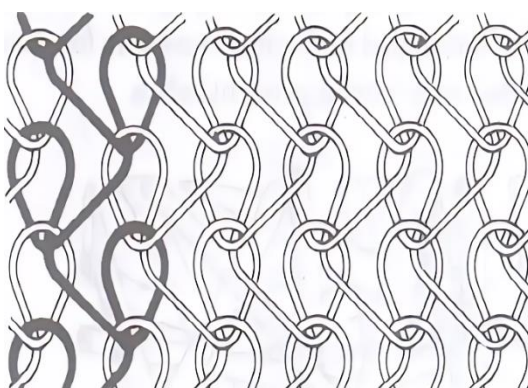


**Figura 20:** Imagen geotextil tejido.

**Fuente:** Fullcons. (2024, abril 22). Entendiendo las diferencias: Geotextiles tejidos vs. no tejidos Tomado de <https://fullcons.com.ec/blog/diferencia-geotextil-tejido-no-tejido/>

#### **b. Geotextiles tejidos de punto.**

Los geotextiles de punto se elaboran mediante un proceso similar al utilizado en la industria textil para la confección de prendas de vestir, conocido como tejido de punto. En este proceso, se entrelazan una serie de bucles de hilo. A diferencia de otros tipos de geotextiles, se produce una variedad limitada de puntos en este proceso (Ver Figura 21) (Morán, 2019).



**Figura 21:** Geotextil de punto.

**Fuente:** Tomado de Geosistemas PAVCO, (2009)

#### **c. Geotextiles no tejidos.**

Los geo-sintéticos no tejidos se fabrican utilizando fibras cortas o filamentos continuos, que se unen mediante técnicas térmicas, químicas o mecánicas, o una combinación de estas. Independientemente del tipo de fibra utilizado, ya sea básica o continua, el efecto en las propiedades

de los geotextiles no tejidos es mínimo. Estos materiales se crean mediante procesos de enclavamiento mecánico, unión química y unión térmica de fibras o filamentos. Por ejemplo, las telas no tejidas unidas térmicamente presentan una amplia gama de tamaños de poro y suelen tener un espesor típico de alrededor de 0,5-1 mm. En contraste, las telas no tejidas unidas químicamente son comparativamente más gruesas, con un espesor que generalmente oscila alrededor de 3 mm (Ver Figura 22) (Ballester et al., 2000).

Los geotextiles no tejidos tienen una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo drenaje, filtración, barreras, drenaje subterráneo, zanjas, desagües franceses, campos de atletismo, contención de agua y protección geomembrana. También son conocidos como "tejidos filtrantes" debido a su capacidad para proporcionar separación, drenaje, filtración y protección. Estos materiales son especialmente adecuados para su uso en suelos y superficies con zanjas, lo que facilita su instalación con pasadores. Además, presentan propiedades de alta permeabilidad que permiten un flujo de agua elevado y una retención eficaz del suelo, evitando la obstrucción de los sistemas de drenaje por partículas finas del sustrato. Esto ayuda a prolongar la vida útil de las estructuras y tuberías, al tiempo que permite el paso del agua a través de los suelos naturales (Morán, 2019).



**Figura 22:** Geotextil no tejido.

**Fuente:** Atarfil. (n.d.). *Geotextil no tejido GTX NW*. Recuperado de <https://www.atarfil.com/producto/geotextil-no-tejido-gtx-nw/>

### **1.6.2 Propiedades de los geotextiles.**

Según Geosistemas PAVCO (2019), las propiedades primarias esenciales requeridas y especificadas para un geotextil incluyen su respuesta mecánica, capacidad de filtración y resistencia química, ya que estas propiedades son determinantes para su desempeño funcional.

#### **a. Respuesta mecánica.**

La respuesta mecánica se refiere a la capacidad del geotextil para soportar las cargas y deformaciones asociadas con las aplicaciones geotécnicas. Depende de factores como la orientación y regularidad de las fibras, así como del tipo de polímero utilizado en su fabricación (EMCALI, 2011).

### **b. Capacidad de filtración.**

La capacidad de filtración se relaciona con la capacidad del geotextil para permitir el paso del agua mientras retiene las partículas del suelo (EMCALI, 2011).

### **c. Resistencia química.**

La resistencia química indica la capacidad del geotextil para resistir la degradación causada por agentes químicos presentes en el suelo o en el entorno circundante. Depende del tamaño y la composición química de las fibras utilizadas en el geotextil (EMCALI, 2011).

## **1.7 TUBERÍA.**

La función de la tubería consiste en recolectar y eliminar el exceso de agua atrapada a través de las capas drenantes. Por lo general, se instala con una leve pendiente para facilitar el drenaje por gravedad. En la actualidad, se prefieren tuberías de polietileno o PVC en lugar de las antiguas de concreto o metal, debido a su menor costo y mayor resistencia. Estas tuberías presentan una variedad de características, incluyendo superficies lisas o corrugadas, paredes dobles o simples, y perforaciones con forma redondeada o ranuras para permitir el ingreso del agua (Ver Figura 23) (Llorente, 2003).

### **1.7.1 Tipos de tuberías.**

#### **a. La tubería lisa:**

Hace que la estructura de la misma sea rígida, evitando así que irregularidades en el terreno la deformen y obstaculicen el paso libre del agua evacuada.

#### **b. La tubería corrugada:**

Es flexible, por lo tanto, sería susceptible a la deformación por ondulaciones en el terreno.

#### **c. La funcionalidad de la doble pared:**

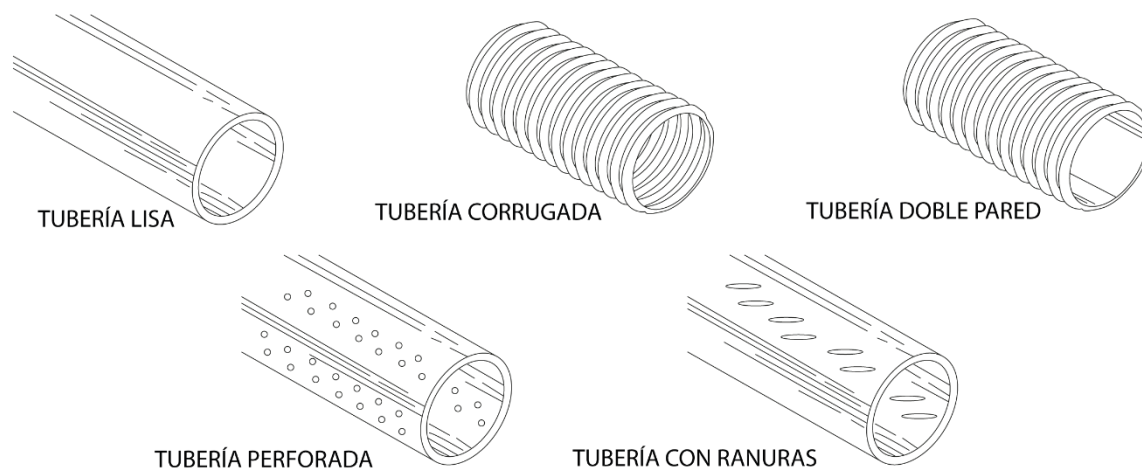
Es la de proporcionar una superficie interna lisa, que permite una menor fricción entre el agua y la tubería, a su vez le proporciona una mayor rigidez.

#### **d. Las perforaciones redondas de una tubería:**

Permiten el flujo libre del agua con la desventaja de que, debido a su forma, las partículas que logran penetrar en el geotextil encajan perfectamente en ellas y las taponan, reduciendo así su capacidad de captación.

e. **Tubería con ranuras:**

Permiten el flujo libre del agua, con la ventaja de que, en caso de presentarse un taponamiento con partículas finas, estas no obstruyen en su totalidad la ranura. (Llorente, 2003).



**Figura 23:** Tipos de tuberías.

**Fuente:** Llorente, (2003). **Elaboración Propia.**

### 1.8 IMPERMEABILIZACIÓN.

La impermeabilización se refiere al proceso de protección de un sustrato para prevenir la infiltración de agua u otros líquidos, ya sea por presión hidrostática o capilaridad. Este enfoque implica establecer un sistema sin fisuras mediante el uso de membranas elásticas y duraderas, que garantizan una barrera efectiva contra la humedad y contribuyen a la integridad estructural de la superficie (Girón & Ramírez, 2016).

#### 1.8.1 Impermeabilización de cimientos.

Los cimientos son la base sobre la cual se construye una casa, siendo responsables de transferir las cargas muertas y vivas al suelo. Sin embargo, la principal fuente de problemas en la cimentación suele ser el agua. El suelo húmedo debajo de una base puede hincharse o perder fuerza, lo que puede generar complicaciones adicionales como sótanos y espacios de arrastre húmedos, propensos a la formación de moho (Angumba, 1998).

El concreto convencional, aunque resistente a las grietas, no es impermeable al vapor de agua, lo que significa que puede permitir la penetración de vapor. Por lo tanto, es fundamental mantener el agua alejada de los cimientos de concreto y evitar que atraviese el material para garantizar la integridad estructura por medio de una impermeabilización que varía según diversos factores como la ubicación geográfica, el clima, la topografía, la profundidad de la base y las condiciones de la capa freática. Sin embargo, en general, estos sistemas constan de tres componentes principales: drenajes para alejar el agua de la base, tratamientos en las paredes para

prevenir la capilaridad de los materiales redirigiendo el agua hacia desagües, y tratamientos en la superficie del suelo adyacente al edificio para controlar el flujo de aguas superficiales (Morán, 2019).

### **1.8.2 Impermeabilización con drenes.**

Según Llorente (2003), la efectividad de cualquier sistema de impermeabilización depende en gran medida de la presencia de un drenaje de cimentación adecuado. Sin un drenaje eficiente, el agua puede acumularse bajo tierra, lo que requiere la instalación de una bomba de sumidero para eliminar el exceso de agua. Estas bombas desvían el agua, generalmente hacia un desagüe pluvial, ayudando a reducir la humedad si el nivel freático se encuentra por encima de la base de la casa. Para mantener el agua alejada de la base en el nivel superficial, se pueden emplear varias estrategias, como un sistema de canaletas para alejar el agua del suelo, tuberías que se vacían en desagües. Así mismo, Navarro (2017), recomienda utilizar suelos de alta calidad que no estén demasiado compactados y que drenen bien en la cobertura del dren, además recalca la necesidad de agregar una capa de grava para generar una adecuada filtración.

#### **a. Ventajas y desventajas.**

La impermeabilización con drenes ofrece varias ventajas significativas, incluido el control efectivo del agua, la prevención de problemas de humedad, la mejora de la estabilidad del suelo y el aumento de la vida útil de las estructuras al evitar la acumulación de agua. Sin embargo, presenta algunas desventajas importantes, como el costo inicial asociado con la instalación de sistemas de drenaje, el mantenimiento periódico requerido para garantizar su eficacia, la posibilidad de obstrucciones en los drenajes y los requisitos específicos de diseño e instalación que deben seguirse cuidadosamente para lograr resultados óptimos.

### **1.8.3 Impermeabilización con geotextiles.**

La impermeabilización con geotextiles se refiere al proceso de utilizar materiales textiles especialmente diseñados para evitar la infiltración de líquidos, como agua o vapor de agua, en diversas estructuras y superficies. Estos geotextiles se aplican para crear una barrera protectora que impide el paso del agua, contribuyendo así a preservar la integridad y durabilidad de las superficies y estructuras contra los efectos adversos de la humedad (Morán, 2019).

#### **a. Ventajas y desventajas.**

La impermeabilización con geotextiles ofrece una serie de ventajas notables, entre ellas, su resistencia a la tracción, su ligereza, su alta resistencia a la rotura y su versatilidad para una variedad de aplicaciones. Sin embargo, también presenta algunas desventajas importantes, como el costo inicial asociado con la adquisición e instalación de los geotextiles, la necesidad de instalación por personal especializado, la vulnerabilidad a daños físicos durante la manipulación y la instalación, la dependencia del diseño y la calidad del material para lograr resultados efectivos y duraderos.

## 1.9 ANÁLISIS DE NORMATIVA DE CONSTRUCCIÓN.

Las normas de drenaje especifican las propiedades del material, como es el caso de las tuberías de plástico, donde las especificaciones incluyen composición química, aditivos y estancias estándar. En cambio, con los polímeros se determinan a corto y largo plazo parámetros físicos como diámetro, perforaciones, resistencia a la rotura, resistencia al impacto, fragilidad y rigidez. Las referencias importantes para países sin experiencia en drenaje son las normas internacionales ASTM e ISO (Stuyt, 2009).

### 1.9.1 Normas de América del Norte.

Poco después de instalar por primera vez el tubo corrugado en Estados Unidos, se reconoció la necesidad de contar con normas que regulen el material. En este caso, la ASTM crea la primera norma para tuberías y accesorios corrugados en 1974, pero en 1976 se añade una nueva norma para tuberías de gran diámetro y en 1983 se decide oficialmente por la norma para tuberías de PVC (Stuyt, 2009).

**Tabla 1:** Normas de Estados Unidos de América y Canadá para tuberías de plástico corrugado.

MATERIAL Y TIPO	DIÁMETRO INTERNO NOMINAL (mm)	NORMA
Tuberías de plástico, drenaje	75 – 300	CGSB1 41-GP-29Ma (1983)
Tuberías y conexiones de plástico	100 – 300	BNQ2 3624-115 (1985)
Tuberías y conexiones de polietileno	75 – 150	ASTM F405-97
Tuberías de polietileno	200 – 300	ASTM F667-97
Tuberías de polietileno	100 – 200	USBR2 (1974)
Tuberías de polietileno y de cloruro de polivinilo	250 – 300	USBR2 (1981)
Tuberías y conexiones de cloruro de polivinilo	100 – 200	ASTM4 F800-83
Tuberías de cloruro de polivinilo	100 – 200	USBR2 (1976)
Tuberías de cloruro de polivinilo	75 – 300	SCS5 606 (1980)

1. Canadian General Standard Board.
2. Bureau Normalisation du Quebec.
3. Revisión interrumpida en 1992.
4. USDA Soil Conservation actualmente: National Resource Conservation Services (nracs, 1998).

### 1.9.2 Peritaje estructural.

En el peritaje estructural, es necesario evaluar el estado de una propiedad con el propósito de identificar sus condiciones o características.

### 1.10 NEC-SE-VIVIENDA: Viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5m parte 2.

#### 1.10.1 Limpieza de terreno.

El terreno debe limpiarse de todo material orgánico. Paralelamente debe realizarse los drenajes necesarios para asegurar una mínima incidencia de humedad.

#### 1.10.2 Condiciones no drenadas y esfuerzos totales.

Para el caso de suelos arcillosos ligeramente o normalmente consolidados, saturados y sin fisuración, se presenta un comportamiento particular del criterio de falla Mohr-Coulomb expresada en términos de esfuerzos totales representando la condición no drenada, en el cual:

$$c = \text{cohesión total} = C_u = S_u = \text{resistencia al corte no drenada}$$

$$\varphi = \text{ángulo de fricción aparente} = 0.0$$

Por lo tanto,

$$\tau_f = C_u = S_u = \text{resistencia al corte no drenada}$$

$$\tau_A = S_u / FS_{\text{corte}}$$

#### 1.10.3 Asentamiento por consolidación.

Se utiliza la teoría de la consolidación para calcular el asentamiento en suelo cohesivo saturado. Ocurre cuando se aplica una carga al suelo saturado, provocando deformación por cambios de volumen debido a la liberación de agua del vacío o deformación primaria. Los parámetros geomecánicos requeridos se obtienen a partir de ensayos de laboratorio sobre muestras inalteradas, como ensayos de edometría con carga adicional o deformación unitaria constante y ensayos triaxiales CIU.

### 1.11 PROCESO DE INSTALACIÓN DE DRENES.

#### 1.11.1 Sistema de drenaje.

La gestión del exceso de agua en un terreno requiere un sistema de drenaje subterráneo bien diseñado, que evite la acumulación de agua y proteja los cimientos de las estructuras. Este

sistema comprende drenes laterales para áreas específicas y drenes terciarios que transportan el agua recolectada hacia los drenes principales, encargados de evacuar el exceso de agua del área afectada. Además, algunos casos pueden incluir drenes secundarios que complementan la función de los principales.

Estos drenes no solo transportan el agua, sino que también controlan el nivel freático, asegurando la estabilidad y la integridad de las estructuras construidas sobre el terreno. En conjunto, proporcionan una solución eficaz y sostenible para gestionar el agua subterránea (Gavilanes, 2020).

**a. Sistema parcelario en paralelo.**

El sistema de drenaje parcelario en paralelo se caracteriza por tener drenes dispuestos en una dirección paralela entre sí, lo que es adecuado en terrenos con pendientes uniformes. En este sistema, los drenes recogen el agua de manera eficiente al seguir la misma dirección de la pendiente, facilitando así la evacuación del exceso de agua y previniendo la acumulación en puntos bajos del terreno. Esta disposición ofrece una distribución equitativa del drenaje a lo largo del área, lo que contribuye a mantener niveles adecuados de humedad en el suelo y favorece un drenaje efectivo (Ver Figura 24) (Gavilanes, 2020).

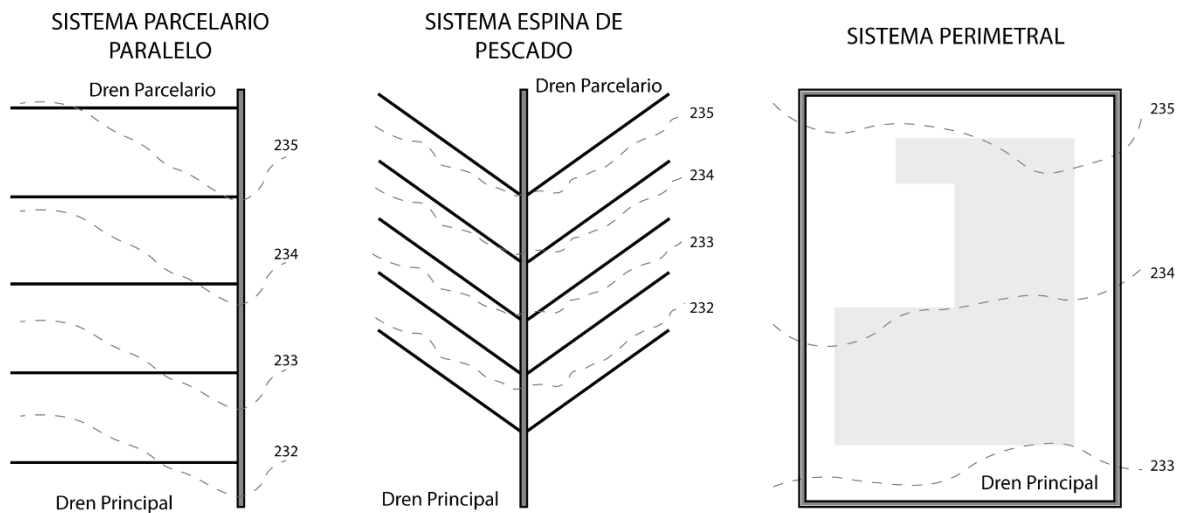
**b. Sistema espina de pescado.**

Este sistema implica la disposición de los drenes de manera diagonal o en forma de espina de pescado, lo que permite abarcar áreas más extensas y adaptarse a terrenos irregulares. Este diseño es especialmente útil en terrenos con pendientes variables o características topográficas complicadas, ya que los drenes siguen diferentes direcciones para garantizar una cobertura completa del área. Además, al cruzarse en puntos estratégicos, este sistema facilita la captación del agua de lluvia y su posterior evacuación, reduciendo así el riesgo de encharcamientos y erosión del suelo (Ver Figura 24) (Gavilanes, 2020).

**c. Sistema perimetral.**

Este sistema implica la instalación de tuberías alrededor de la base de la estructura, a una profundidad que coincide con el nivel freático del suelo. Estas tuberías recolectan el agua que se filtra hacia la base debido a diversas fuentes, como la lluvia o el riego, para prevenir la acumulación de humedad que podría comprometer la estabilidad de la edificación. El agua recogida se dirige a un sistema de evacuación, como un sumidero o una zanja de drenaje, para alejarla de la base y evitar problemas de humedad y daños en la cimentación.

Este sistema asegura una gestión efectiva del agua alrededor de la estructura, mejorando su durabilidad y seguridad a largo plazo (Ver Figura 24) (Morán, 2019).



**Figura 24:** Sistemas de drenajes.

**Fuente:** Gavilanes, (2020). **Elaboración:** Propia.

NOTA: El primer esquema representa la distribución del sistema parcelario paralelo, el segundo representa el sistema de espina de pescado y el último representa el sistema perimetral.

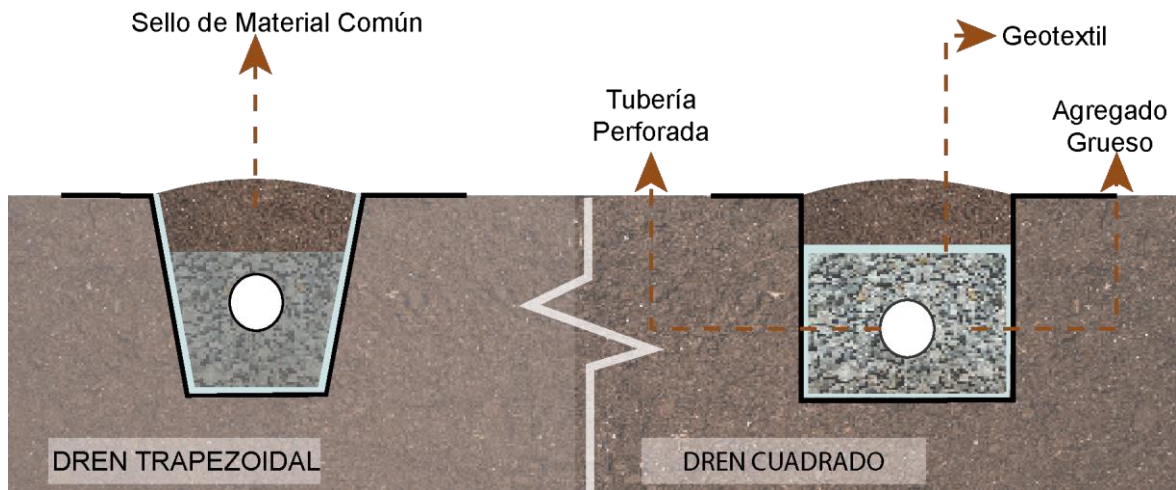
### 1.11.2 Forma de drenes.

#### a. Canal trapezoidal.

Esta es la forma más utilizada en ingeniería y agricultura, tiene la base más estrecha que la superficie, por otra parte, las paredes están inclinadas para que el agua pueda recogerse en un punto preferente del canal, evitando la erosión en suelo. Para el diseño de los mismos se usa una combinación de grava y geotextil como material filtrante de la tubería corrugada, cuentan con un material de relleno para la colocación del dren (Ver Figura 25) (Echeverry, 2004).

#### b. Canal cuadrado.

Los canales cuadrados se utilizan en situaciones donde se requiere un drenaje eficiente y uniforme, por lo general se recomiendan en terrenos con características planas o con una topografía que permita la instalación de canales con una sección transversal más uniforme. Estos canales de agua suelen utilizar tuberías de PVC o HDPE, envueltas en geotextiles para su filtrado y protección contra obstrucciones, con materiales de relleno como grava para facilitar el flujo de agua hacia las tuberías (Ver Figura 25) (Echeverry, 2004).



**Figura 25:** Forma canal de dren.

**Fuente:** Echeverry, (2004). **Elaboración:** Propia.

### 1.11.3 Fase 1: Obras preliminares en la construcción de sistemas de drenaje.

El proceso de construcción de un sistema de drenaje comienza con la fase de diseño y planificación, durante la cual se identifica la ubicación óptima para la disposición de la red de drenes. Esto implica un análisis detallado de las condiciones del terreno para seleccionar el sistema de drenaje más adecuado.

#### a. *Excavación de zanjas.*

Una vez que definida la ubicación apropiada del sistema de drenaje, se procede a la excavación de la zanja con las dimensiones y la profundidad requeridas. Por lo general, la profundidad de la zanja viene determinada por la altura del nivel freático. Este proceso puede llevarse a cabo de forma manual mediante mano de obra o con el uso de maquinaria de excavación mecánica (CORASCO, 2018).

La excavación manual se lleva a cabo utilizando herramientas como palas, picos y picoletas, donde los trabajadores excavan la zanja de forma manual siguiendo las dimensiones y profundidad requeridas para el sistema de drenaje. Por otro lado, la excavación mecánica se realiza utilizando maquinaria especializada, como excavadoras o retroexcavadoras, que facilitan el proceso de excavación de manera más rápida y eficiente. Este tipo de excavación es ideal para terrenos donde la mano de obra manual sería demasiado lenta o difícil de realizar, especialmente en casos de zanjas profundas o extensas.

#### b. *Compactación del suelo.*

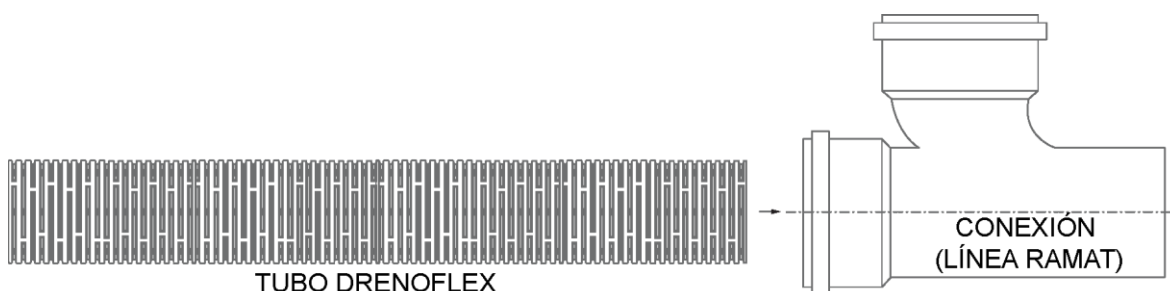
Una vez excavadas las zanjas, se lleva a cabo la compactación de la base para mejorar sus condiciones y proporcionar una estructura más sólida. Este proceso se realiza utilizando equipos como pisones o compactadoras mecánicas, tales como rodillos vibrantes o compactadoras de placa.

La selección del sistema de compactación adecuado requiere un conocimiento previo del tipo de suelo, así como del tamaño y la profundidad de la zanja. Esta etapa es fundamental para garantizar la estabilidad y resistencia del terreno en el que posteriormente se asienta la infraestructura de drenaje (CORASCO, 2018).

Después de compactar el suelo en las zanjas del sistema de drenaje, se vierte una capa de concreto. Esta capa sirve como base resistente para la infraestructura de drenaje, previene la infiltración de agua en el suelo subyacente y dirige el flujo de agua a los puntos de salida designados. Además, proporciona soporte para la instalación adecuada de tuberías de drenaje.

### **c. Características de acoplamiento.**

El sistema de conexión para drenes corrugados DRENOFLEX, que incluye acoples y adaptadores, tiene un diseño innovador que utiliza pinzas para facilitar la inserción de la tubería y brindar alta resistencia al desmontaje, garantizando una buena fijación entre piezas. Esto garantiza que una vez ensambladas, las conexiones permanezcan selladas y no se separen durante la instalación. Este mecanismo de instalación demuestra claramente la facilidad y seguridad con la que se puede continuar el proceso sin riesgo de desprendimientos no deseados (Ver Figura 26) (Llorente, 2003).



**Figura 26:** Acoplamiento de dren y conexiones.

**Fuente:** Llorente, (2003). **Elaboración:** Propia.

### **d. Vida útil.**

Los drenes perforados tienen una vida útil que depende de varios factores, como la calidad del material, la instalación adecuada y el mantenimiento regular. Los subdrenes bajo la calzada deben tener una vida útil igual a la exigida para las alcantarillas, lo que generalmente se sitúa en un rango de 50 a 100 años, dependiendo de las condiciones específicas del sitio y los materiales utilizados (Pérez et al., 2008).

## **1.11.4 Fase 2: Construcción del sistema de drenaje.**

### **a. Dren método 1: Dren francés simple.**

- Materiales.
  - Material granular: Grava de  $\frac{3}{4}$ .

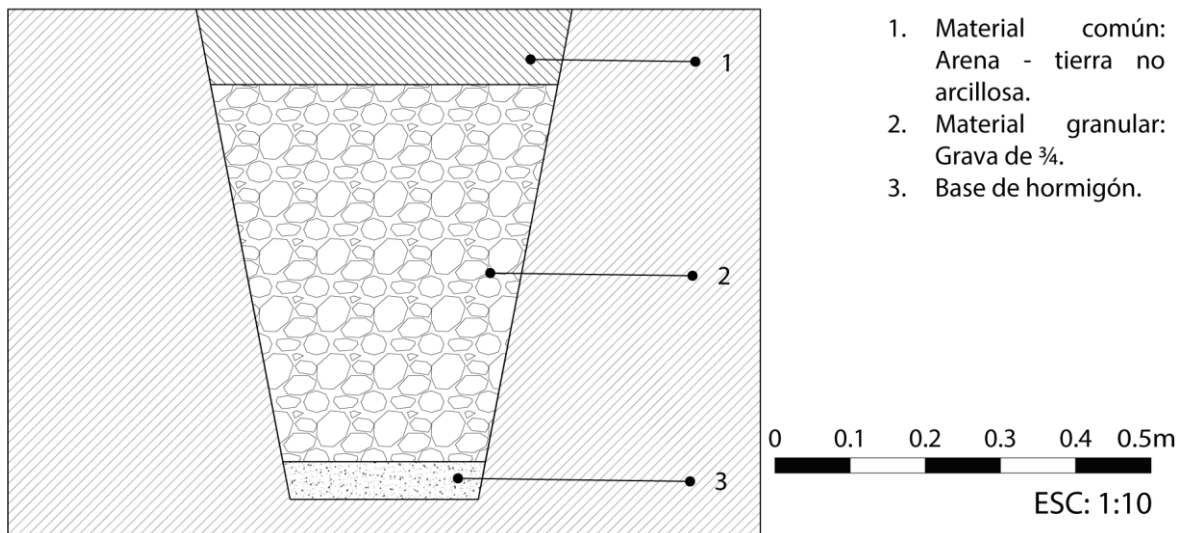
- Material común: Arena - tierra no arcillosa.
- Descripción.

Este método, considerado como el más económico y tradicional, implica en:

- Se genera en el fondo de la excavación una base de hormigón.
- Sobre la base de hormigón se rellena la zanja con material granular.
- Finalmente se sella la zanja con material común (Ver Figura 27)

El material común actúa como una barrera que evita el paso de los agregados finos del suelo, mientras que el espacio dentro del material granular facilita la captación y dirección del agua o la humedad. Este enfoque proporciona una solución efectiva y económica para el drenaje del agua en las zanjas, asegurando la estabilidad y la funcionalidad del sistema construido (Gavilanes, 2020).

- Detalle.



**Figura 27:** Drenaje francés simple.

**Fuente:** Gavilanes, (2020). **Elaboración:** Propia.

#### ***b. Dren método 2: Drenaje con tubería.***

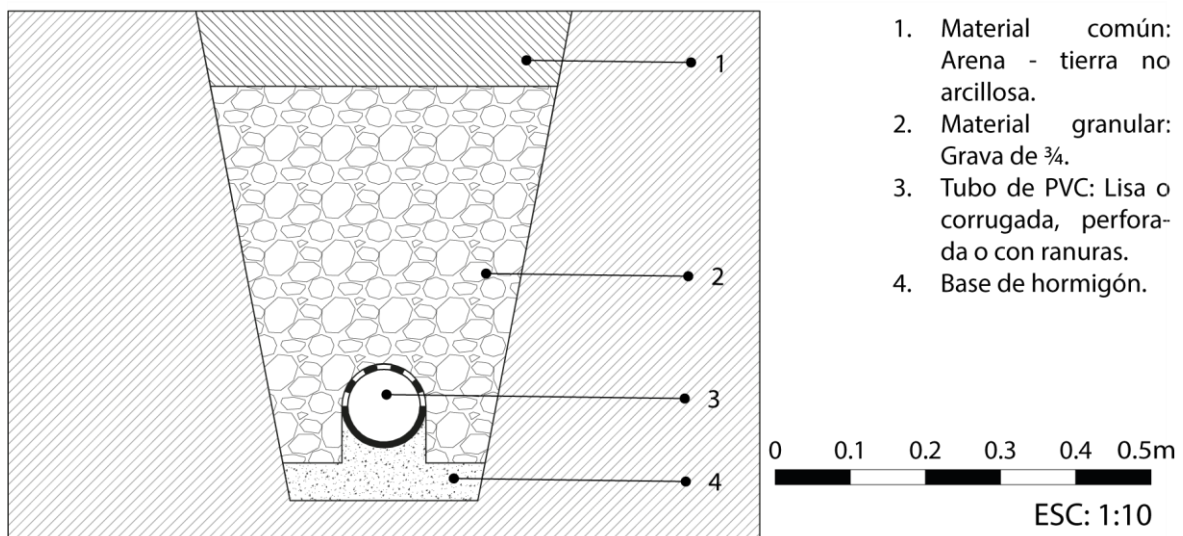
- Materiales.
  - Material granular: Grava de  $\frac{3}{4}$ .
  - Material común: Arena - tierra no arcillosa.
  - Tubo de PVC: Lisa o corrugada que puede ser perforada o con ranuras.
- Descripción.
  - Este método implica la instalación de una tubería diseñada para captar eficientemente el agua del suelo (Ver Figura 28)
  - Su construcción sigue el mismo principio que el dren francés, con la diferencia de que en la parte inferior de la zanja se coloca la tubería seleccionada sobre la base de hormigón.

- Después se vierte material granular de forma que cubra la tubería.
- Finalmente se coloca el material común en la parte superior de la zanja.

Esta tubería permite una mejor captación y evacuación del agua del suelo, asegurando un drenaje efectivo y evitando problemas de acumulación de agua o humedad en la zona.

Una ventaja significativa de utilizar tuberías de PVC para la recolección y evacuación del agua es su alta eficacia de recolección y evacuación del agua, lo que evita problemas de acumulación o filtración. En comparación, en el drenaje francés simple, el agua captada no sale de las tuberías, por lo que la base de hormigón asume la función de dirigir el agua captada (Gavilanes, 2020).

- Detalle.



**Figura 28:** Drenaje con tubería.

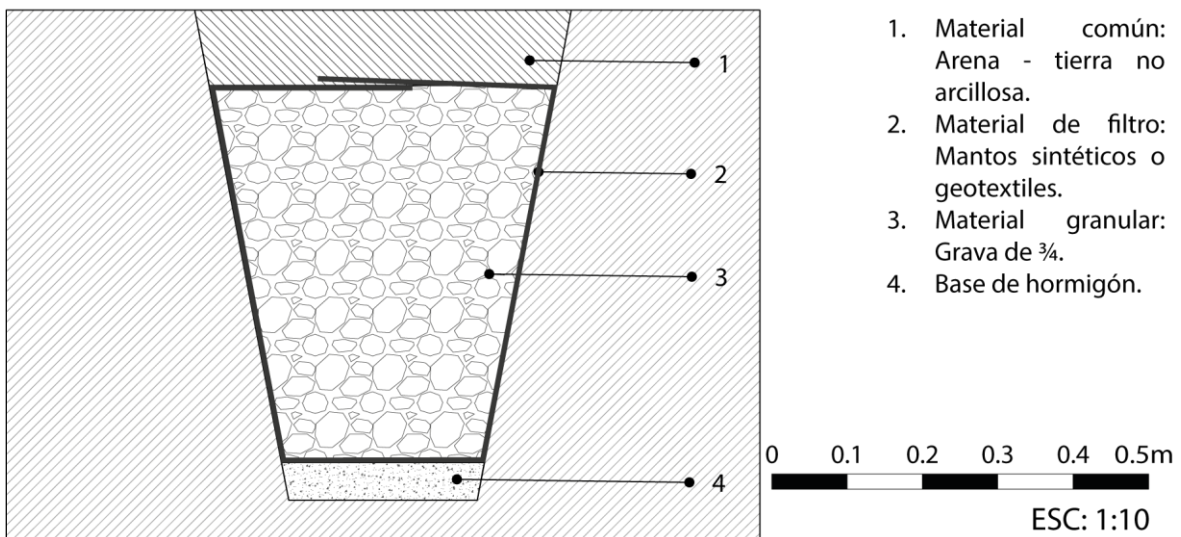
**Fuente:** Gavilanes, (2020). **Elaboración:** Propia.

### ***c. Dren método 3: Drenaje con geotextil.***

- Materiales.
  - Material granular: Grava de  $\frac{3}{4}$ .
  - Material común: Arena - tierra no arcillosa.
  - Tubo de PVC: Lisa o corrugada que puede ser perforada o con ranuras.
  - Material de filtro: Mantos sintéticos o geotextiles.
- Descripción.

Este sistema de drenaje se distingue por la adaptación de los sistemas convencionales, con la particularidad de una mayor eficiencia gracias al uso de geotextiles. Estos materiales evitan el paso de material fino, asegurando que los espacios del material granular permanezcan libres y sin obstrucciones. Esta característica facilita la captación y el direccionamiento del agua del suelo de manera más efectiva (Ver Figura 29) (Gavilanes, 2020).

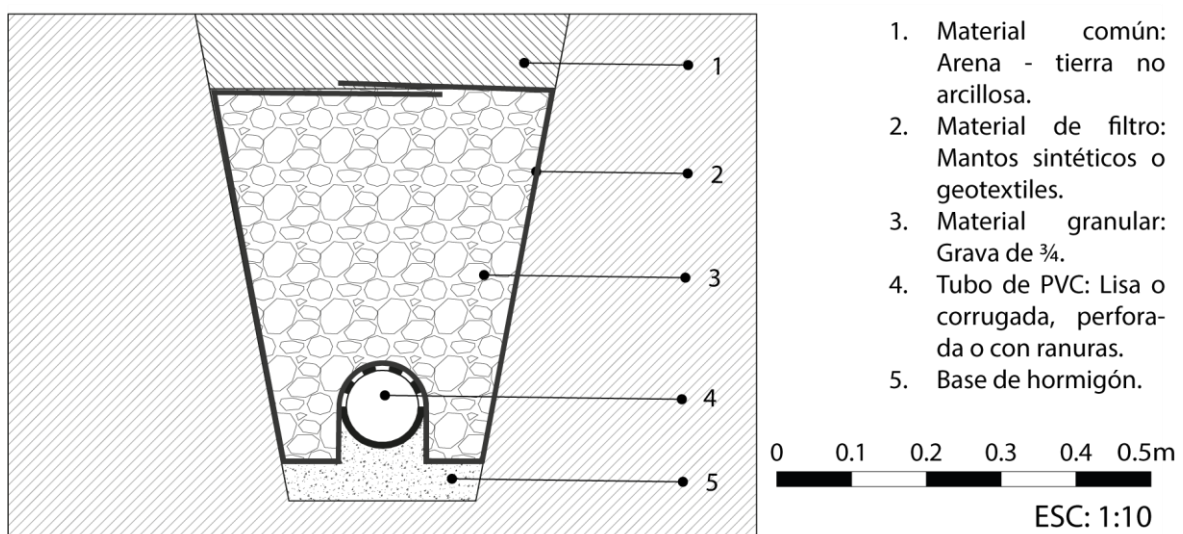
- El proceso inicia con la colocación del geotextil sobre la base de hormigón y los laterales de las zanjas, dejando un excedente.
  - Seguido se vierte el material granular, el cual se cubre con el excedente del geotextil, envolviéndolo adecuadamente.
  - Finalmente, se coloca el material común sobre el geotextil, completando el proceso.
  - En caso del sistema de drenaje con tubería, el proceso es similar, pero con la diferencia de que el tubo colector se posiciona sobre la base de hormigón y se cubre con geotextil (Ver Figura 30).
- Detalle 1: Dren francés con geotextil.



**Figura 29:** Drenaje francés con geotextil.

**Fuente:** Gavilanes, (2020). **Elaboración:** Propia.

- Detalle 2: Drenaje con tubería y geotextil.



**Figura 30:** Drenaje con tubería y geotextil.

**Fuente:** Gavilanes, (2020). **Elaboración:** Propia.

#### **d. Dren método 4: Muros de contención.**

- Materiales.
  - Hormigón.
  - Varillas de hierro corrugado.
  - Membrana impermeabilizante.
  - Geotextil.
  - Drenaje de base.
  - Material de relleno.
- Descripción.

Este sistema de drenaje en un muro de contención impermeabilizado, es diseñado para evitar la acumulación de agua detrás del muro, lo que podría ejercer presión hidrostática y comprometer su estabilidad (Ver Figura 31) (Peck et al., 2009).

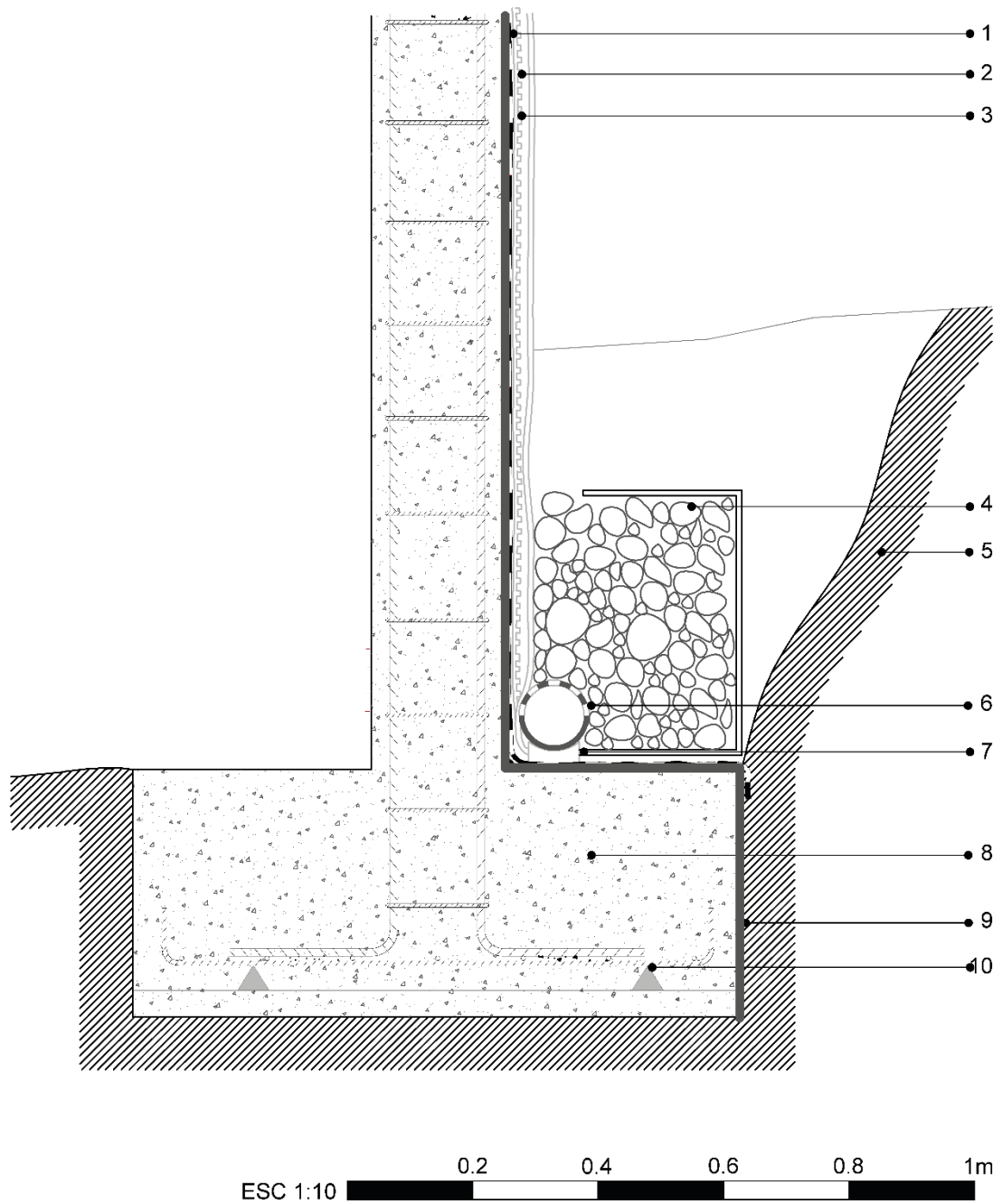
Consta de varios elementos estratégicamente ubicados como son:

- Drenes verticales: Son comúnmente conocidos como drenes franceses, se colocan a lo largo de la cara trasera del muro, permitiendo la evacuación vertical del agua que pueda filtrarse a través del suelo o la membrana impermeabilizante.
- Drenes horizontales: Estos drenes se instalan en la base del muro, recogiendo el agua acumulada y canalizando el flujo hacia puntos de salida.
- Material de filtración: Entre el suelo de relleno y los drenes se coloca un material filtrante, como grava o geotextiles permeables, que permite el paso del agua, pero evita la obstrucción de los drenes por sedimentos.
- Salidas de drenaje: Son los puntos finales donde el agua recogida por los drenes es evacuada fuera del área del muro. Estas salidas pueden estar conectadas a sistemas de desagüe pluvial o a redes de drenaje subterráneo.

El proceso de diseño e instalación de un sistema de drenaje en un muro de contención impermeabilizado incluye varios pasos principales:

- Análisis del sitio: Analizar donde se construirá el muro de contención. Esto incluye examinar el tipo de suelo, la pendiente del terreno y la ubicación de fuentes de agua.
- Determinación de la carga hidrostática: Se calcula la carga hidrostática esperada, que es la presión que ejerce el agua acumulada detrás del muro.
- Selección de materiales: Con base en el análisis del sitio y la carga hidrostática esperada, se seleccionan los materiales adecuados para el sistema de drenaje.
- Diseño del sistema de drenaje: Se prepara un diseño detallado del sistema de drenaje, incluyendo la ubicación de los drenajes verticales y horizontales.
- Instalación del sistema de drenaje: Una vez finalizado el diseño, se instala el sistema de drenaje, esto incluye excavar para colocar tuberías de drenaje.
- Pruebas: Después, se realizan pruebas para verificar la efectividad de instalación.

- Detalle.



- |  |  |
|--|--|
| 1. Impermeabilizante de pintura asfáltica. | 6. Dren lineal poroso.                   |
| 2. Huevera.                                | 7. Cama de mortero para el dren.         |
| 3. Geotextil.                              | 8. Varillas 12 mm para armadura.         |
| 4. Grava 3/4.                              | 9. Separadores homologados h= 10cm.      |
| 5. Talud natural del terreno.              | 10. Hormigón de limpieza h =10 cm HA-25. |

**Figura 31:** Muro de contención.

**Fuente:** Peck et al, (2009). **Elaboración:** Propia.

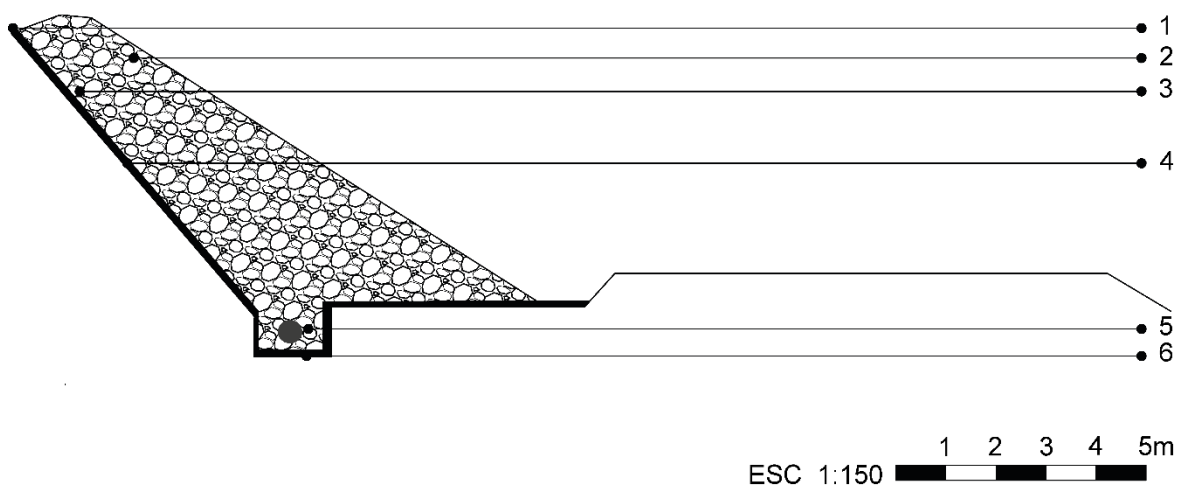
### e. Dren método 5: Pantalla de drenaje.

- Materiales.
  - Canto rodado  $\frac{3}{4}$ .
  - Malla hexagonal galvanizada.
  - Geotextil grueso.
  - Tubería corrugada perforada ABS.
  - Material filtrante como grava o arena.
- Descripción.

Son similares a un muro de contención, sin embargo, dada la peculiaridad de la instalación en una superficie en pendiente (Peck et al., 2009), suelen tener tres elementos principales:

- Filtro de superficie en pendiente: Normalmente se utiliza material granular o geotextil para cubrir toda el área de exfiltración.
- Estructura de retención o retención: Mantiene el filtro en su lugar, esta puede ser una estructura de gavión o pared de malla.
- Drenaje colector: Se ubica en la base del talud para recoger el agua captada por la pantalla y dirigirla a un espacio alejado de la estructura a proteger (Ver Figura 32).

- Detalle.



- |                  |                |
|------------------|----------------|
| 1. Canaleta.     | 4. Geotextil.  |
| 2. Canto rodado. | 5. Tubería.    |
| 3. Talud.        | 6. Subdrenaje. |

**Figura 32:** Pantalla de drenaje.

**Fuente:** Peck et al, (2009). **Elaboración:** Propia.

#### **f. Dren método 6: Impermeabilización en muros corridos.**

- Materiales.
  - Canto rodado 10 - 15 cm.
  - Geotextil grueso.
  - Tubería corrugada perforada ABS.
  - Material filtrante como grava o arena.
  - Hormigón 210 kg/cm<sup>2</sup>.
  - Impermeabilizante a base de brea.
  
- Descripción.

Los muros de listones son un tipo de cimentación que se utiliza tradicionalmente en la construcción de edificios, especialmente en zonas donde abundan los materiales de construcción como la piedra. Estos muros se caracterizan por ser continuos a lo largo de la base de la estructura, proporcionando un soporte fuerte y estable (Peck et al., 2009).

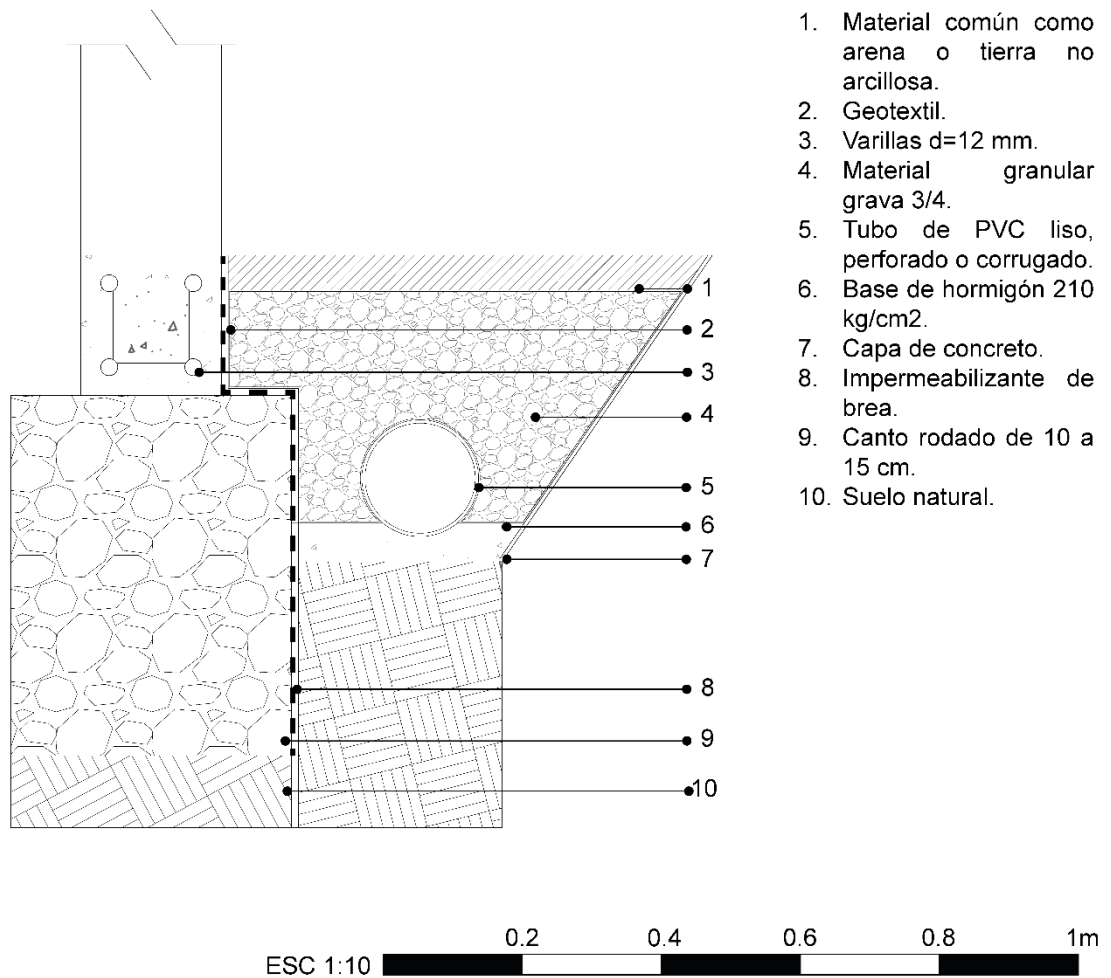
En cuanto a la construcción, los muros macizos se construyen directamente sobre suelo natural o sobre una fina capa de material compactado. Este tipo de base distribuye el peso de la estructura uniformemente a lo largo de la pared, lo que puede resultar útil en terrenos estables.

En la ciudad de Cuenca, el tipo de cimentación más utilizado desde la época colonial son los muros corridos de piedra. Basándose en esta tradición constructiva, la mayoría de las casas cuencanas siguen este sistema de cimentación (Ullauri, 2019). Siendo esta ciudad el caso de estudio de la presente investigación, es importante comprender cómo impermeabilizar comúnmente estos sistemas. A continuación, se describe el procedimiento recomendado:

- Primero, se debe excavar hasta el tope inicial del muro corrido. Luego, se aplica impermeabiliza por medio de una capa de brea que cubre toda la superficie expuesta al contacto con la tierra. Posteriormente, se recubre el muro con material de relleno como tierra compactada, escombros o grava hasta una profundidad de 35 cm. Este relleno se compacta para asegurar la zona y crear un canal de recolección donde se colocará la tubería del drenaje.
- A continuación, se coloca una capa de mortero o concreto para dar forma al canal, que va en la zanja y en la parte del talud. Esta capa sirve como base para asentar la tubería, que suele ser de PVC. Encima de la tubería, se coloca una malla geotextil para prevenir filtraciones, cubriendo también los laterales de la excavación, dejando siempre un excedente.
- Después de la malla, se añade una capa de grava de 3/4, cubierta por el excedente del geotextil. Por último, se coloca un material filtrante común, preferiblemente de naturaleza arenosa. Es importante destacar que tanto el canal como los materiales

utilizados deben cubrir hasta el nivel lateral de la cadena de amarre para proteger la estructura de posibles filtraciones (Ver Figura 33).

- Detalle.



**Figura 33:** Dren de muro corrido.

**Fuente:** Ullauri, 2019). **Elaboración:** Propia.

**g. Dren método 7: Impermeabilización en zapatas aisladas y cadenas de cimentación.**

- Materiales.
  - Armadura de zapata con varillas corrugadas de 10 y 12mm.
  - Armadura de cadena de cimentación con varillas corrugadas de 10 y 12mm.
  - Alza.
  - Hormigón de limpieza de 180kgf/cm.
  - Hormigón 210 kgf/cm.
  - Canto rodado.
  - Hormigón simple 180kgf/cm<sup>2</sup> – base de tubería de dren.
  - Material granular: Grava de  $\frac{3}{4}$ .
  - Material común: Arena - tierra no arcillosa.
  - Tubo de PVC: Liso o corrugado que puede ser perforada o con ranuras.
  - Material de filtro: Mantos sintéticos o geotextiles.
  - Material impermeabilizante como brea, pintura asfáltica o láminas plásticas.
  
- Descripción.

Las zapatas aisladas son una opción común para cimentaciones superficiales en suelos con buena resistencia cerca de la superficie (Gordon & Vernon, 1978). El proceso de construcción incluye los siguientes pasos:

- Fundición de hormigón pobre o de limpieza como base para la zapata.
- Armado de la zapata con varillas corrugadas de 12 mm y estribos cada 15 cm de varillas corrugadas de 10mm, separados del hormigón de limpieza por alzas de 3 a 5 cm. Posteriormente se realiza un encofrado de la zapata con madera.
- Fundición de hormigón de 210 kgf/cm<sup>2</sup> y desmoldeo después del fraguado.

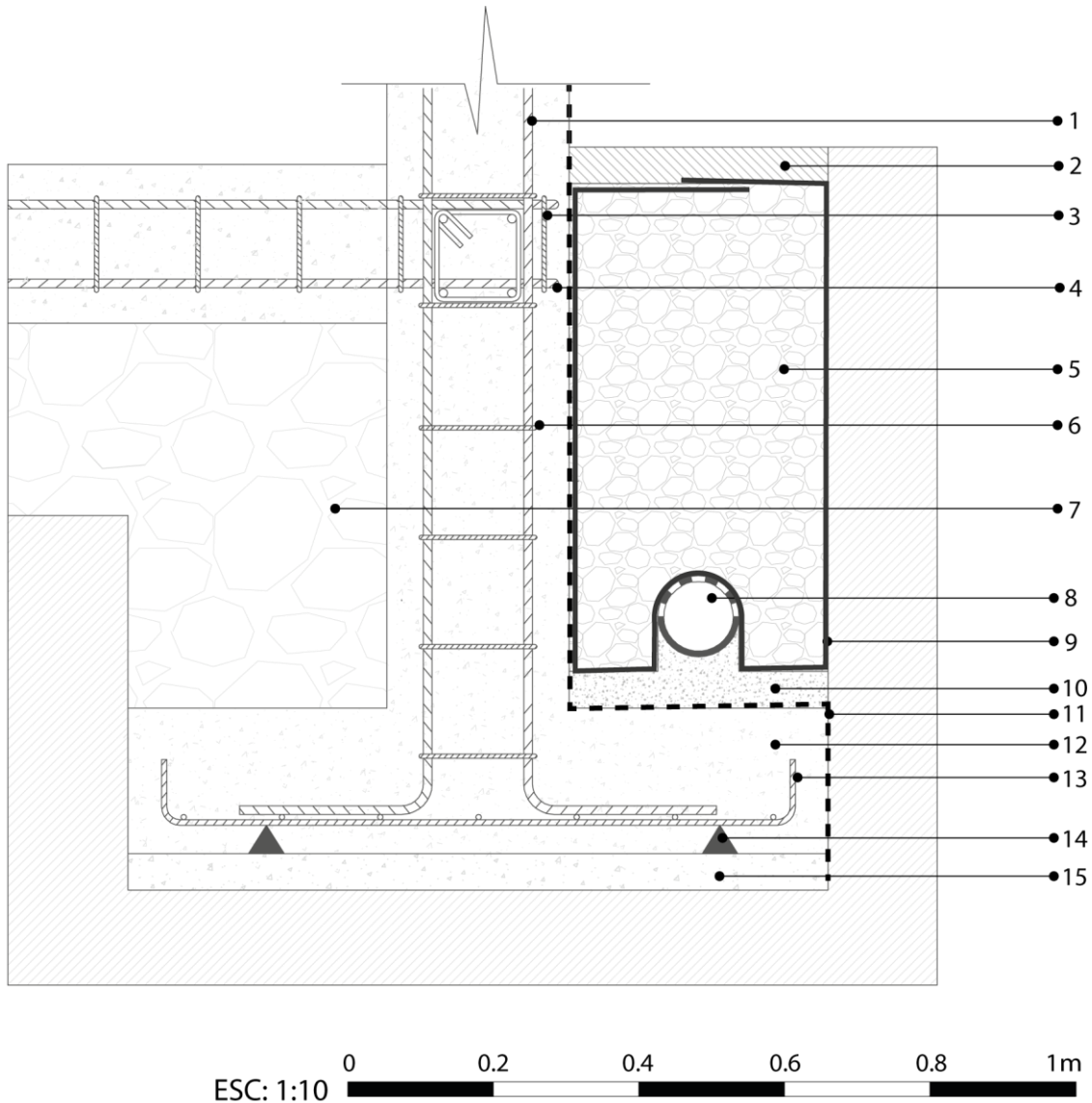
Para las vigas de cimentación que actúan como arriostramiento entre zapatas:

- Colocación de hormigón ciclópeo a base de canto rodado en la base para las vigas.
- Armado de las vigas utilizando barras corrugadas de 12 y 10 mm, asegurando su sujeción en los extremos con las columnas de las zapatas.
- Encofrado de las vigas y fundición de hormigón de 210 kgf/cm<sup>2</sup>.

Para la implementación del sistema de drenaje junto con la zapata:

- Acondicionamiento de la zapata con material impermeabilizante, como brea, pintura asfáltica o láminas plásticas alrededor de la superficie expuesta o en contacto directo con el suelo.
- Implementación del sistema de drenaje en la zapata siguiendo el mismo proceso detallado en *Dren método 3: Drenaje con geotextil* (Ver Figura 34).

- Detalle.



- |  |  |
|--|--|
| 1. Varilla corrugada de 12mm - armado de zapata.               | 10. Base de hormigon.  |
| 2. Material comun: Arena - tierra no arcillosa.                | 11. Material impermeabilizante: Brea, pintura asfáltica o láminas plásticas. |
| 3. Varilla corrugada de 10 mm - armado de viga de cimentación. | 12. Hormigon de 210Kgf/cm2 - fundicion de zapata.                            |
| 4. Varilla corrugada de 12mm - armado de viga de cimentación.  | 13. Varillas corrugadas de 12mm base de zapata.                              |
| 5. Material granular: Grava de 3/4.                            | 14. Alzas.   |
| 6. Varilla corrugada de 10mm - armado de zapata.               | 15. Hormigon de limpieza.  |
| 7. Cama de canto rodado.                                       |  |
| 8. Tubo de PVC: Lisa o corrugada, perforada o con ranuras.     |  |
| 9. Geotextil.  |  |

**Figura 34:** Dren en zapata aislada.

**Fuente:** Gordon & Vernon, (1978). **Elaboración:** Propia.

#### **1.11.5 Recomendaciones.**

1. Los tubos utilizados deben ser de alta calidad, preferiblemente de plástico, material corrugado o fibras bituminosas, y deben tener ranuras u orificios para permitir la entrada de agua al interior. Las juntas de los tubos deben tener un ancho entre 1cm y 2cm, y las perforaciones en la tubería deben tener un diámetro entre 8mm y 10mm, ubicadas en la mitad inferior de la superficie del tubo (Gavilanes, 2020).
2. Se recomienda una pendiente mínima del 0.2%, para lo cual los tubos se asentarán sobre una base de concreto asegurando su correcta ubicación (Gavilanes, 2020).
3. Para evitar la acumulación de agua bajo la tubería, se debe colocar una capa de material compactado alrededor del tubo, que puede ser del mismo terreno, sin llegar al nivel de las perforaciones, o asentarse sobre un solado de concreto (Gavilanes, 2020).
4. Se deben proyectar cajas de registro o buzones a intervalos regulares a lo largo de los drenes longitudinales para controlar el correcto funcionamiento del drenaje y facilitar la evacuación del agua recogida por la tubería (CORASCO, 2018).

# CAPÍTULO II

## DIAGNÓSTICO - ESTUDIO DE CAMPO



## **CAPITULO II: DIAGNÓSTICO - ESTUDIO DE CAMPO**

Este capítulo se divide en tres partes, las que permiten ordenar la información recolectada de manera simple para su fácil comprensión,

La primera parte se centra en la elección de los escenarios de estudio, iniciando por la delimitación del área de análisis en la ciudad de Cuenca, seguido por la selección de la muestra de viviendas donde se describe el interés, la ubicación, topografía y los datos generales de cada una de las construcciones.

La segunda parte se centra en el levantamiento de información específica de cada vivienda, su tipo de implantación, la red de alcantarillado, planos de cimentación y planta baja, datos que nos permite conocer a mayor detalle la distribución y características de la vivienda.

En la parte final, se realiza el levantamiento de información en base a equipo especializado, y el registro de datos a través de fichas elaboradas por los autores, esto permite identificar las causas y efectos de la humedad, su nivel de gravedad, su grado de intervención y los elementos afectados, etc.

El método utilizado para la selección de la muestra se basa en un muestreo por conveniencia. Esto debido al nivel de exigencia necesario para el estudio, la accesibilidad para la toma de datos y su cercanía a fuentes de agua naturales o a una pendiente marcada, es por ello que el número de viviendas es de cinco, pues cumplen con las especificaciones requeridas.

## **2.1 ESCENARIOS DE ESTUDIO.**

### **2.1.1 Delimitación del área de estudio.**

Como se ha detallado en secciones anteriores, la ciudad de Cuenca se asienta sobre cuatro fuentes hidrológicas fundamentales en la región: los ríos Machángara, Yanuncay, Tarqui y Tomebamba. Esta realidad implica un riesgo elevado de inundaciones en determinadas zonas de la localidad (Ver Figura 2) destacando así la importancia de abordar adecuadamente la gestión y prevención de estos eventos en el contexto de la planificación urbana y la seguridad de sus habitantes.

Es por ello que, para el presente análisis, se ha establecido como área de estudio la totalidad de la ciudad de Cuenca, incluyendo tanto las parroquias urbanas como las parroquias rurales. Esta delimitación se ha realizado en función de los riesgos analizados, con el objetivo de recopilar datos en ambos contextos.

### **2.1.2 Selección de casos de estudio.**

Los casos de estudio fueron seleccionados por su similitud con problemas de humedad, ya sea por filtración, nivel freático o capilaridad, además de estar cerca de fuentes hídricas o presentar una fuerte inclinación del terreno que resulta en problemas de humedad en las edificaciones. La cantidad de viviendas seleccionadas se debe a la disponibilidad de acceso para llevar a cabo los levantamientos y pruebas necesarios. Por lo tanto, las viviendas elegidas se distribuyen en diferentes parroquias que cumplen con estas condiciones (Ver Figura 35).

Las viviendas objeto de estudio se localizan en cinco parroquias tanto urbanas como rurales del cantón Cuenca. Las parroquias urbanas seleccionadas son Machángara, Sucre y Yanuncay, mientras que en el ámbito rural se incluyen las parroquias Llacao y Sayausí. Para el desarrollo del levantamiento de información y con el fin de facilitar la organización y gestión de datos, se decide clasificar las viviendas de acuerdo con su uso predominante, su ubicación y por asignación de un número de identificación único.

**Vivienda urbana en la parroquia Machángara:** Denominada como Vivienda Tipo M-001

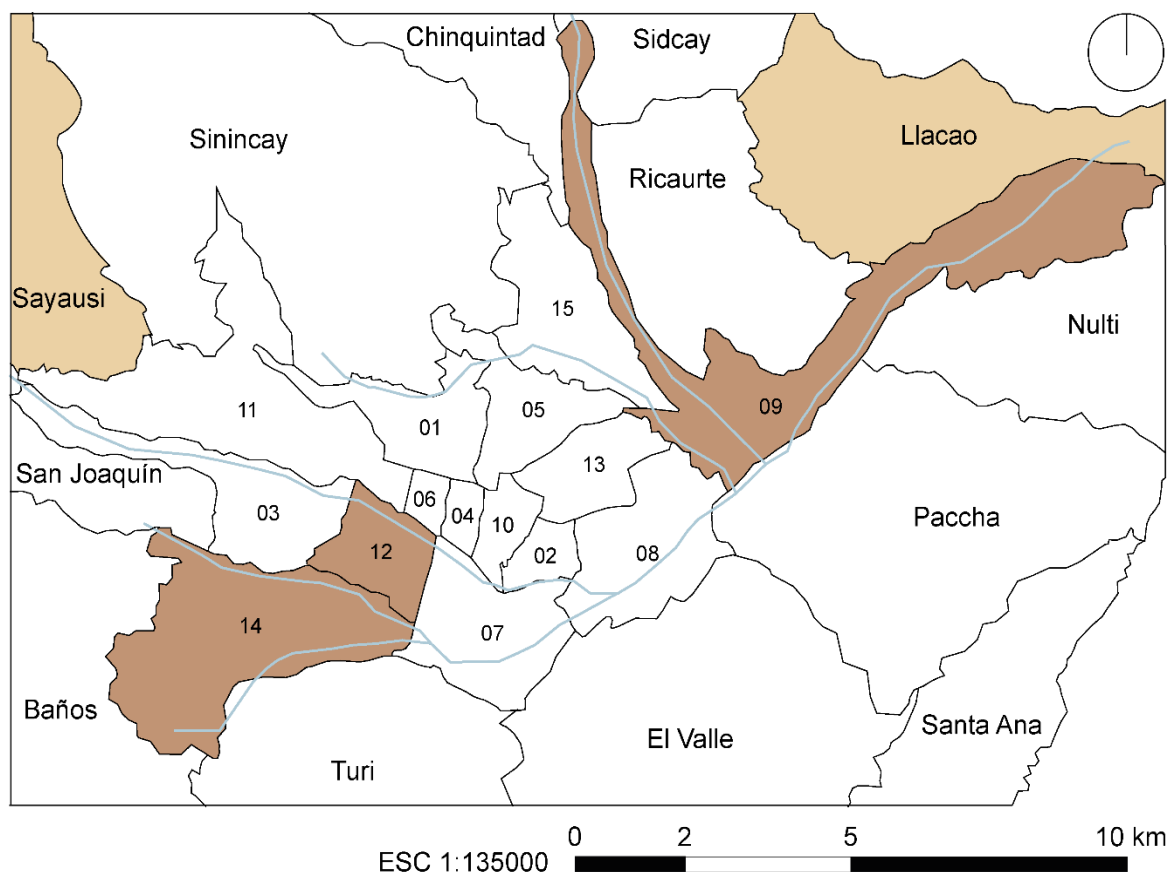
**Vivienda urbana en la parroquia Sucre:** Denominada como Vivienda Tipo S-001

**Vivienda urbana en la parroquia Yanuncay:** Denominada como Vivienda Tipo Y-001

**Vivienda rural en la parroquia Llacao:** Denominada como Vivienda Tipo LI-001

**Vivienda rural en la parroquia Sayausí:** Denominada como Vivienda Tipo Sa-001

Además, se subraya la importancia de resaltar el uso que se da a cada vivienda, así como su ubicación específica dentro de la ciudad de Cuenca, con el fin de optimizar la interpretación de los resultados y su vinculación con las características propias del entorno urbano o rural en el que se encuentran.



**PARROQUIAS URBANAS**

- |                 |                         |                   |                    |
|-----------------|-------------------------|-------------------|--------------------|
| 01. Bellavista  | 05. El Vecino           | 09. Machángara    | 13. Totoracocha    |
| 02. Cañaribamba | 06. Gil Ramírez Dávalos | 10. San Blas      | 14. Yanuncay       |
| 03. El Batán    | 07. Huayna-Cápac        | 11. San Sebastián | 15. Hermano Miguel |
| 04. El Sagrario | 08. Monay               | 12. Sucre         |                    |

**Figura 35:** Ubicación de parroquias seleccionadas.

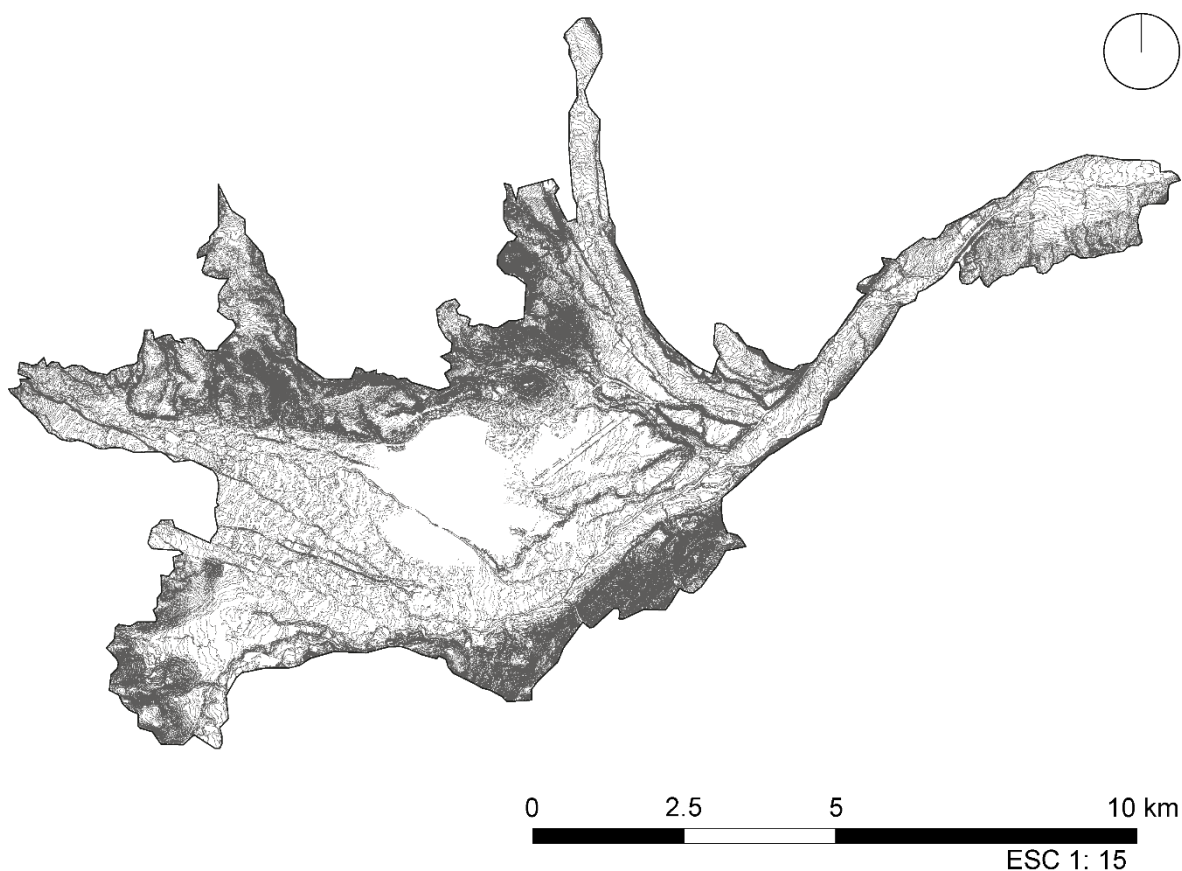
**Fuente:** GAD Cuenca, (2023). **Elaboración:** Propia.

### a. *Curvas de Nivel en Cuenca.*

La topografía de Cuenca está marcada por varias cadenas montañosas, lo que resulta en pendientes que alcanzan incluso un 30% en los alrededores del territorio (Ver Figura 36). Sin embargo, dentro de la ciudad, la topografía es relativamente plana, especialmente cerca de las fuentes de agua. Por esta razón, en esta investigación se ha establecido un rango de pendientes, dividiéndolas en bajo, medio y alto con intervalos de 10 unidades, de la siguiente manera:

- Rango bajo del 0 al 12%: Estas pendientes son relativamente planas y son altamente preferidas para la construcción en la ciudad, especialmente debido a su cercanía a los principales ríos de Cuenca.
- Rango medio del 13 al 20%: En este rango, las pendientes son adecuadas para la construcción sin mayores problemas.
- Rango alto del 21 al 30%: Estas pendientes son considerables y podrían implicar desafíos, como la presencia de un nivel freático elevado, en el terreno.

Para la presente investigación, es necesario conocer distintos espacios de topografía para la selección de los casos, prestando especial atención a aquellas zonas cercanas a ríos y áreas con topografía muy notable. Estas zonas representan riesgos de inundación, ya sea por desbordamiento de ríos o por un alto nivel freático.



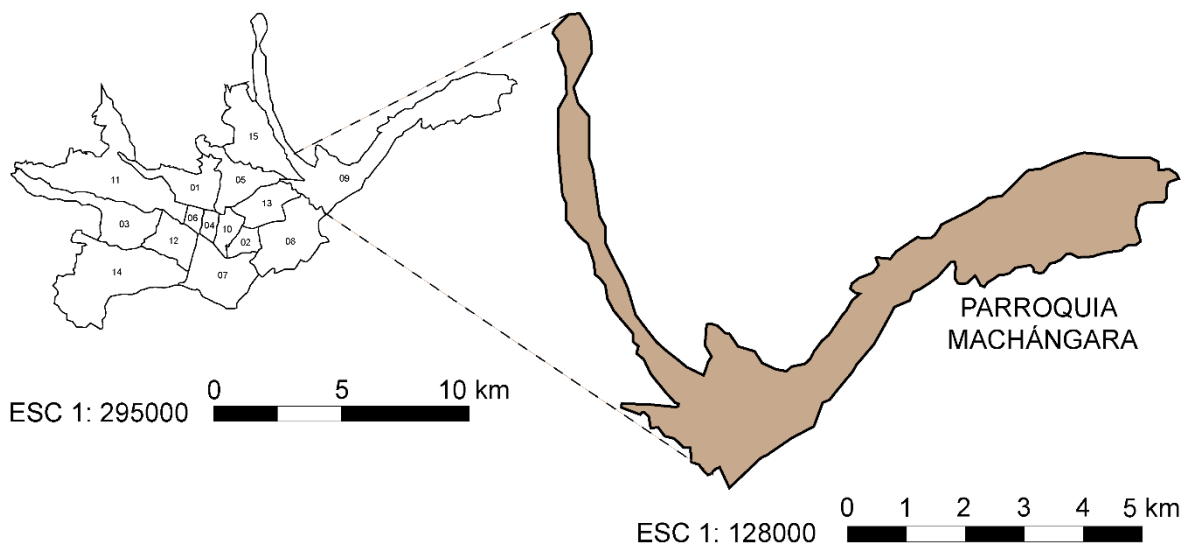
**Figura 36:** Curvas de nivel de parroquias urbanas de Cuenca.

**Fuente:** GAD Cuenca, (2023). **Elaboración:** Propia.

### 2.1.3 Selección de la muestra de vivienda.

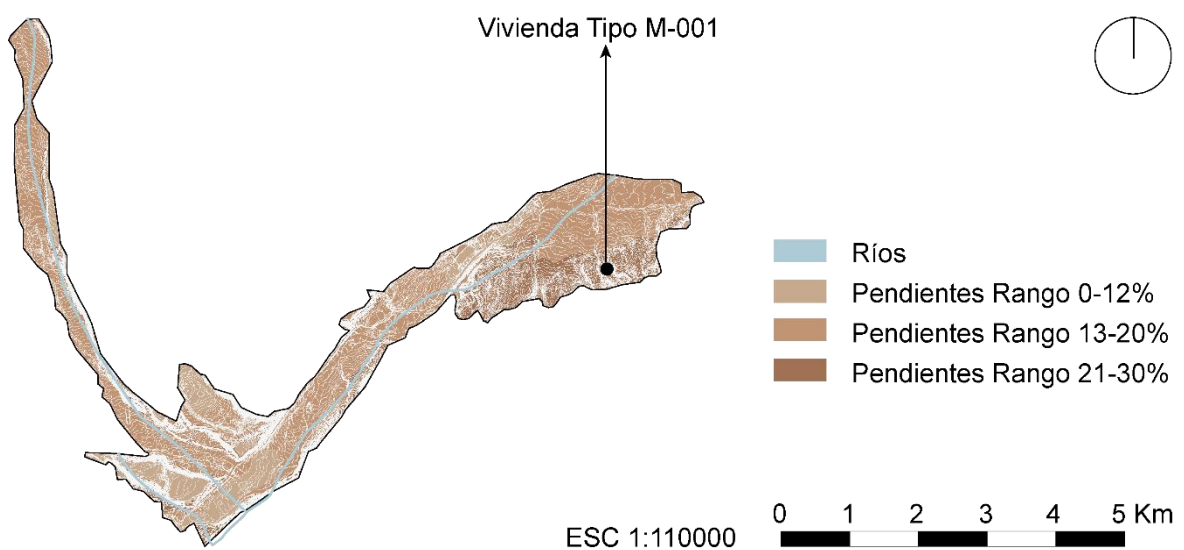
#### a. Parroquia Machángara.

La parroquia Machángara se localiza al este de Cuenca (Ver Figura 37), donde el territorio presenta una variedad de rangos topográficos, aunque en su mayoría tiene una inclinación de entre 20% y 30%, contribuyendo a un nivel freático elevado (Ver Figura 38). Por otra parte, en el territorio presenta en su mayoría suelos inestables con brotaciones porosas saturadas de agua subterránea, por lo que es esencial implementar mecanismos de drenaje y barreras contra la humedad para mitigar estos riesgos.



**Figura 37:** Ubicación macro parroquia urbana Machángara.

**Fuente:** GAD Cuenca, (2023). **Elaboración:** Propia.



**Figura 38:** Topografía parroquia urbana Machángara.

**Fuente:** GAD Cuenca, (2023). **Elaboración:** Propia.

Es por ello que se ha seleccionado una vivienda en el sector de Challuabamba (Ver Figura 39), donde, según los moradores, antiguamente había una laguna que fue posteriormente rellenada, además la topografía donde se encuentra la vivienda influye en un alto nivel freático.

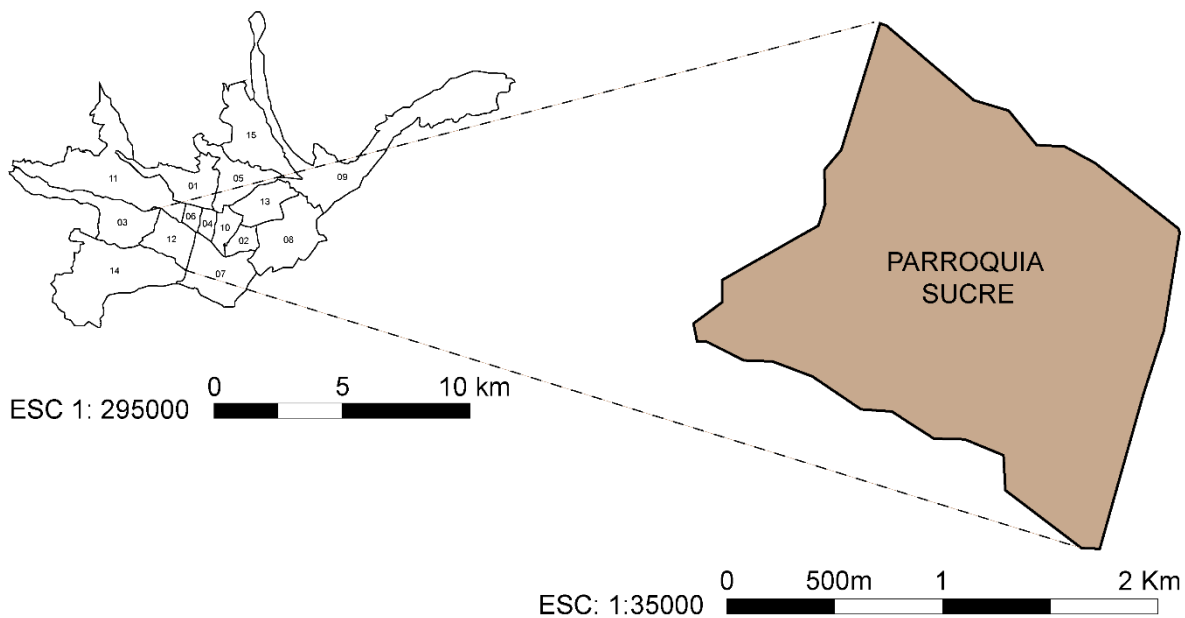


**Figura 39:** Ubicación vivienda Tipo M-001.

**Fuente:** GAD Cuenca, (2023). **Elaboración:** Propia.

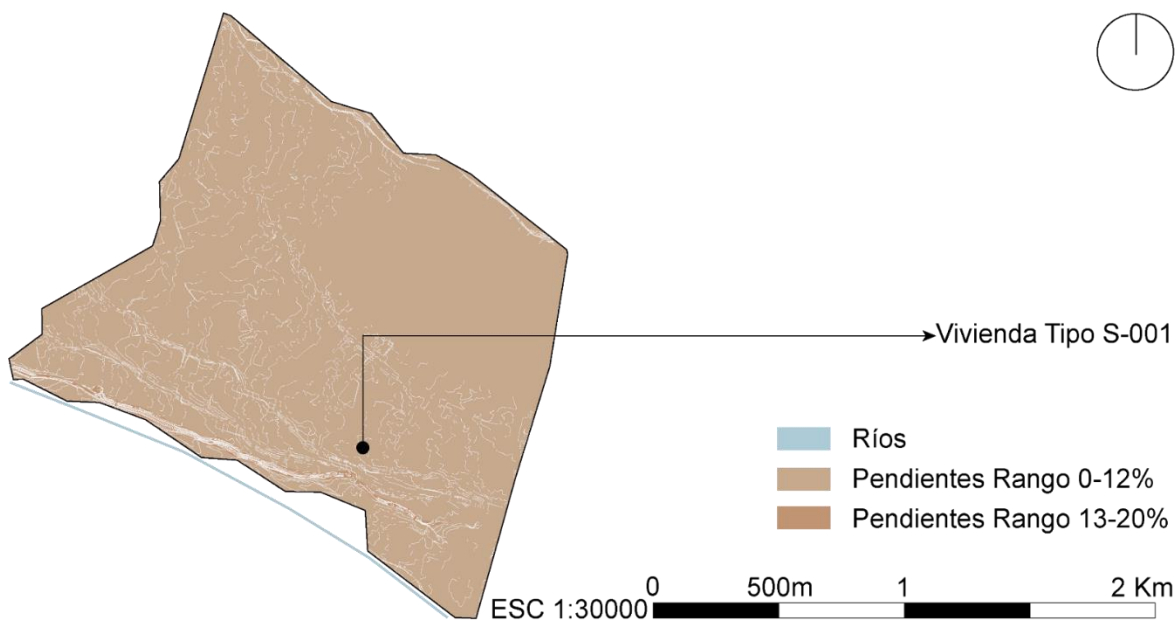
**b. Parroquia Sucre.**

La parroquia está ubicada en la zona central urbana de Cuenca (Ver Figura 40), con pendientes que varían entre 0% y 20% (Ver Figura 41). Se encuentra cerca de los ríos Yanuncay y Tomebamba, lo que la hace vulnerable a inundaciones.



**Figura 40:** Ubicación macro parroquia urbana Sucre.

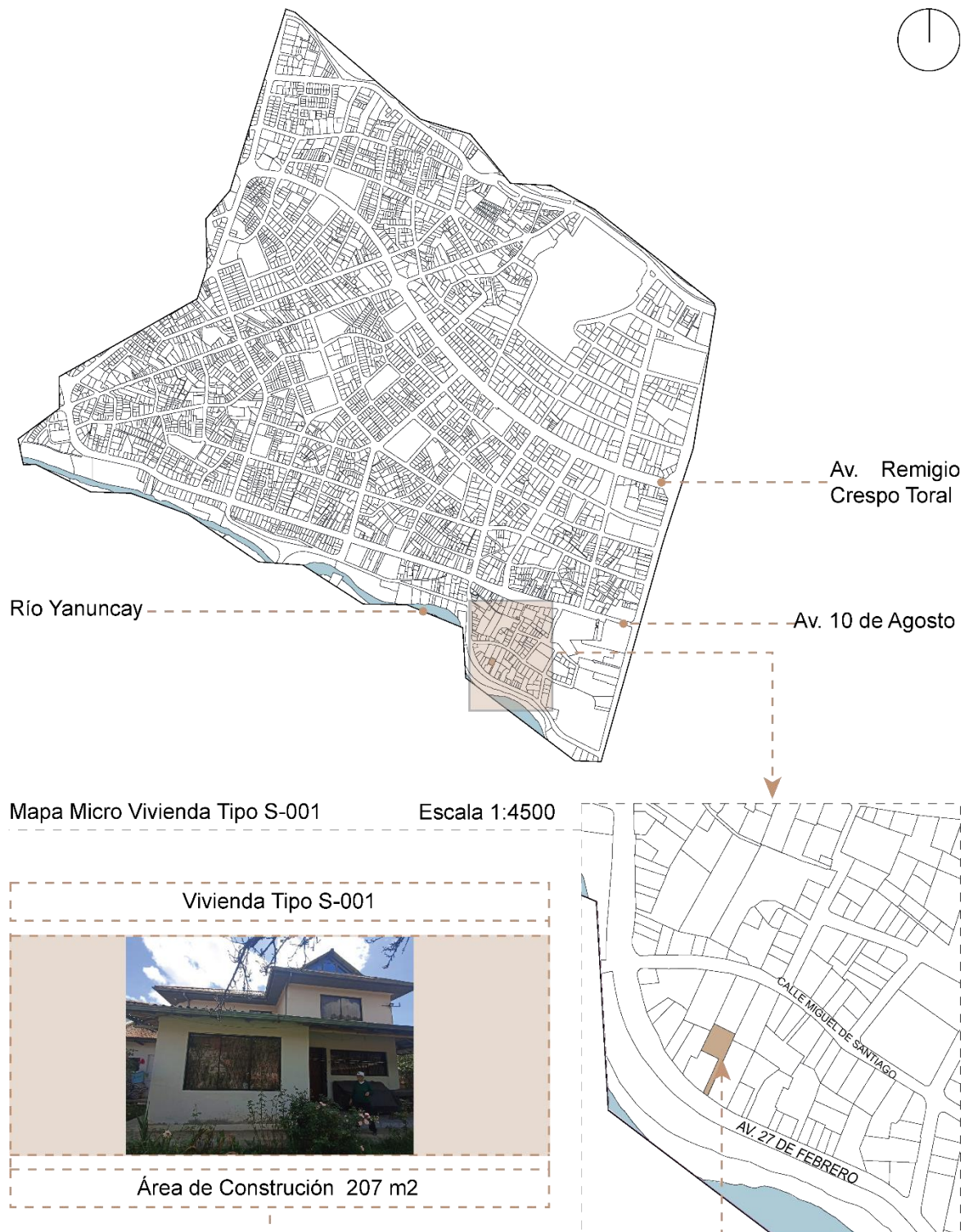
**Fuente:** GAD Cuenca, (2023). **Elaboración:** Propia.



**Figura 41:** Topografía parroquia urbana Sucre.

**Fuente:** GAD Cuenca, (2023). **Elaboración:** Propia.

Por esa razón, se busca una vivienda cercana a una fuente natural de agua, siendo el caso de la vivienda S-001 que se encuentra ubicada en el sector de los Tres Puentes (Ver Figura 42).

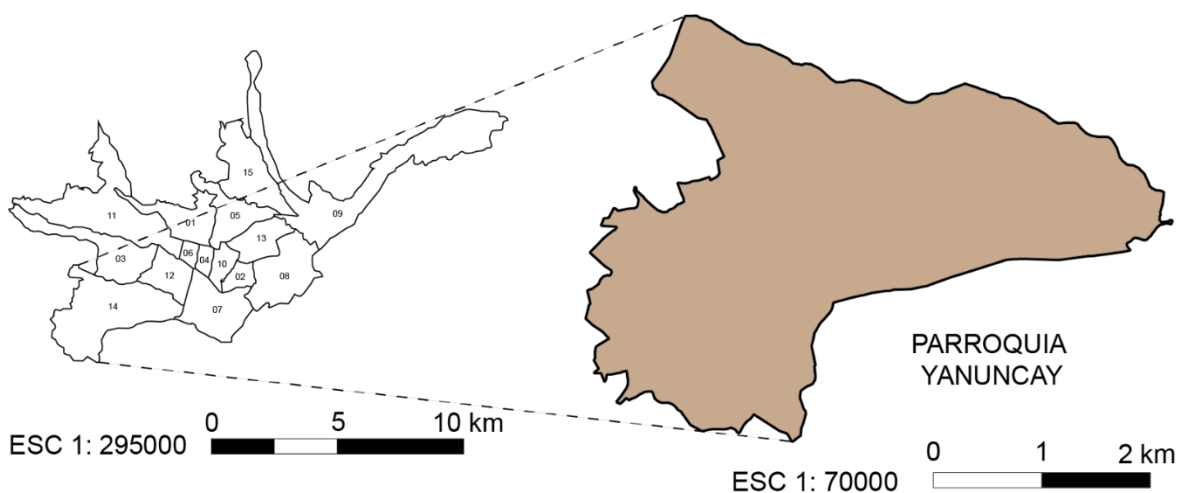


**Figura 42:** Ubicación vivienda Tipo S-001.

**Fuente:** GAD Cuenca, (2023). **Elaboración:** Propia.

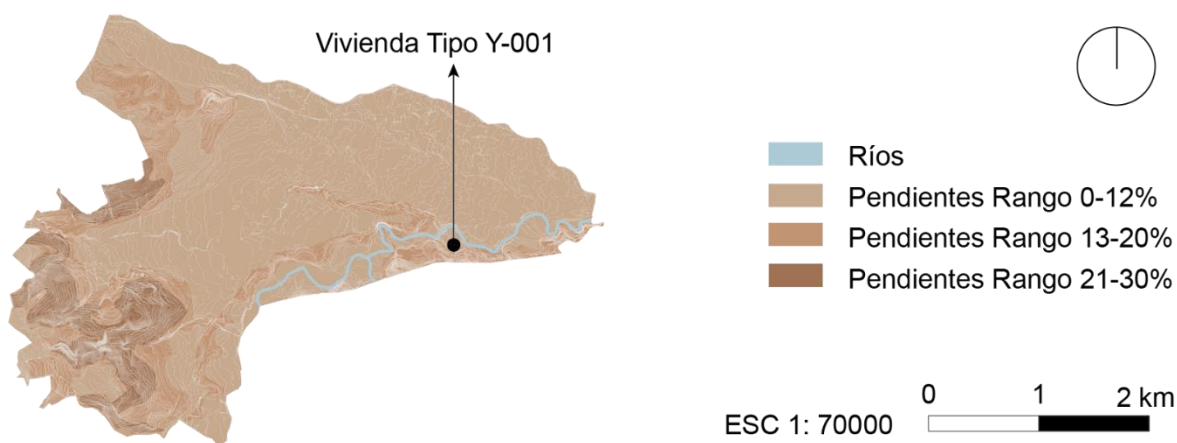
### c. Parroquia Yanuncay.

La parroquia Yanuncay se localiza en el sector suroeste de la zona urbana de Cuenca, delimitada naturalmente por los ríos Tarqui al sur y Yanuncay al norte (Ver Figura 43). El territorio presenta un pendiente promedio del 12%, lo que genera un nivel freático elevado y, consecuentemente, alta disponibilidad de agua subterránea cercana a la superficie (Ver Figura 44).



**Figura 43:** Ubicación macro parroquia urbana Yanuncay.

**Fuente:** GAD Cuenca, (2023). **Elaboración:** Propia.

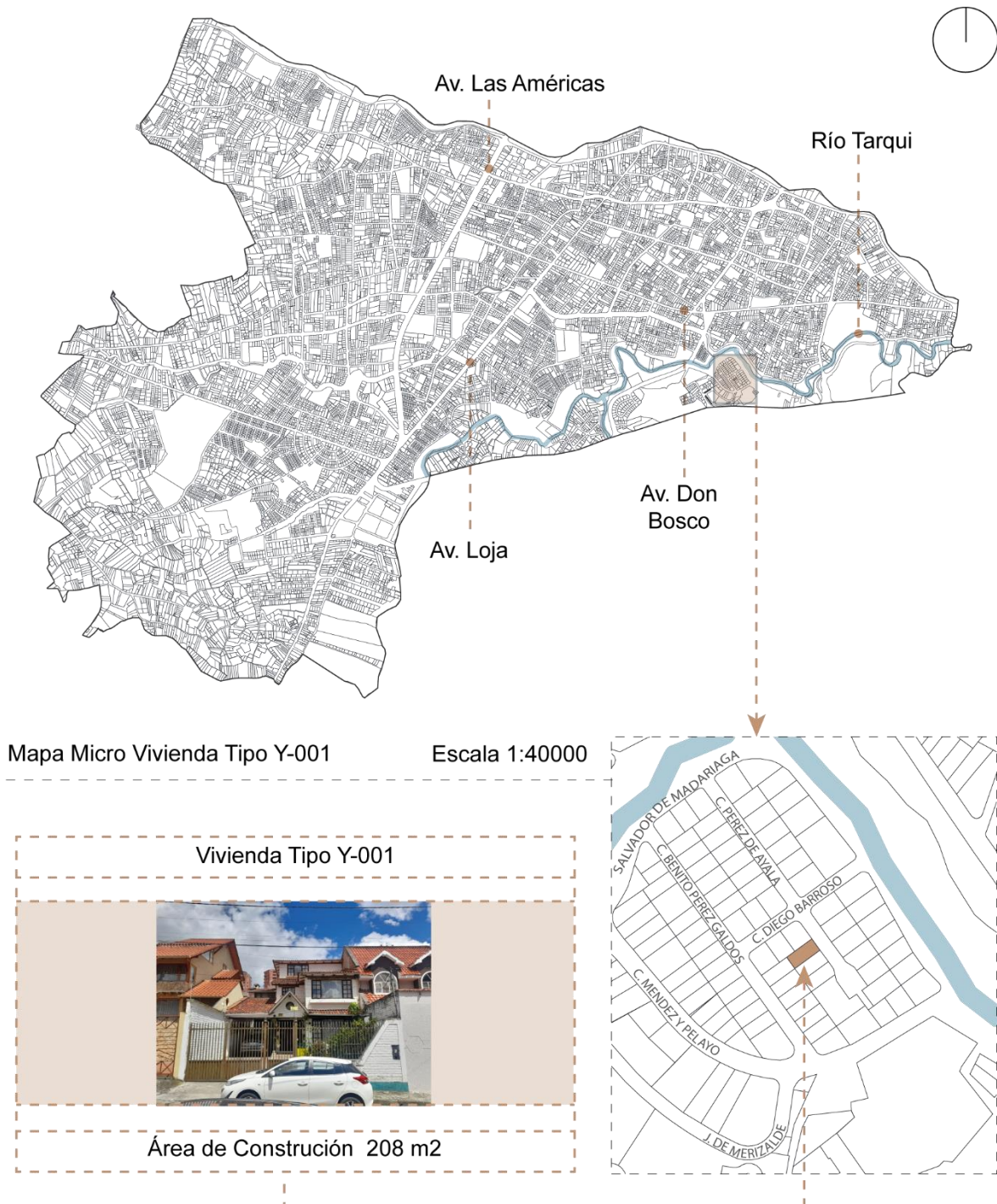


**Figura 44:** Topografía parroquia urbana Yanuncay.

**Fuente:** GAD Cuenca, (2023). **Elaboración:** Propia.

Debido a las características particulares de la parroquia Yanuncay y a las consideraciones necesarias para el muestreo y desarrollo de este estudio, se ha seleccionado una vivienda

específica para el análisis de humedad, con el fin de evidenciar sus efectos en la estructura. Esta vivienda está ubicada en la zona sur de la parroquia, en proximidad al río Tarqui, lo que resulta en una alta presencia de humedad tanto ambiental como del suelo. Esta condición ha sido un factor determinante para su elección, proporcionando un contexto ideal para observar y analizar los problemas de humedad y su impacto en las construcciones residenciales (Ver Figura 45).

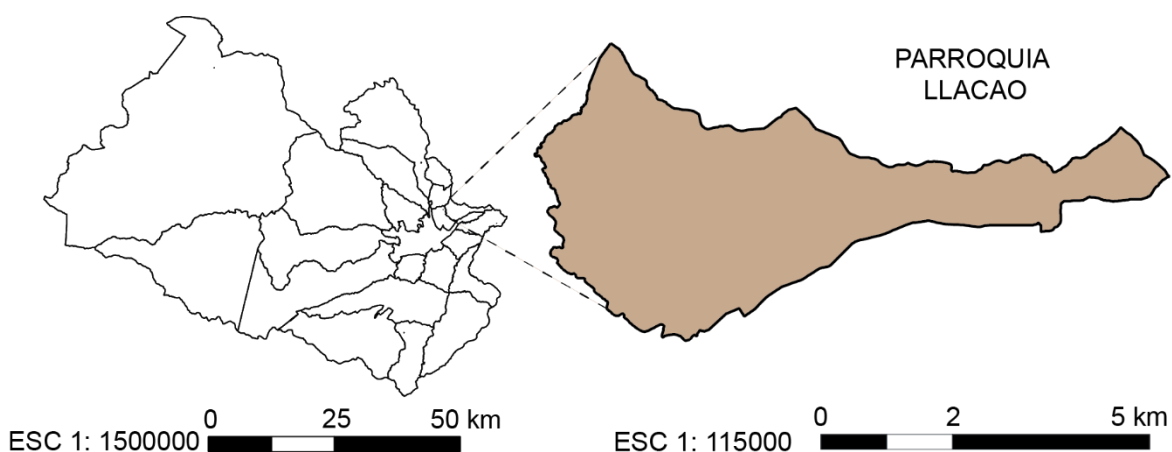


**Figura 45:** Ubicación de vivienda Tipo Y-001.

**Fuente:** GAD Cuenca, (2023). **Elaboración:** Propia.

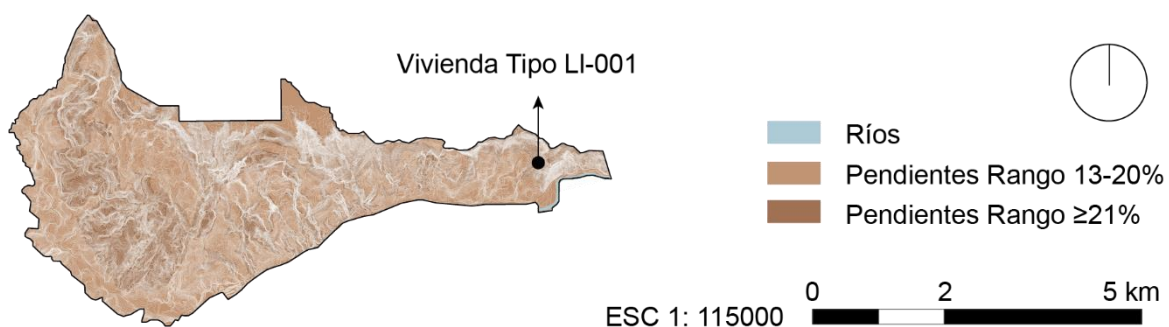
#### d. Parroquia Llacao.

La parroquia Llacao se localiza en el sector este de la zona rural de Cuenca, delimitada naturalmente por el río Paute al sur (Ver Figura 46). El territorio presenta un pendiente baja en el espacio circundante al río Paute, por otro lado, se denota un pendiente promedio superior al 20% a en la zona norte debido a la presencia de una marcada red montañosa. Esta inclinación contribuye a un nivel freático elevado y a una extensa red hidrográfica, lo que resulta en una alta disponibilidad de agua en la superficie (Ver Figura 47).



**Figura 46:** Ubicación macro parroquia rural Llacao.

**Fuente:** GAD Llacao, (2023). **Elaboración:** Propia.



**Figura 47:** Topografía parroquia rural Llacao.

**Fuente:** GAD Llacao, (2023). **Elaboración:** Propia.

Debido a las características particulares de la parroquia Llacao, se ha seleccionado una vivienda específica para el análisis de humedad, con el fin de evidenciar sus efectos en la estructura. Esta vivienda está ubicada en la zona noreste de la parroquia, su ubicación en la red montañosa, resulta en una alta presencia de humedad del suelo. Un punto clave para la elección es que la vivienda se encuentra implantada en un espacio deprimido, lo que agrava aún más la presencia de humedad. Esta ubicación específica permite un estudio detallado de cómo las características topográficas y la proximidad al suelo influyen en los niveles de humedad y, en consecuencia, en la integridad estructural de la vivienda (Ver Figura 48).

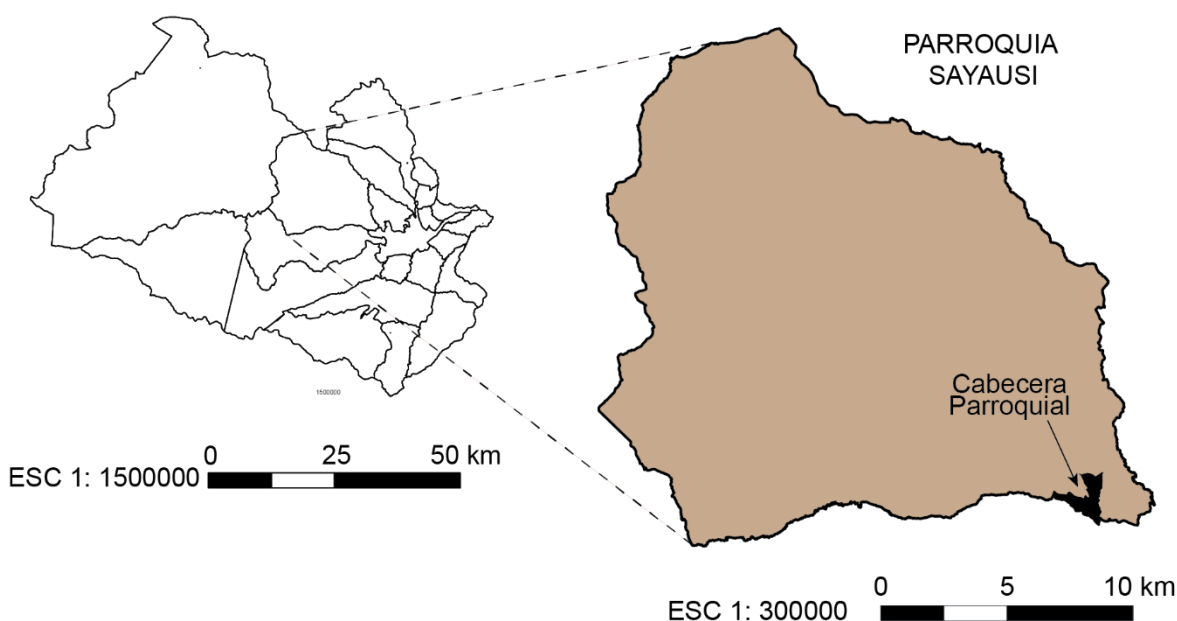


**Figura 48:** Ubicación de vivienda Tipo LI-001.

**Fuente:** GAD Llacao, (2023). **Elaboración:** Propia.

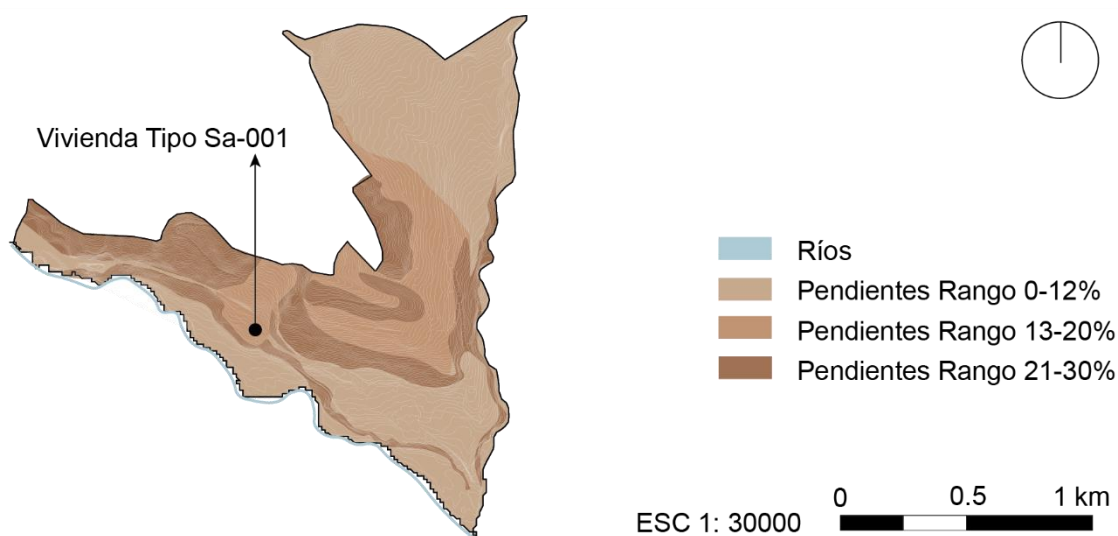
### e. Parroquia Sayausí.

La parroquia Sayausí se localiza en el sector noroeste de la zona rural de Cuenca (Ver Figura 49). Donde su centro urbano está delimitado al sur por el río Tomebamba, además, se denota una pendiente diversificada que oscila en un rango entre el 0% al 30% debido a la presencia de una marcada red montañosa. Esta diversificación contribuye a un nivel freático elevado y a una extensa red hidrográfica, lo que resulta en una alta disponibilidad de agua en la superficie (Ver Figura 50).



**Figura 49:** Ubicación macro parroquia rural Sayausí.

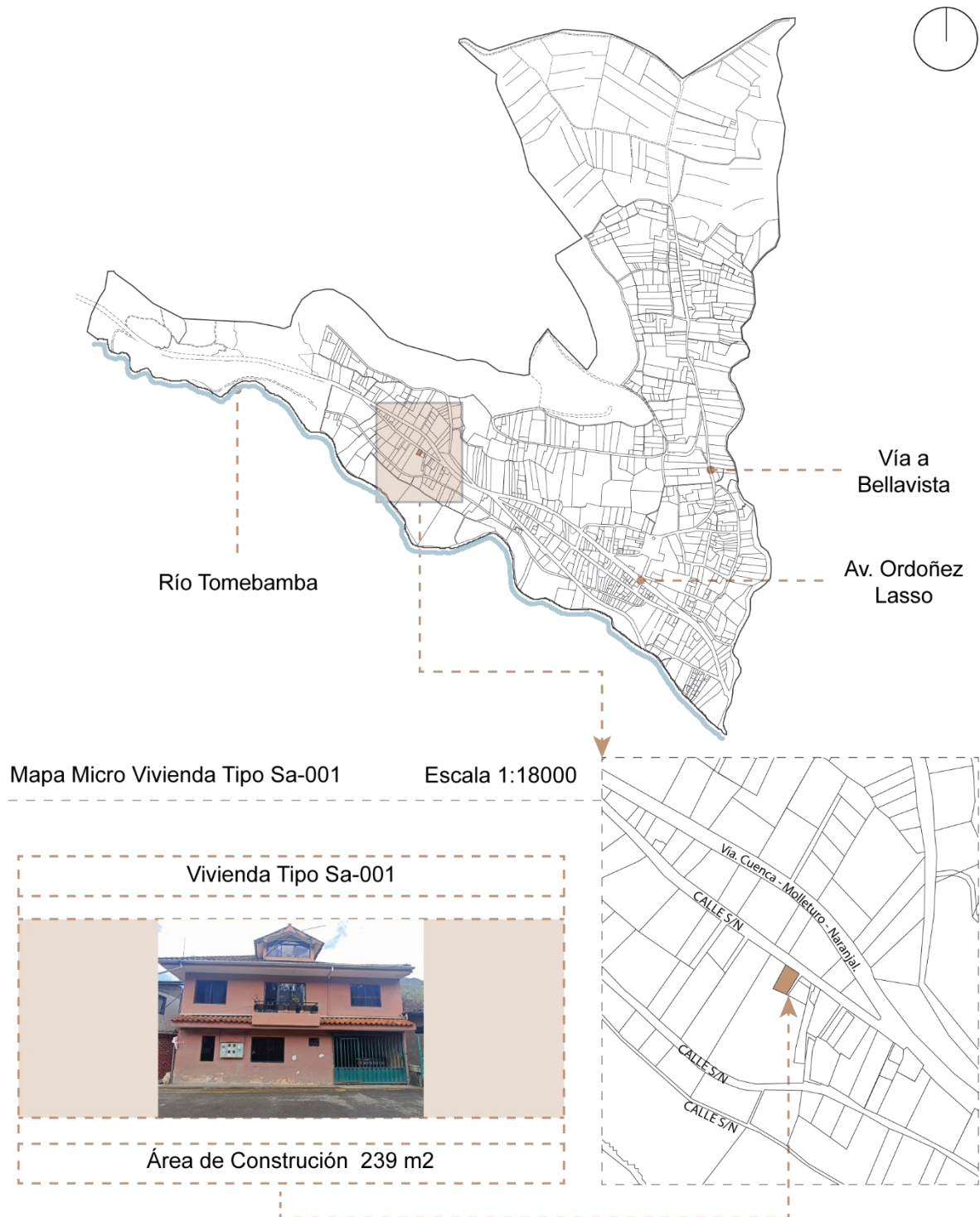
**Fuente:** GAD Sayausí, (2024). **Elaboración:** Propia.



**Figura 50:** Topografía parroquia rural Sayausí.

**Fuente:** GAD Sayausí, (2024). **Elaboración:** Propia.

Debido a las características particulares de la parroquia Sayausí, se ha seleccionado una vivienda específica para el análisis de los efectos de la humedad. Esta vivienda está ubicada en la zona oeste en el centro urbano de la parroquia. Un punto clave para la elección es que la vivienda se encuentra ubicada en una red montañosa, lo que deriva en una alta presencia de humedad del suelo, además, se encuentra implantada en un espacio deprimido, lo que agrava el problema (Ver Figura 51).



**Figura 51:** Ubicación de vivienda Tipo Sa-001.

**Fuente:** GAD Sayausí, (2024). **Elaboración:** Propia.

## **2.2 ANÁLISIS DE VIVIENDAS.**

### **2.2.1 Metodología de análisis.**

La metodología a utilizar en el presente apartado comienza con un estudio preliminar de cada una de las viviendas seleccionadas. Para ello, se debe iniciar con un análisis técnico del sistema de alcantarillado y la descarga de aguas residuales. Este análisis es crucial para comprender la infraestructura subterránea y su capacidad para manejar el agua, lo cual puede influir significativamente en los problemas de humedad.

A continuación, se realiza un análisis de la ubicación y disposición de la vivienda en el terreno, considerando su posición relativa respecto al entorno inmediato. El estudio abarca la orientación de la vivienda, las características topográficas del terreno, y una descripción exhaustiva de los aspectos más significativos de la construcción. Posteriormente, se lleva a cabo un levantamiento técnico de información mediante el dibujo de los planos de cimentación y de la planta baja. Estos planos son fundamentales para graficar la presencia de humedad en cada vivienda. Dicho levantamiento técnico incluye detalles sobre el tipo de cimentación utilizado.

#### ***a. Fichas tipo a utilizar.***

Finalmente, se ejecuta un estudio técnico mediante visitas a las viviendas con el fin de registrar de forma sistemática las patologías derivadas de la presencia de humedad, empleando equipamiento técnico especializado. Las visitas permiten la observación y documentación in situ de los efectos de la humedad, como la aparición de moho, el deterioro de los materiales de construcción y otros daños estructurales. Los datos recopilados durante estas inspecciones se consignan en fichas técnicas detalladas, las cuales incluyen fotografías, descripciones de los daños y posibles causas (Ver Tabla 2), (Ver Tabla 3).

A través de la implementación de un proceso detallado y meticuloso, se asegura que el estudio no solo identifica los problemas de humedad presentes, sino que también proporciona una base sólida para el desarrollo de estrategias de mitigación y reparación. Las fichas técnicas elaboradas sirven como un registro completo y detallado de cada caso, facilitando el análisis comparativo y la formulación de recomendaciones específicas para mejorar la durabilidad y habitabilidad de las construcciones residenciales afectadas por la humedad.

**Tabla 2:** Modelo ficha de identificación del estado actual de la vivienda.

FICHA DE IDENTIFICACIÓN DEL ESTADO ACTUAL					
INFORMACIÓN GENERAL					
Fecha:		Topografía:	P = 00 - 12%		Parroquia:
N° de pisos:			P = 13 - 20%		Dirección:
Área del terreno:			P = 21 - 30%		Clave catastral:
Área de construcción:		Sistema estructural:		Propietario:	
Año de construcción:		Tipo de implantación:		Localización:	
MATERIALIDAD					
Cimientos:	Hormigón ciclópeo:		Emparrillado:		Losa de cimentación:
Columnas:	Hormigón armado:		Metálica:		Madera:
Mampostería:	Piedra:		Bloque:		Ladrillo:
Recubrimiento de paredes:	Mortero cemento-arena:		Placas de yeso:		Otro:
Recubrimiento de pisos:	Cerámica:		Madera:		Piso flotante:
IDENTIFICACIÓN DE PATOLOGÍAS					
SECCIÓN PRELIMINAR:	Presencia de humedad:		Desprendimiento de pintura:		Eflorescencia:
	Corrosión:		Pudrición:		
ANÁLISIS PATOLÓGICO DE VALORACIÓN VISUAL					
Posibles afecciones de patologías:	Salud:		Seguridad:		Superficial:
Carácter de intervención:	Ineludible:		Necesaria:		Conveniente:
Nivel de daños:	Severo:		Moderado:		Leve:
Tipo de humedad:	Por capilaridad:		Por filtración:		Por nivel freático:

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

**Tabla 3:** Modelo ficha de humedad con equipos.

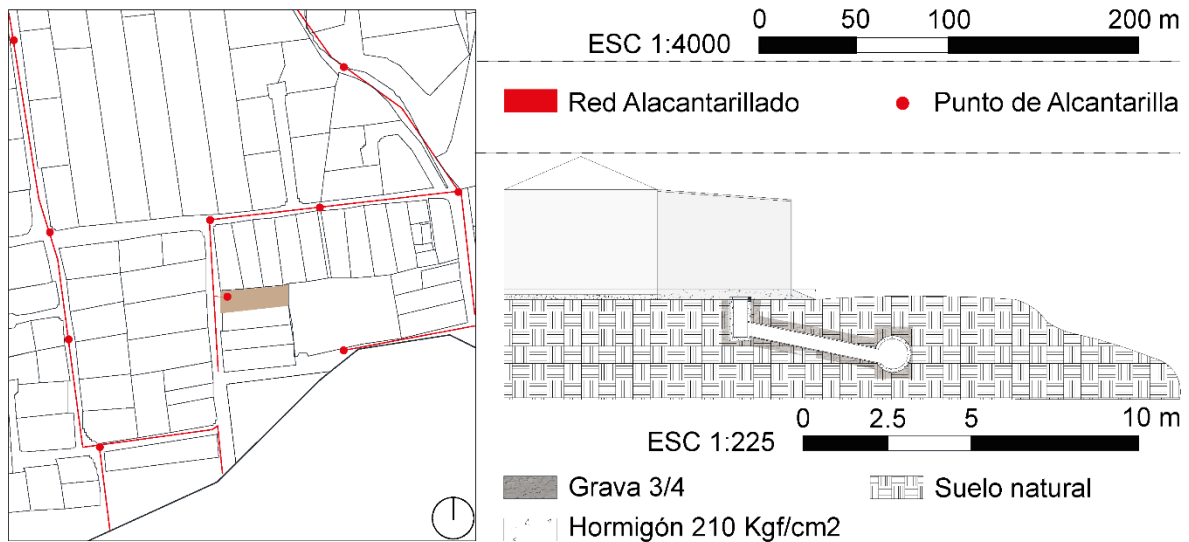
Código Vivienda		MEDICIÓN DE HUMEDAD CON LOS EQUIPOS HUMIDIMETRO Y CÁMARA TERMOGRÁFICA			
ÍNDICE DE HUMEDAD		PLANTA DE UBICACIÓN DE PATOLOGÍAS			
#					
N° ESPACIOS AFECTADOS					
Número Total de espacios afectados	Detalle de espacios afectados				
N° ESPACIO	ID ESPACIO	% DE HUMEDAD (HUMIDIMETRO)		FOTO (CÁMARA TERMOGRÁFICA)	
		Foto de la medición con humidímetro	Fecha:	Foto del espacio a medir	Fecha:
			Rango de Humedad		Resultados
			Resultado de la medición	Foto de medición con cámara termográfica	

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

## 2.2.2 Vivienda Urbana Tipo M-001.

### a. Estudio de red de alcantarillado y de implantación.

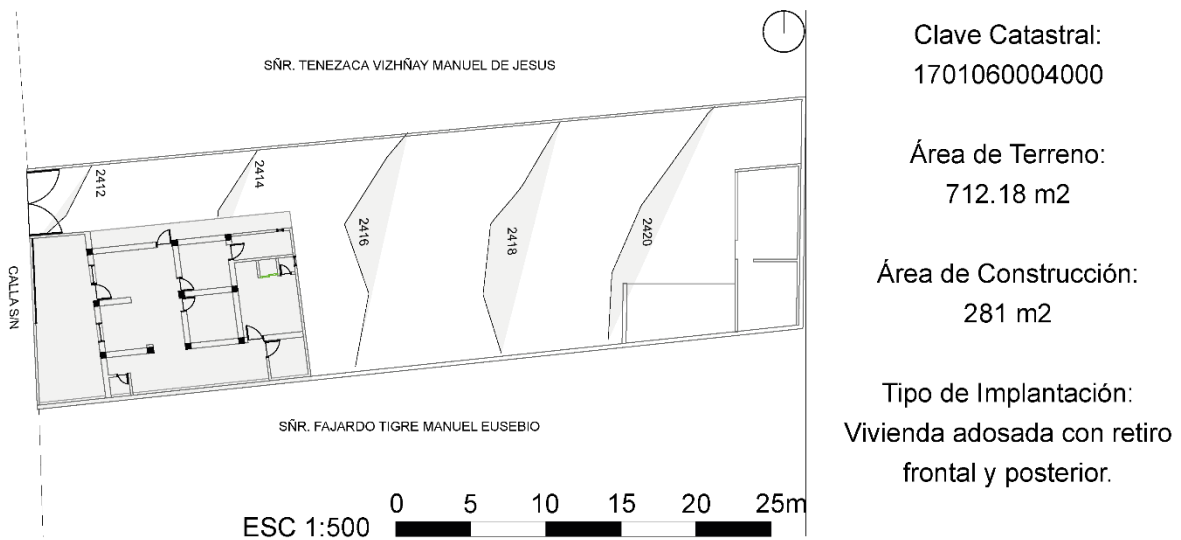
El caso seleccionado se ubica entre Cultura Cotocollao y Calle sin nombre, se destaca que el camino principal es de terracería, sin embargo, existen aguas residuales y agua potable hasta el sitio seleccionado, por otro lado, hay un punto público de recogida de agua en el sitio (Ver Figura 52).



**Figura 52:** Estudio red de alcantarillado vivienda Tipo M-001.

**Fuente:** ETAPA. (2024). Visor de diseños de Agua Potable y Alcantarillado. **Elaboración:** Propia.

La vivienda se encuentra ubicada en la zona baja de la topografía del terreno, la implantación correspondiente es pareada (Ver Figura 53).



**Figura 53:** Estudio de implantación vivienda Tipo M-001.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

b. Dibujo y codificación arquitectónica.

- Plano planta baja.

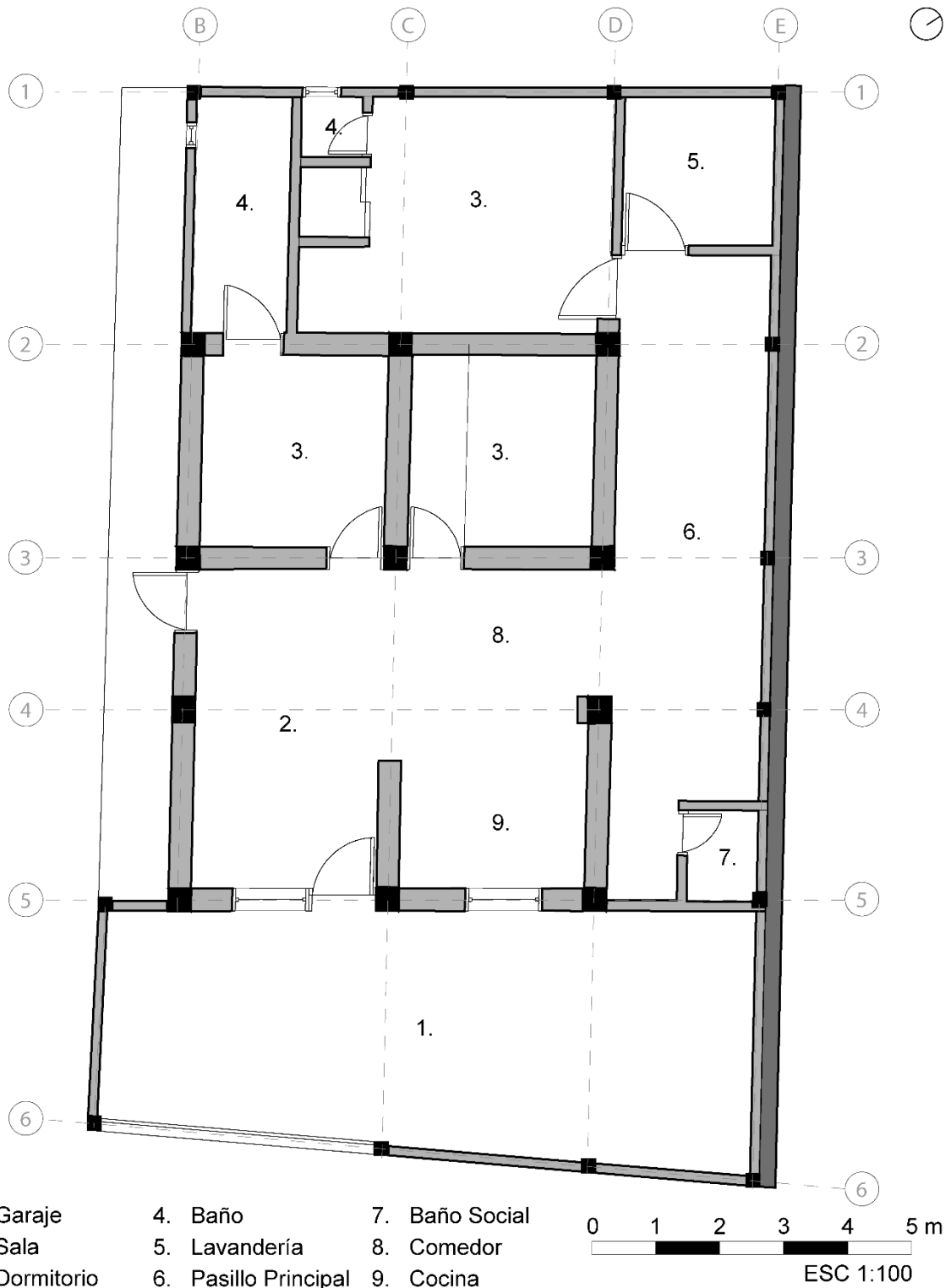


Figura 54: Plano planta baja vivienda Tipo M-001.

Fuente: Propia. Elaboración: Propia.

• Plano de Cimentación.

Figura

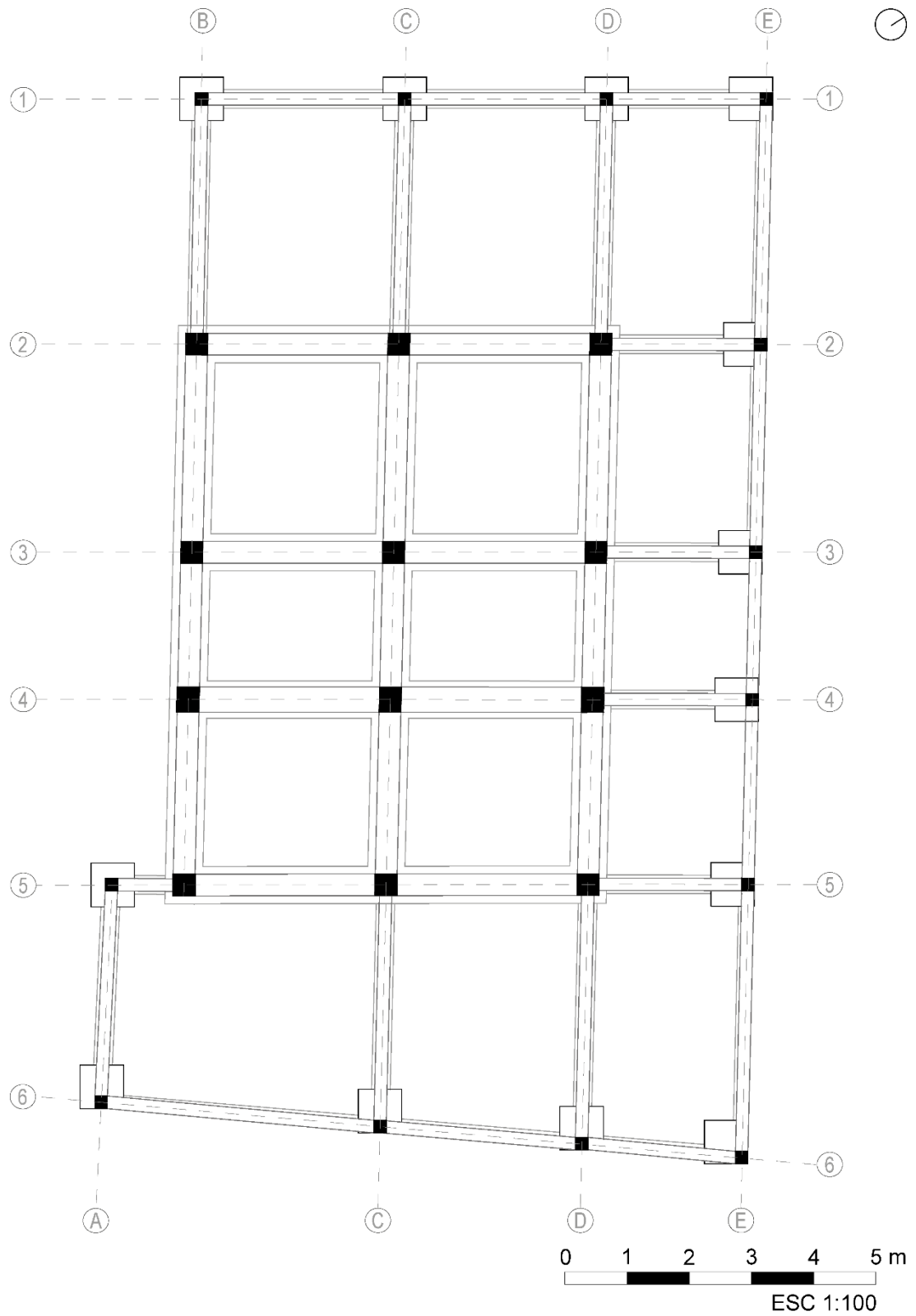
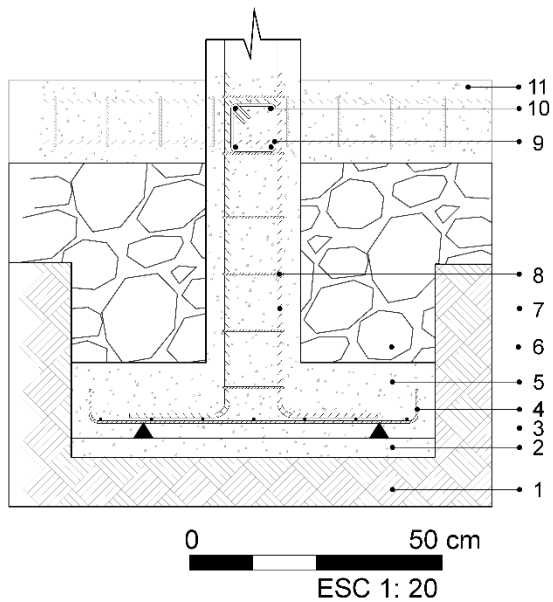


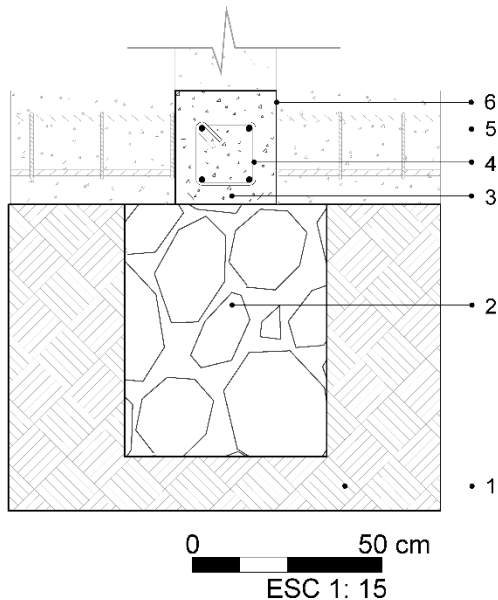
Figura 55: Plano cimentación vivienda Tipo M-001.

Fuente: Propia. Elaboración: Propia.

La vivienda seleccionada en Challuabamba cuenta con un sistema combinado de cimentación, ya que originalmente, la vivienda fue construida como una vivienda de interés social para los damnificados de La Josefina (Ver Figura 56). Es por ello que la cimentación inicial es de muro corrido, con paredes internas de un grosor de 35 a 40 cm, hechas de piedra y escombro. Posteriormente, con el paso de los años, la dueña de la vivienda decidió realizar una adaptación, creando una cimentación de zapatas aisladas y construyendo paredes de bloque.



1. Base de tierra.
2. Hormigón de limpieza e=5cm.
3. Alzas.
4. Varillas corrugadas de 10mm base de zapata.
5. Hormigón de 210Kgf/cm2 para fundición de zapata.
6. Cama de canto rodado.
7. Varilla corrugada de 12mm para armado de zapata.
8. Varilla corrugada de 10mm para armado de zapata.
9. Varilla corrugada de 10mm para armado de viga de cimentación.
10. Varilla corrugada de 12mm para armado de viga de cimentación.
11. Viga de cimentación.



1. Base de tierra.
2. Hormigón ciclópeo.
3. Hormigón de 210Kgf/cm2 para fundición de viga de cimentación.
4. Varilla corrugada de 10mm para armado de viga de cimentación.
5. Varilla corrugada de 12mm para armado de viga de cimentación.
6. Viga de cimentación.

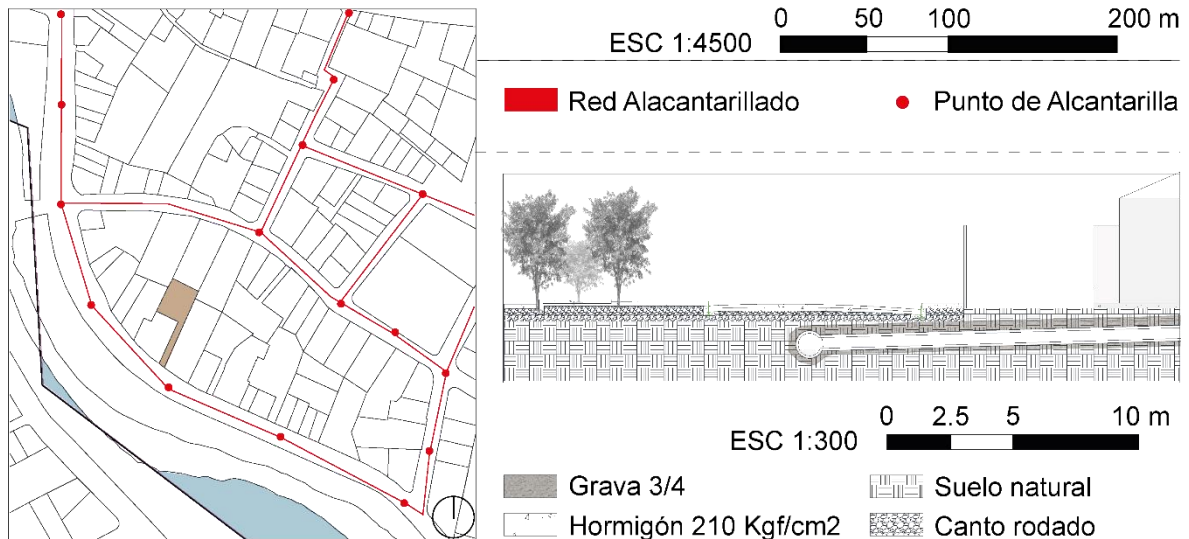
**Figura 56:** Detalles constructivos vivienda Tipo M-001.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

### 2.2.3 Vivienda Urbana Tipo S-001.

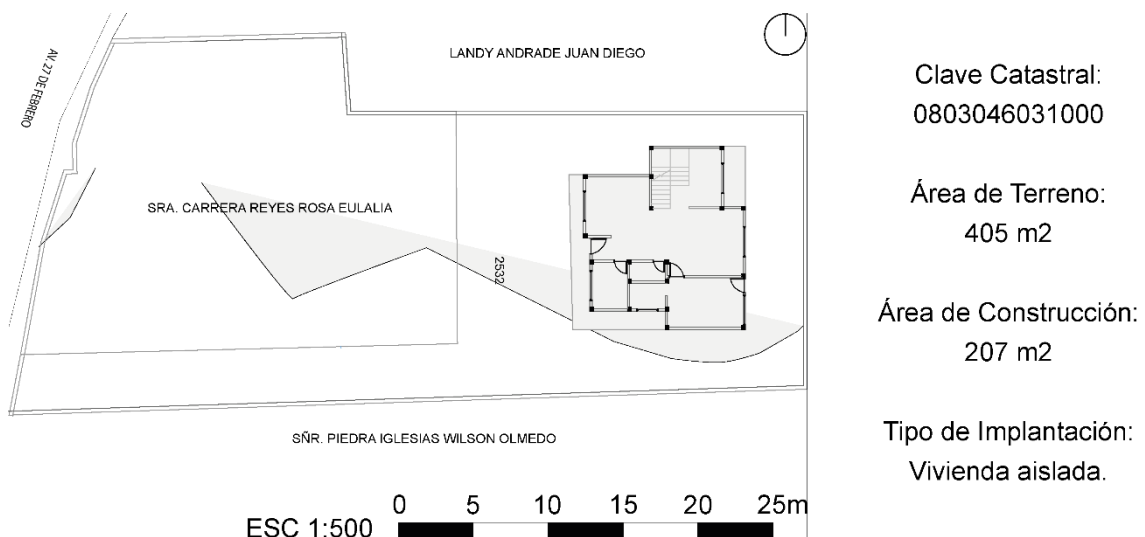
#### a. Estudio de red de alcantarillado y de implantación.

El caso seleccionado se ubica en el sector de los Tres Puentes frente al Río Yanuncay en la Av. 27 de Febrero, cuenta con todos los servicios básicos, sin embargo, se destaca que el predio es un lote posterior a otro sin dar directamente a la vía principal, contando con una distancia de 25 m (Ver Figura 57). En cuanto a su implantación la vivienda es aislada contando con los retiros respectivos de la normativa de Cuenca (Ver Figura 58).



**Figura 57:** Estudio red de alcantarillado vivienda Tipo S-001.

**Fuente:** ETAPA. (2024). Visor de diseños de Agua Potable y Alcantarillado. **Elaboración:** Propia.

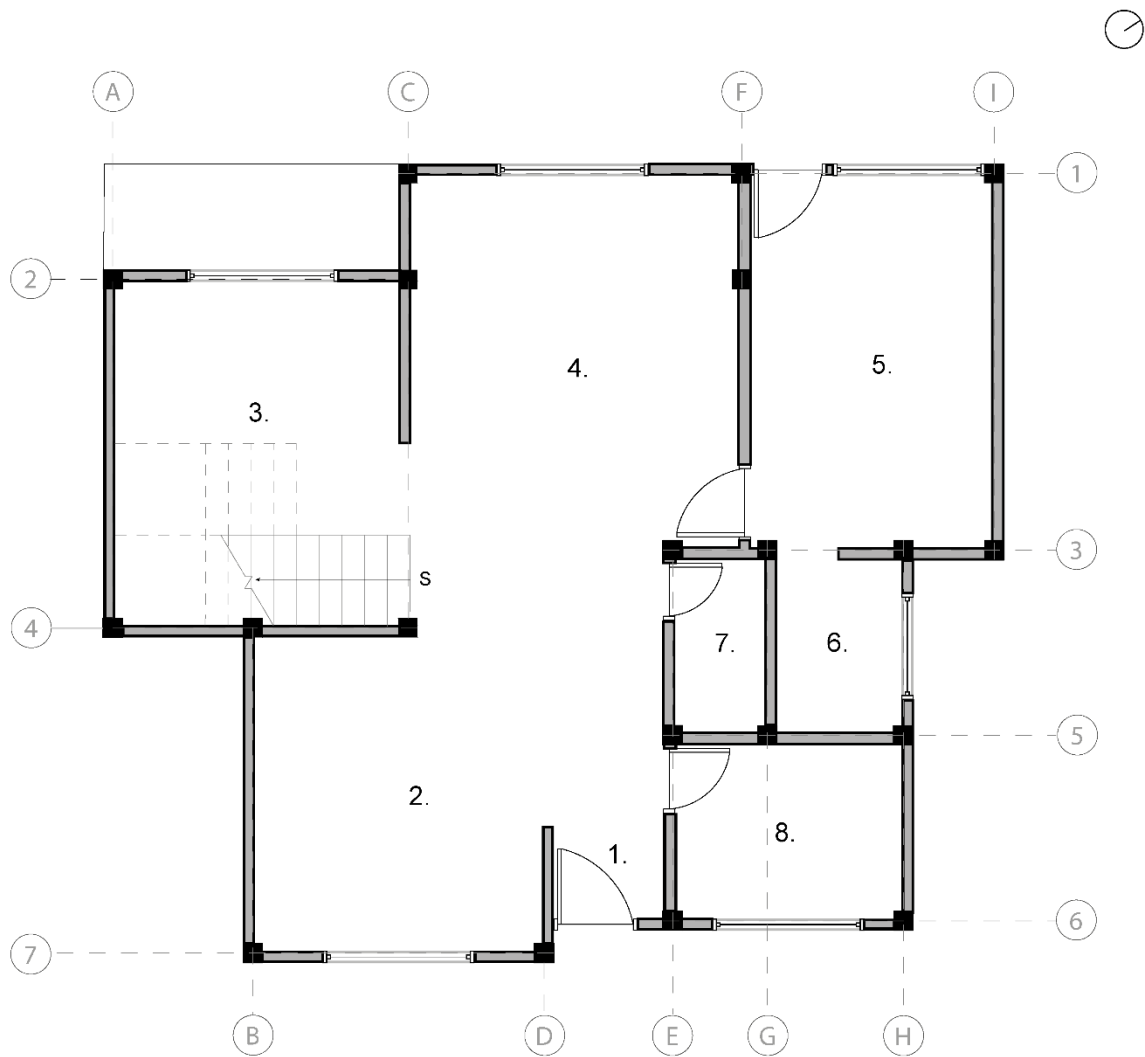


**Figura 58:** Estudio de implantación vivienda Tipo S-001.

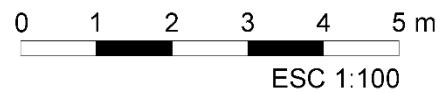
**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

b. Dibujo y codificación arquitectónica.

- Plano planta baja.



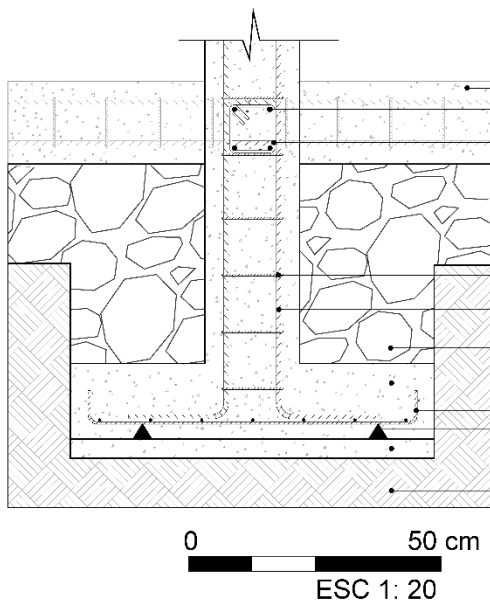
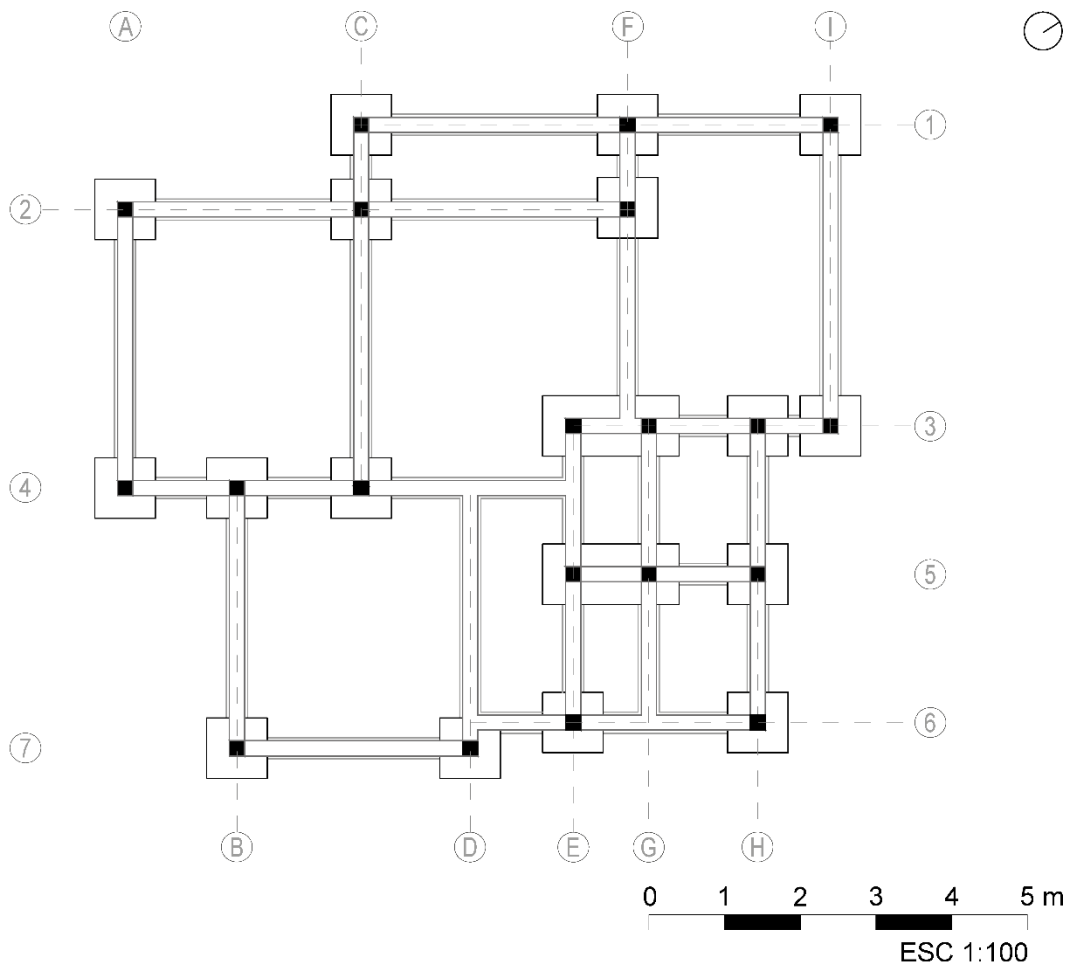
- |                   |                 |
|-------------------|-----------------|
| 1. Hall.          | 5. Cocina.      |
| 2. Sala.          | 6. Alacena.     |
| 3. Área de Estar. | 7. Baño Social. |
| 4. Comedor.       | 8. Bodega.      |



**Figura 59:** Plano planta baja vivienda Tipo S-001.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

• **Plano de Cimentación.**



1. Base de tierra.
2. Hormigón de limpieza e=5cm.
3. Alzas.
4. Varillas corrugadas de 10mm base de zapata.
5. Hormigón de 210Kgf/cm<sup>2</sup> para fundición de zapata.
6. Cama de canto rodado.
7. Varilla corrugada de 12mm para armado de zapata.
8. Varilla corrugada de 10mm para armado de zapata.
9. Varilla corrugada de 10mm para armado de viga de cimentación.
10. Varilla corrugada de 12mm para armado de viga de cimentación.
11. Viga de cimentación.

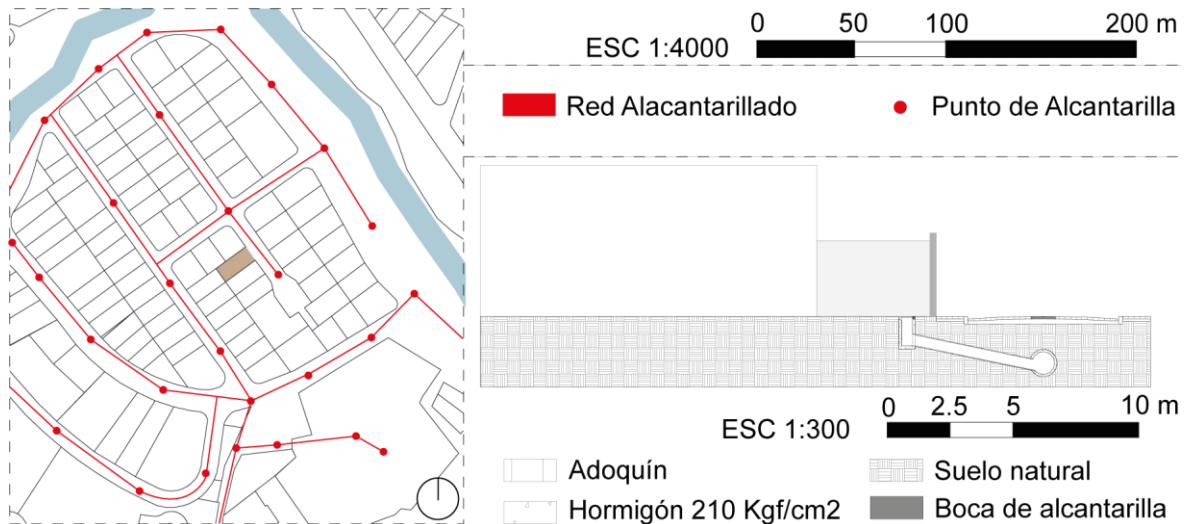
**Figura 60:** Plano cimentación vivienda Tipo S-001.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

## 2.2.4 Vivienda Urbana Tipo Y-001.

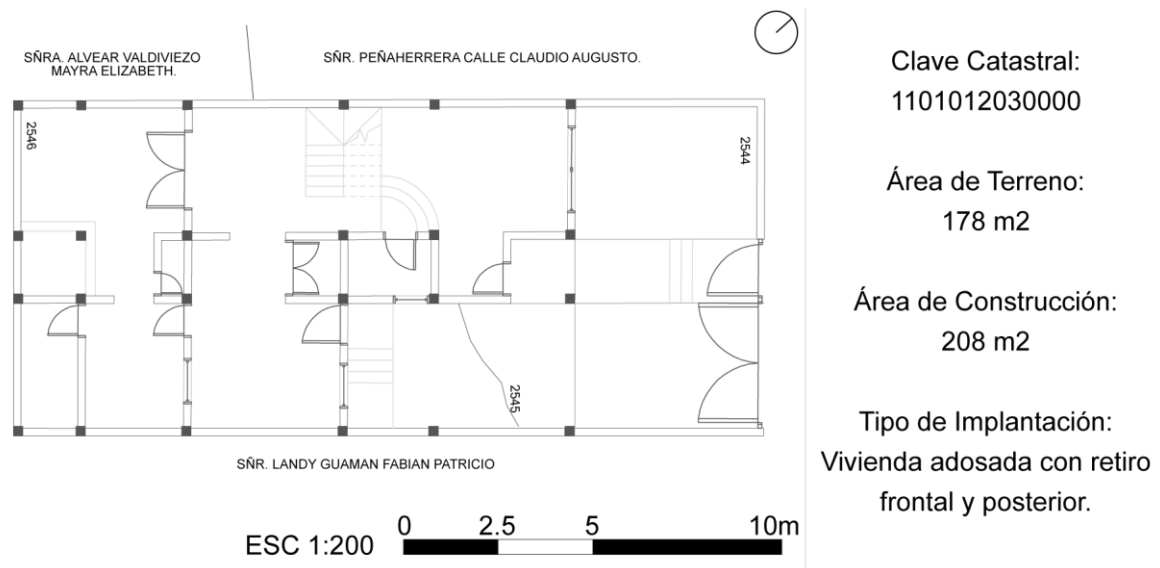
### a. Estudio de red de alcantarillado y de implantación.

La vivienda tipo Y-001, al estar ubicada en la zona urbana, cuenta con todos los servicios básicos, incluido el alcantarillado (Ver Figura 61). Al encontrarse en un área consolidada, la vivienda está implantada de forma pareada, colindando en sus laterales con otras viviendas. Además, cuenta con retiro frontal y posterior (Ver Figura 62).



**Figura 61:** Estudio red de alcantarillado vivienda Tipo Y-001.

**Fuente:** ETAPA. (2024). Visor de diseños de Agua Potable y Alcantarillado. **Elaboración:** Propia.

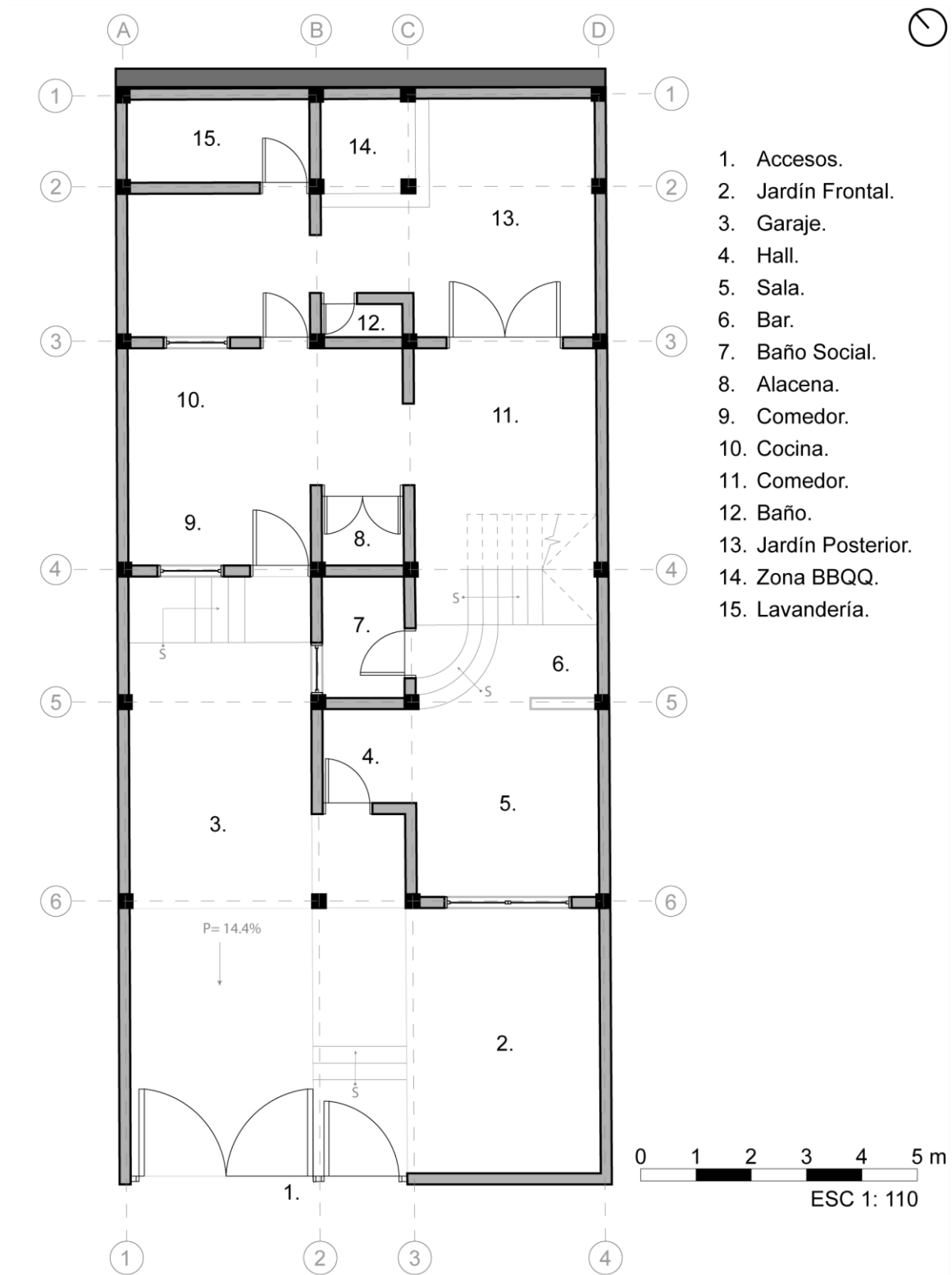


**Figura 62:** Estudio de implantación vivienda Tipo Y-001.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

**b. Dibujo y codificación arquitectónica.**

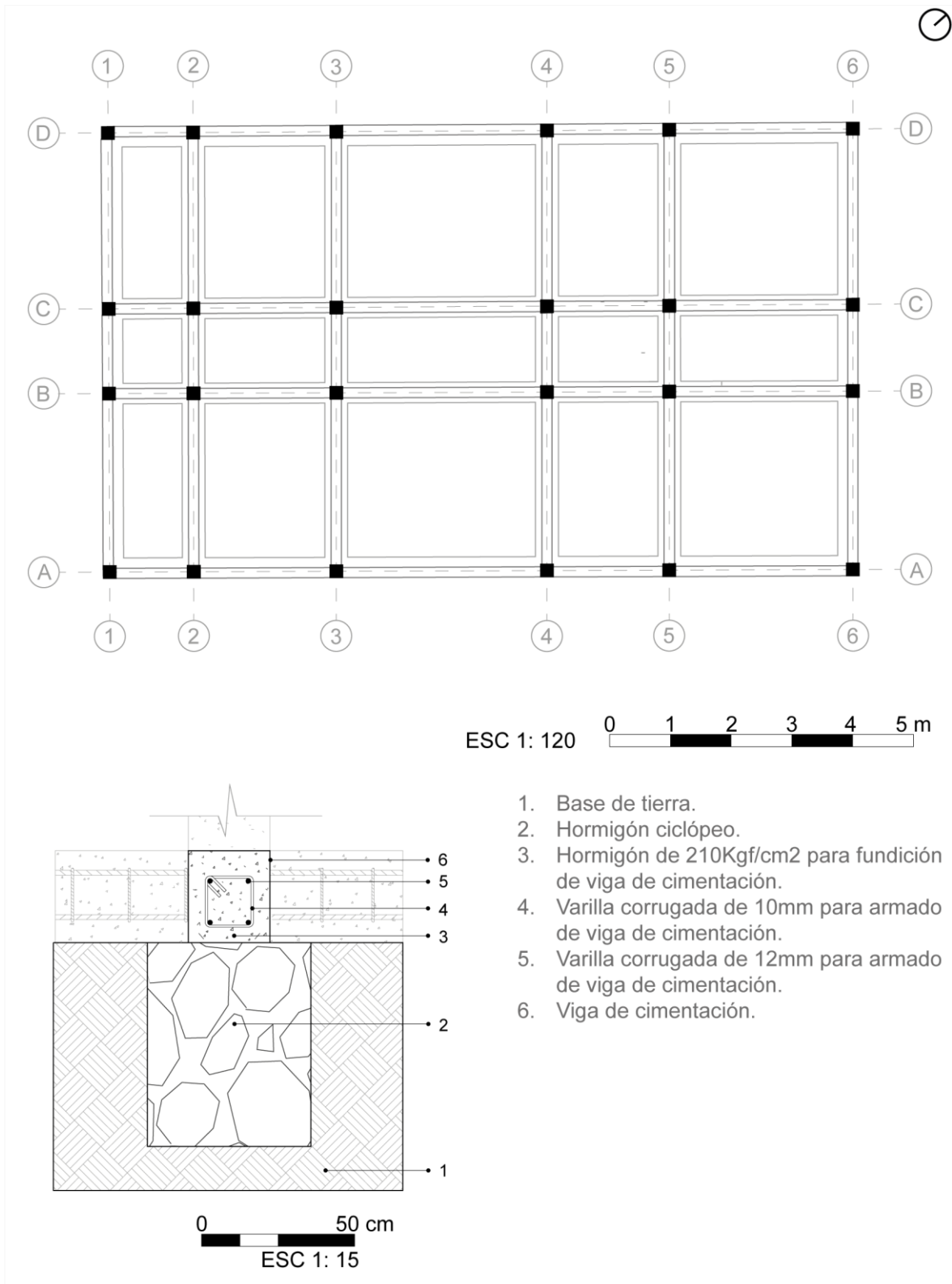
• **Plano planta baja.**



**Figura 63:** Plano planta baja vivienda Tipo Y-001.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

• **Plano de Cimentación.**



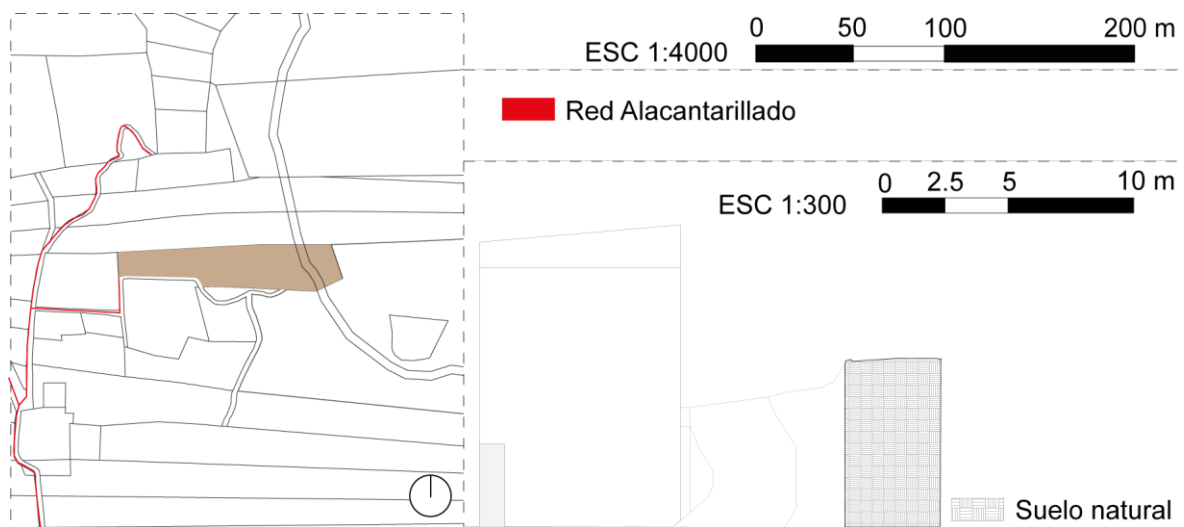
**Figura 64:** Plano cimentación vivienda Tipo Y-001.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

## 2.2.5 Vivienda Rural Tipo LI-001.

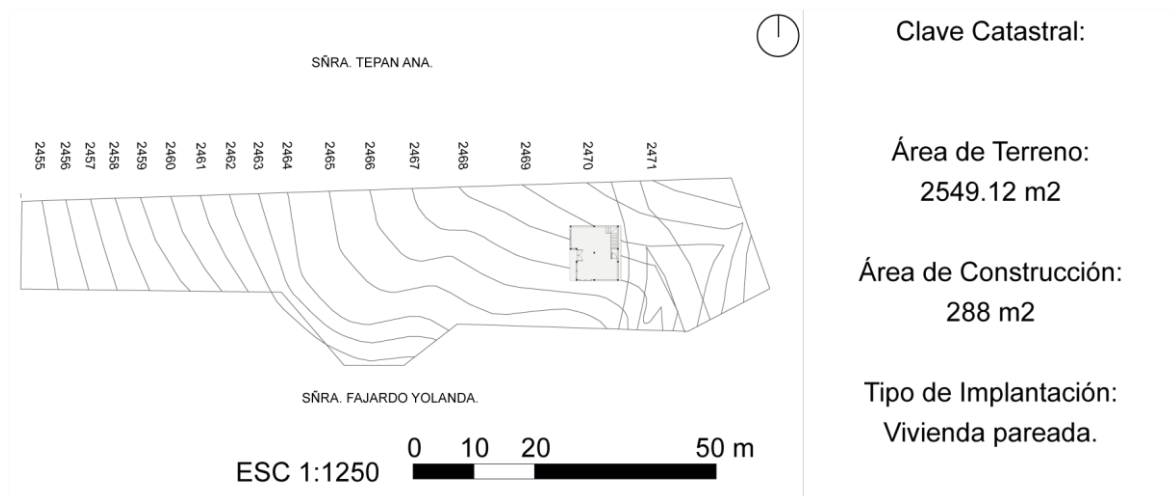
### a. Estudio de red de alcantarillado y de implantación.

El barrio de Cruz Loma, en la parroquia de Llaoca, cuenta con un sistema de alcantarillado que se sitúa a lo largo de la calle principal. No obstante, la vivienda objeto de estudio, al encontrarse a una distancia considerable, se conecta al sistema principal mediante una red que maneja únicamente las aguas servidas. Por otro lado, las aguas lluvias son canalizadas a través de conductos de tierra ubicados a los lados de una extensión reciente de la vía que circunda la vivienda (Ver Figura 65). Esta vivienda está adosada en sentido noreste, directamente al suelo, debido al desnivel existente en el predio (Ver Figura 66).



**Figura 65:** Estudio red de alcantarillado vivienda Tipo LI-001.

**Fuente:** ETAPA. (2024). Visor de diseños de Agua Potable y Alcantarillado. **Elaboración:** Propia.



**Figura 66:** Estudio de implantación vivienda Tipo LI-001.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

b. Dibujo y codificación arquitectónica.

- Plano planta baja.

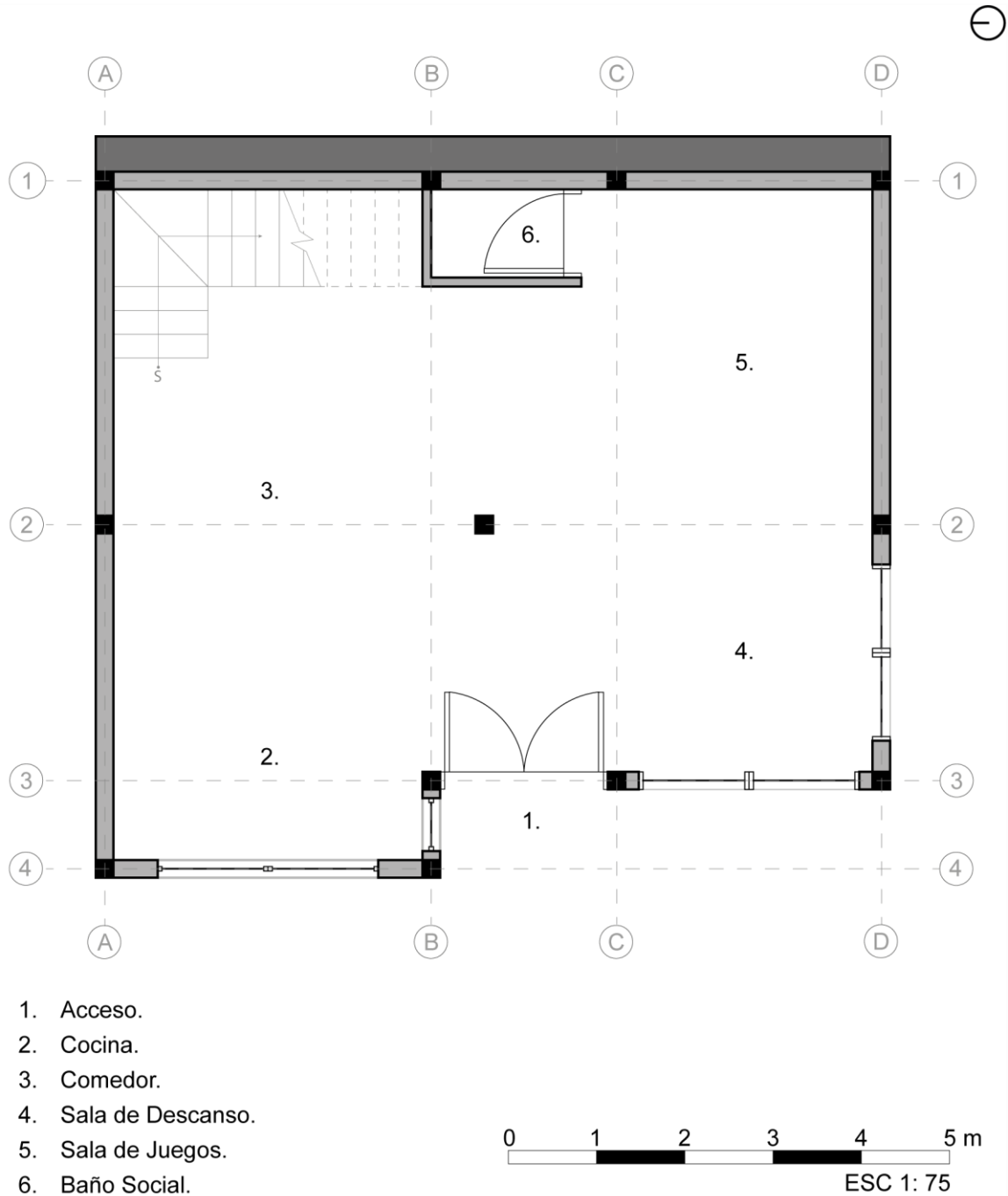
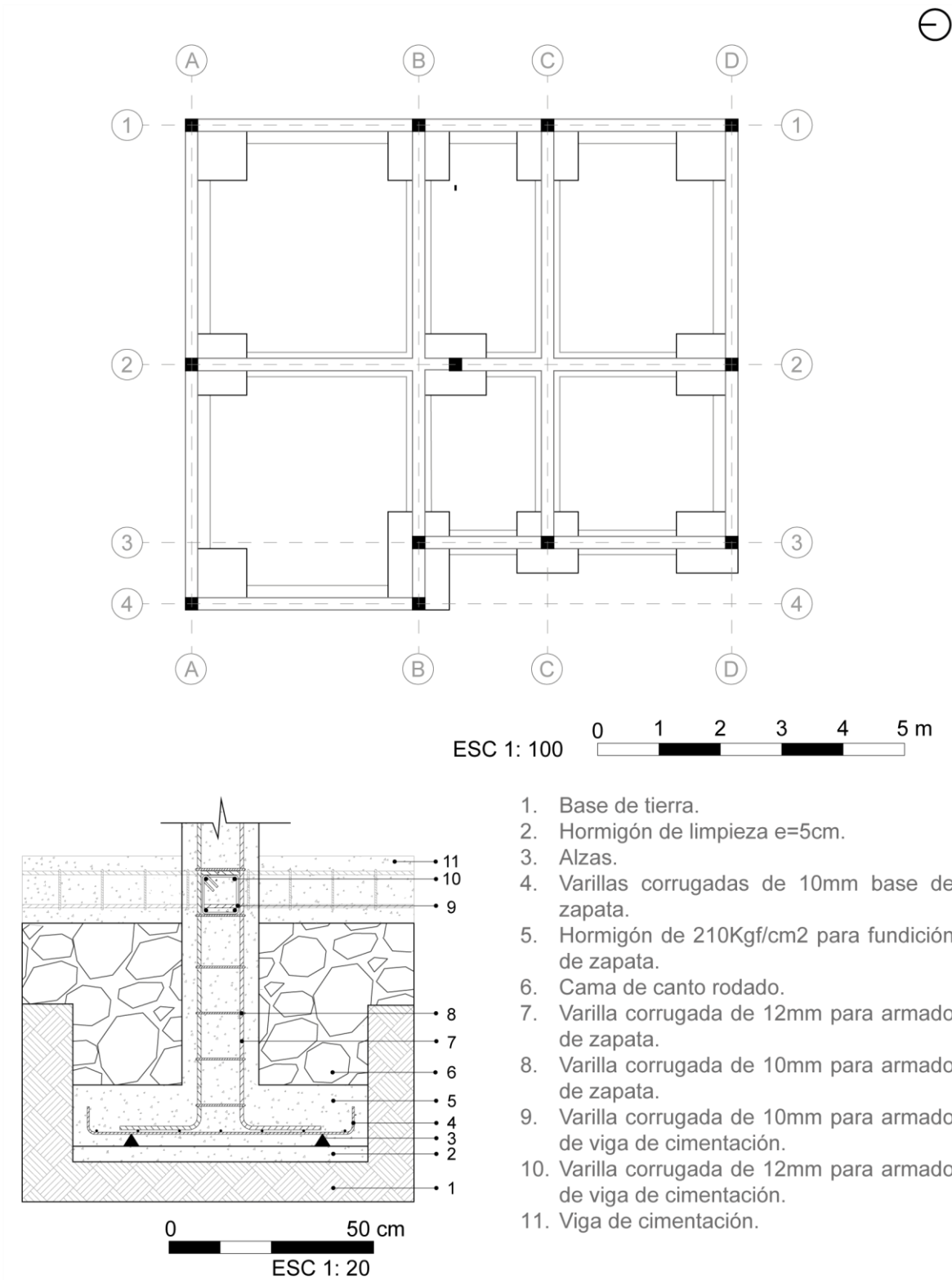


Figura 67: Plano planta baja vivienda Tipo LI-001.

Fuente: Propia. Elaboración: Propia.

• **Plano de Cimentación.**



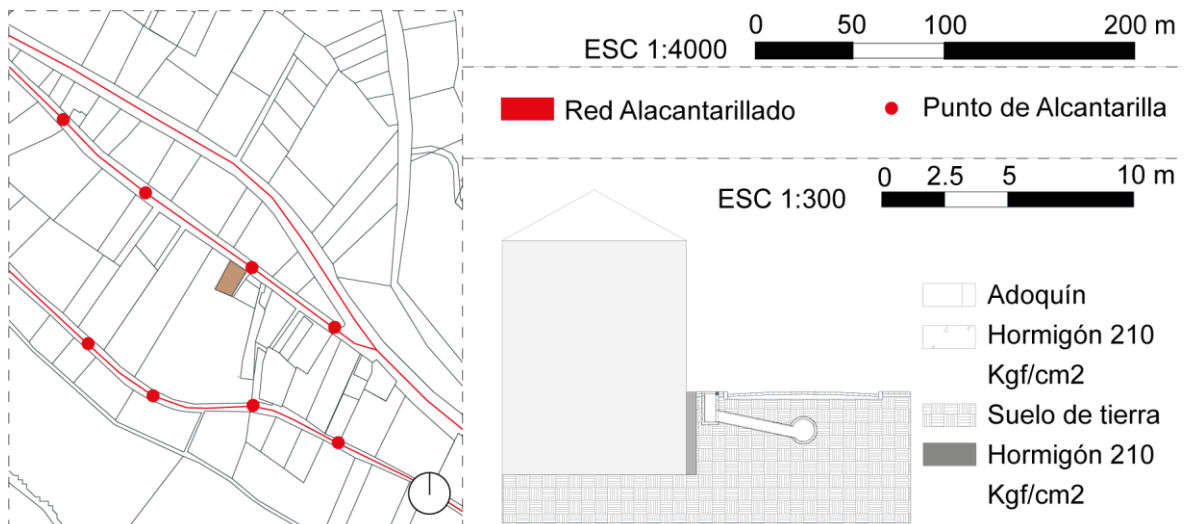
**Figura 68:** Plano cimentación vivienda Tipo LI-001.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

## 2.2.6 Vivienda Tipo Sa-001.

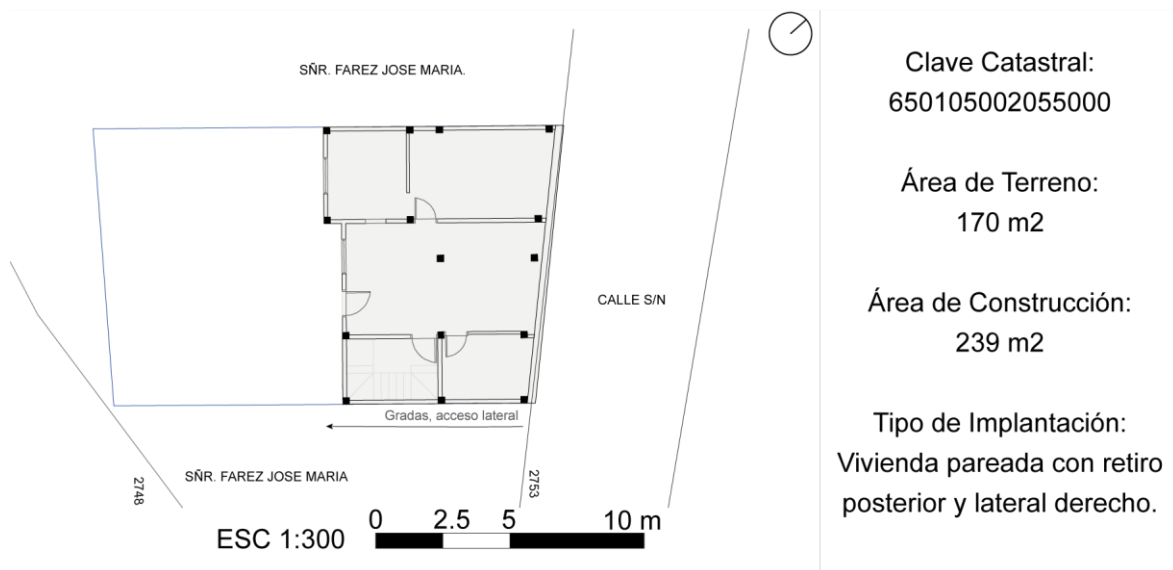
El centro consolidado de la parroquia de Sayausí dispone de todos los servicios, incluido el sistema de alcantarillado. La vivienda Sa-001 tiene un contacto directo con la vía, ya que no existen retiros frontales a lo largo de la calle. Únicamente se observa la existencia de una acera donde se ubican los puntos de control del sistema de alcantarillado (Ver Figura 69). Debido a esta configuración, la vivienda se encuentra adosada en su lado derecho a otra vivienda, mientras que en su lado izquierdo limita con un graderío que sirve de acceso a los predios circundantes y posteriores (Ver Figura 70).

### a. Estudio de red de alcantarillado y de implantación.



**Figura 69:** Estudio red de alcantarillado vivienda Tipo Sa-001.

**Fuente:** ETAPA. (2024). Visor de diseños de Agua Potable y Alcantarillado. **Elaboración:** Propia.



**Figura 70:** Estudio de implantación vivienda Tipo Sa-001.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

b. Dibujo y codificación arquitectónica.

- Plano planta baja.

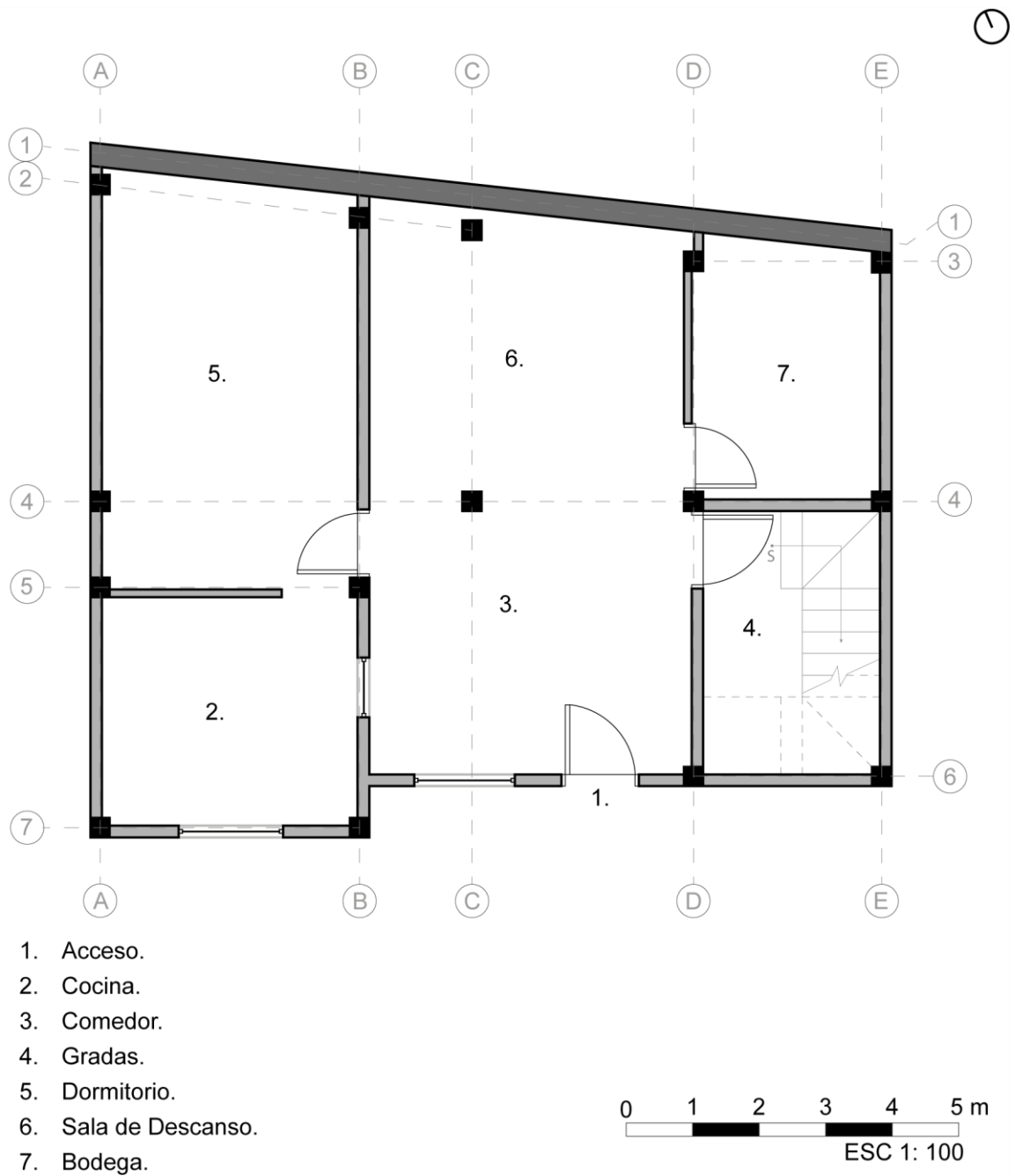
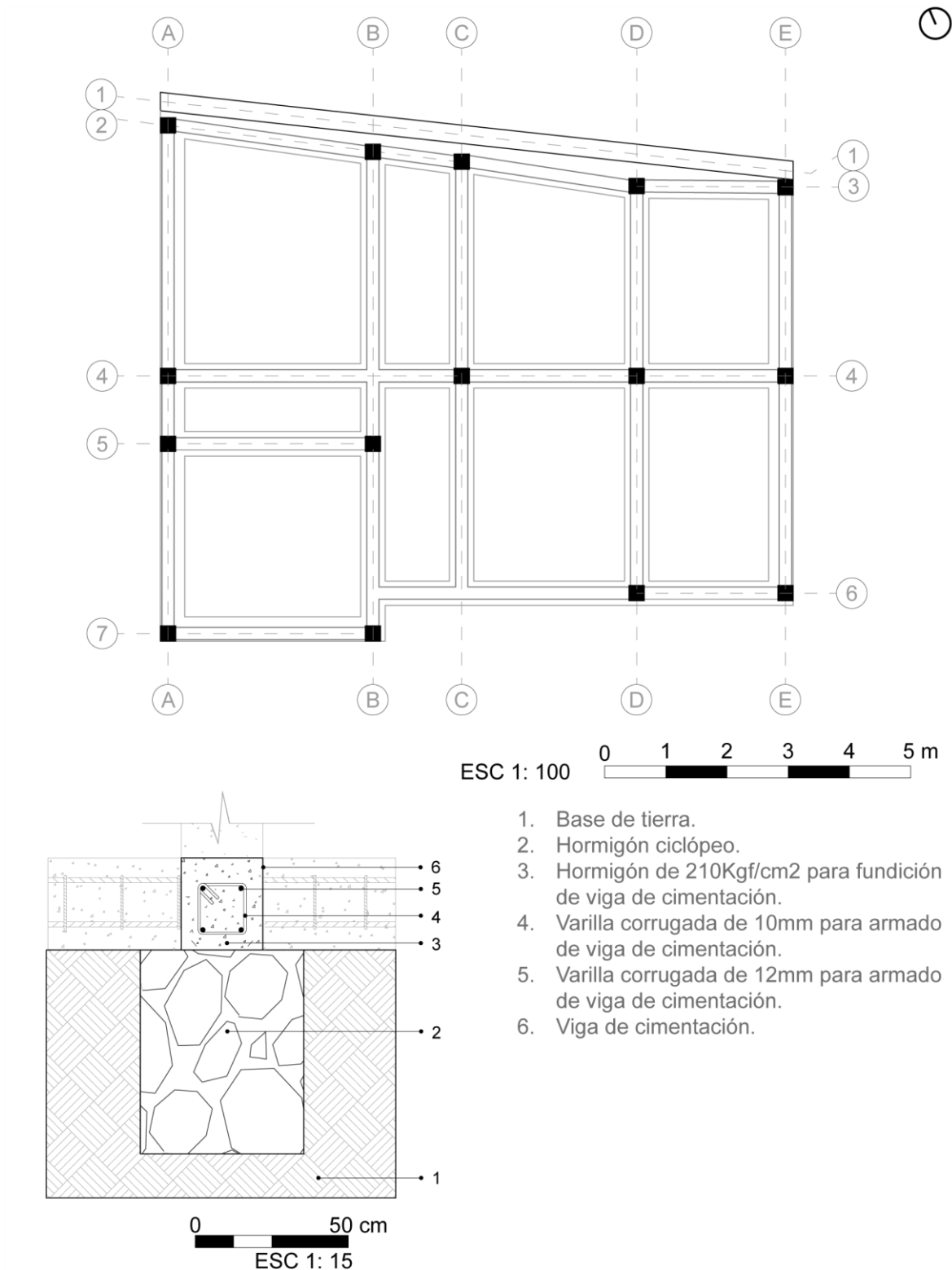


Figura 71: Plano planta baja vivienda Tipo Sa-001.

Fuente: Propia. Elaboración: Propia.

• **Plano de Cimentación**



**Figura 72:** Plano cimentación vivienda Tipo Sa-001.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

## 2.3 ANÁLISIS DE PATOLOGÍAS EN LOS CASOS DE ESTUDIO.

### 2.3.1 Ficha de identificación de patologías estado actual.

**Tabla 4:** Ficha de identificación del estado actual – vivienda urbana Tipo M-001.

M-001		<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN DEL ESTADO ACTUAL</b>					
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>							
Fecha:	23-05-24	Topografía:	P = 00 - 12%		Parroquia:	Machángara	
N° de pisos:	1		P = 13 - 20%		Dirección:	Challuabamba-L15	
Área del terreno:	712.18 m <sup>2</sup>		P = 21 - 30%	x	Clave catastral:	1701060004000	
Área de construcción:	281 m <sup>2</sup>	Sistema estructural:	Muro Corrido y Zapatas Aisladas.		Propietario:	Cabrera González Jairo José	
Año de construcción:	1994	Tipo de implantación:	Pareada con retiro Frontal y Posterior.		Localización:	Urbana	
<b>MATERIALIDAD</b>							
Cimientos:	Hormigón ciclópeo:	x	Emparrillado:	x	Losa de cimentación:		
Columnas:	Hormigón armado:	x	Metálica:		Madera:		
Mampostería:	Piedra:	x	Bloque:		Ladrillo:		
Recubrimiento de paredes:	Mortero cemento-arena:	x	Placas de yeso:		Otro:		
Recubrimiento de pisos:	Cerámica:	x	Madera:		Piso flotante:	x	
<b>IDENTIFICACIÓN DE PATOLOGÍAS</b>							
<b>SECCIÓN PRELIMINAR:</b>	Presencia de humedad:	x	Desprendimiento de pintura:	x	Eflorescencia:		
	Corrosión:	x	Pudrición:				
<b>ANÁLISIS PATOLÓGICO DE VALORACIÓN VISUAL</b>							
Posibles afecciones de patologías:	Salud:		Seguridad:		Superficial:	x	
Carácter de intervención:	Ineludible:		Necesaria:	x	Conveniente:		
Nivel de daños:	Severo:		Moderado:	x	Leve:		
Tipo de humedad:	Por capilaridad:	x	Por filtración:	x	Por nivel freático:	x	

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

**Tabla 5:** Ficha de identificación del estado actual – vivienda urbana Tipo S-001.

S-001		<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN DEL ESTADO ACTUAL</b>					
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>							
Fecha:	23-05-24	Topografía:	P = 00 - 12%		Parroquia:	Machángara	
N° de pisos:	3		P = 13 - 20%		Dirección:	27 de Febrero L-2	
Área del terreno:	405 m2		P = 21 - 30%	x	Clave catastral:	0803046031000	
Área de construcción:	207 m2	Sistema estructural:	Zapatatas Aisladas.	Propietario:	Reyes Romero Tania Piedad Pilar		
Año de construcción:	1976	Tipo de implantación:	Aislada.	Localización:	Urbano		
<b>MATERIALIDAD</b>							
Cimientos:	Hormigón ciclópeo:		Emparrillado	x	Losa de cimentación:		
Columnas:	Hormigón armado:	x	Metálica:		Madera:		
Mampostería:	Ladrillo panelón:		Bloque:		Ladrillo:	x	
Recubrimiento de paredes:	Mortero cemento-arena:	x	Placas de yeso:		Otro:		
Recubrimiento de pisos:	Cerámica:	x	Madera:	x	Piso flotante:	x	
<b>IDENTIFICACIÓN DE PATOLOGÍAS</b>							
<b>SECCIÓN PRELIMINAR:</b>	Presencia de humedad:	x	Desprendimiento de pintura:		Eflorescencia:	x	
	Corrosión:		Pudrición:				
<b>ANÁLISIS PATOLÓGICO DE VALORACIÓN VISUAL</b>							
Posibles afecciones de patologías:	Salud:		Seguridad:		Superficial:	x	
Carácter de intervención:	Ineludible:		Necesaria:		Conveniente:	x	
Nivel de daños:	Severo:		Moderado:		Leve:	x	
Tipo de humedad:	Por capilaridad:	x	Por filtración:	x	Por nivel freático:	x	

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

**Tabla 6:** Ficha de identificación del estado actual – vivienda urbana Tipo Y-001.

Y-001		FICHA DE IDENTIFICACIÓN DEL ESTADO ACTUAL					
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>							
Fecha:	23-05-24	Topografía:	P = 00 - 12%	x	Parroquia:	Yanuncay	
N° de pisos:	3		P = 13 - 20%		Dirección:	Pérez de Ayala	
Área del terreno:	178 m2		P = 21 - 30%		Clave catastral:	1101012030000	
Área de construcción:	208 m2	Sistema estructural:	Hormigón Ciclópeo		Propietario:	Avilés Salazar Fernando Marcelo	
Año de construcción:		Tipo de implantación:	Adosado		Localización:	Urbana	
<b>MATERIALIDAD</b>							
Cimientos:	Hormigón ciclópeo:	x	Emparrillado:		Losa de cimentación:		
Columnas:	Hormigón armado:	x	Metálica:		Madera:		
Mampostería:	Ladrillo panelón:		Bloque:		Ladrillo:	x	
Recubrimiento de paredes:	Mortero cemento-arena:	x	Placas de yeso:		Otro:		
Recubrimiento de pisos:	Cerámica:	x	Madera:		Piso flotante:	x	
<b>IDENTIFICACIÓN DE PATOLOGÍAS</b>							
<b>SECCIÓN PRELIMINAR:</b>	Presencia de humedad:	x	Desprendimiento de pintura:	x	Eflorescencia:		
	Corrosión:		Pudrición:				
<b>ANÁLISIS PATOLÓGICO DE VALORACIÓN VISUAL</b>							
Posibles afecciones de patologías:	Salud:	x	Seguridad:		Superficial:	x	
Carácter de intervención:	Ineludible:		Necesaria:	x	Conveniente:		
Nivel de daños:	Severo:		Moderado:	x	Leve:		
Tipo de humedad:	Por capilaridad:	x	Por filtración:	x	Por nivel freático:		

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

**Tabla 7:** Ficha de identificación del estado actual – vivienda rural Tipo LI-001.

LI-001		FICHA DE IDENTIFICACIÓN DEL ESTADO ACTUAL					
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>							
Fecha:	23-05-24	Tipografía:	P = 00 - 12%		Parroquia:	Llacao	
N° de pisos:	4		P = 13 - 20%		Dirección:	Cruz Loma	
Área del terreno:	2549,12 m <sup>2</sup>		P = 21 - 30%	x	Clave catastral:		
Área de construcción:	288	Sistema estructural:	Zapatas		Propietario:		
Año de construcción:	2021	Tipo de implantación:	Aislada		Localización:	Rural	
<b>MATERIALIDAD</b>							
Cimientos:	Hormigón ciclópeo:		Zapatas:	x	Losa de cimentación:		
Columnas:	Hormigón armado:	x	Metálica:		Madera:		
Mampostería:	Ladrillo panelón:		Bloque:	x	Ladrillo:		
Recubrimiento de paredes:	Mortero cemento-arena:	x	Placas de yeso:		Otro:		
Recubrimiento de pisos:	Cerámica:		Madera:		Otro: <b>Sin Recubrimiento</b>		
<b>IDENTIFICACIÓN DE PATOLOGÍAS</b>							
<b>SECCIÓN PRELIMINAR:</b>	Presencia de humedad	x	Desprendimiento de pintura:	x	Eflorescencia:	x	
	Corrosión:		Pudrición:				
<b>ANÁLISIS PATOLÓGICO DE VALORACIÓN VISUAL</b>							
Posibles afecciones de patologías:	Salud:	x	Seguridad:		Superficial:	x	
Carácter de intervención:	Ineludible:		Necesaria:	x	Conveniente:		
Nivel de daños:	Severo:		Moderado:	x	Leve:		
Tipo de humedad:	Por capilaridad:	x	Por filtración:		Por nivel freático:	x	

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

**Tabla 8:** Ficha de identificación del estado actual – vivienda rural Tipo Sa-001.

Sa-001		FICHA DE IDENTIFICACIÓN DEL ESTADO ACTUAL					
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>							
Fecha:	23-05-24	Tipografía:	P = 00 - 12%		Parroquia:	Sayausí	
N° de pisos:	3		P = 13 - 20%		Dirección:		
Área del terreno:	170 m2		P = 21 - 30%	x	Clave catastral:	650105002055000	
Área de construcción:	239 m2	Sistema estructural:	Hormigón Ciclópeo	Propietario:	Quizphi Villa Ángel Patricio		
Año de construcción:		Tipo de implantación:	Adosada	Localización:	Rural		
<b>MATERIALIDAD</b>							
Cimientos:	Hormigón ciclópeo:	x	Emparrillado:		Losa de cimentación:		
Columnas:	Hormigón armado:	x	Metálica:		Madera:		
Mampostería:	Ladrillo panelón:		Bloque:	x	Ladrillo:		
Recubrimiento de paredes:	Mortero cemento-arena:	x	Placas de yeso:		Otro:		
Recubrimiento de pisos:	Cerámica:	x	Madera:		Piso flotante:		
<b>IDENTIFICACIÓN DE PATOLOGÍAS</b>							
<b>SECCIÓN PRELIMINAR:</b>	Presencia de humedad:	x	Desprendimiento de pintura:	x	Eflorescencia:	x	
	Corrosión:		Pudrición:				
<b>ANÁLISIS PATOLÓGICO DE VALORACIÓN VISUAL</b>							
Posibles afecciones de patologías:	Salud:	x	Seguridad:		Superficial:	x	
Carácter de intervención:	Ineludible:		Necesaria:	x	Conveniente:		
Nivel de daños:	Severo:	x	Moderado:		Leve:		
Tipo de humedad:	Por capilaridad:	x	Por filtración:	x	Por nivel freático:	x	

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

### 2.3.2 Ficha medición de humedad con equipos: humidímetro y cámara termográfica.

Para la ficha de medición se realiza un análisis en cada vivienda seleccionada en las parroquias, recopilando la información obtenida durante las visitas a campo. Para ello, se establecen los rangos de medición en el humidímetro, que mide los porcentajes de humedad presentes en los materiales mediante su inserción en estos (Ver Tabla 9).

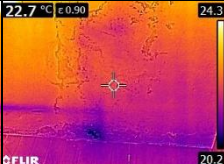








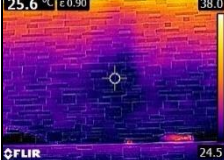






**Tabla 9:** Ponderación general medición con humidímetro.

TABLA DE PONDERACIÓN GENERAL HUMIDÍMETRO	
Humedad baja 0% - 13%	La humedad presente en el material no afecta estructural ni medicamente.
Humedad media 14% - 29%	La humedad del material representa capilaridad y puede llegar afectar en un futuro cercano.
Humedad alta 30% - 100%	La humedad es notoria visualmente y afecta tanto al material como a la salud de los habitantes.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

**Tabla 10:** Ficha medición de humedad con equipos - vivienda urbana Tipo M-001.

M-001		MEDICIÓN DE HUMEDAD CON EQUIPOS: HUMIDÍMETRO Y CÁMARA TERMOGRÁFICA			
ÍNDICE DE HUMEDAD		PLANTA DE UBICACIÓN DE PATOLOGÍAS			
41.75					
N° DE ESPACIOS AFECTADOS					
6	1. Garaje 3.1. Dormitorio 4.1. Baño 3.3. Dormitorio 6. Pasillo 7. Baño Social				
N° ESPACIO	ID ESPACIO	%DE HUMEDAD (HUMIDÍMETRO)		FOTO (CÁMARA TERMOGRÁFICA)	
3.1.	01			Fecha: 25-05-2024	
		Rango de humedad			Fecha: 23-05-2024
		Afección media 19.2%			Resultados El espacio cuenta con humedad por capilaridad mostrando señales de desprendimiento de mortero y pintura.
4.1.	02			Fecha: 25-05-2024	
		Rango de humedad			Fecha: 23-05-2024
					Resultados



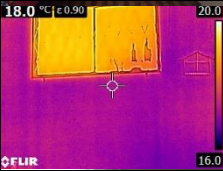




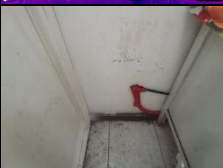







			Afección media 18.5%		La afección se encuentra en una zona húmeda de la casa, teniendo la posibilidad de humedad por filtración.
3.3.	03		Fecha: 25-05-2024		Fecha: 23-05-2024
			Rango de humedad		Resultados
			Afección alta 28.3%		
3.3.	04		Fecha: 25-05-2024		Fecha: 23-05-2024
			Rango de humedad		Resultados
			Afección alta 23.2%		
6.	05		Fecha: 25-05-2024		Fecha: 23-05-2024
			Rango de humedad		Resultados
			Afección baja 12.1%		
6.	06		Fecha: 25-05-2024		Fecha: 23-05-2024
			Rango de humedad		Resultados
			Afección media 15.7%		
7.	07		Fecha: 25-05-2024		Fecha: 23-05-2024
			Rango de humedad		Resultados
			Afección alta 22.8%		

1.	08		Fecha: 25-05-2024		Fecha: 23-05-2024
			Rango de humedad		Resultados
			Afección alta 28.6%		Existe un desnivel topográfico en la parte posterior del muro afectando así a la vivienda por nivel freático.
1.	09		Fecha: 25-05-2024		Fecha: 23-05-2024
			Rango de humedad		Resultados
			Afección media 19.3%		Existe un desnivel topográfico en la parte posterior del muro afectando así a la vivienda por nivel freático.
1.	10		Fecha: 25-05-2024		Fecha: 23-05-2024
			Rango de humedad		Resultados
			Afección media 15.6%		La patología analizada aquí se debe a una filtración por parte de la acometida de agua de la vivienda.

Fuente: Propia. Elaboración: Propia.

Tabla 11: Ficha medición de humedad con equipos - vivienda urbana Tipo S-001.

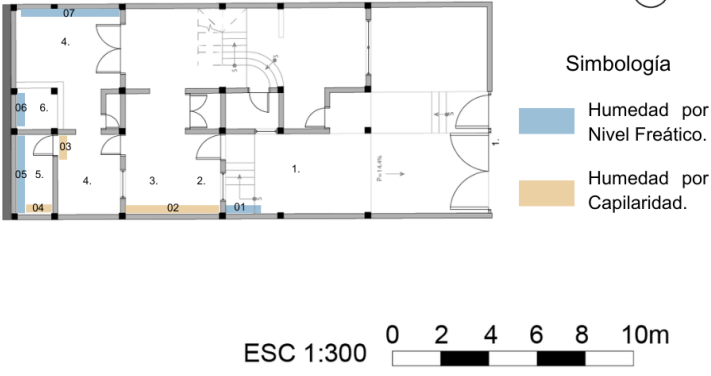






S-001		MEDICIÓN DE HUMEDAD CON EQUIPOS: HUMIDIMETRO Y CÁMARA TERMOGRÁFICA
ÍNDICE DE HUMEDAD		PLANTA DE UBICACIÓN DE PATOLOGÍAS
32.55		<p>Simbología</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Humedad por Nivel Freático.</li> <li>Humedad por Capilaridad.</li> <li>Humedad por Filtración.</li> </ul> <p>ESC 1:225</p>
Nº DE ESPACIOS AFECTADOS		
4	3. Área de Estar 4. Comedor 6. Alacena 7. Baño Social	
















N° ESPACIO	ID ESPACIO	%DE HUMEDAD (HUMEDÍMETRO)	FOTO (CÁMARA TERMOGRÁFICA)		
3.	01		Fecha: 25-05-2024  Rango de humedad  Afección Baja 5.6%	 	Fecha: 23-05-2024  Resultados  Existe presencia de humedad, ya que detrás del muro se encuentra la zona de lavandería de la vivienda.
			Fecha: 25-05-2024  Rango de humedad  Afección baja 5.2%	 	Fecha: 23-05-2024  Resultados  Es el espacio con mayor presencia de humedad en la vivienda, sin embargo, no representa un riesgo estructural ni de salud.
			Fecha: 25-05-2024  Rango de humedad  Afección baja 12.2%	 	Fecha: 23-05-2024  Resultados  La humedad no es visible en esta parte de la vivienda, sin embargo, existe la presencia de polvillo por moho cerca de las rastreras.
7.	04		Fecha: 25-05-2024  Rango de humedad  Afección baja 6.7%	 	Fecha: 23-05-2024  Resultados  El espacio cuenta con humedad debido a la presencia de filtración por parte de las tuberías de la zona húmeda.
			Fecha: 25-05-2024  Rango de humedad  Afección alta 23.6%	 	Fecha: 23-05-2024  Resultados  Existe la presencia de humedad, ya que detrás del muro es un desnivel topográfico, provocando humedad por nivel freático.

4.	06		Fecha: 25-05-2024		Fecha: 23-05-2024
			Rango de humedad		Resultados
			Afección alta 22.7%		El muro pertenece a la parte exterior a la vivienda, sin embargo, cuenta con todos los requisitos para no presentar la humedad que se evidencia.

Fuente: Propia. Elaboración: Propia.

Tabla 12: Ficha medición de humedad con equipos - vivienda urbana Tipo S-001.


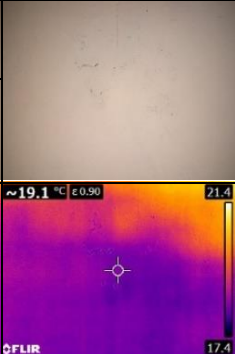
Y-001		MEDICIÓN DE HUMEDAD CON EQUIPOS: HUMIDIMETRO Y CÁMARA TERMOGRÁFICA			
ÍNDICE DE HUMEDAD		PLANTA DE UBICACIÓN DE PATOLOGÍAS			
52.12					
N° DE ESPACIOS AFECTADOS					
6.	<ol style="list-style-type: none"> <li>Garaje</li> <li>Comedor</li> <li>Cocina</li> <li>Patio</li> <li>Lavandería</li> <li>Zona BBQ</li> </ol>				
N° ESPACIO	ID ESPACIO	%DE HUMEDAD (HUMIDIMETRO)	FOTO (CÁMARA TERMOGRÁFICA)		
1.	01		Fecha: 25-05-2024		Fecha: 23-05-2024
		Rango de humedad	Resultados		
		Afección alta mayor al 40%		El acceso en el muro lateral izquierdo se evidencia marcas de humedad debido a su contacto directo con el suelo en la parte posterior.	
2. 3.	02		Fecha: 25-05-2024		Fecha: 23-05-2024
		Rango de humedad	Resultados		
		Afección baja 5.6%		La zona de la cocina presenta rasgos de humedad por capilaridad, que afecta de forma negativa al mueble fijo.	

4.	03		Fecha: 25-05-2024		Fecha: 23-05-2024
			Rango de humedad		Resultados
			Afección alta 23.8%		En la parte baja del muro presenta marcas de humedad por capilaridad.
5.	04		Fecha: 25-05-2024		Fecha: 23-05-2024
			Rango de humedad		Resultados
			Afección media 17.2%		Es visible rastros de humedad por capilaridad en el muro lo que provoca desprendimiento de la pintura.
5.	05		Fecha: 25-05-2024		Fecha: 23-05-2024
			Rango de humedad		Resultados
			Afección alta 29.3%		El muro derecho se encuentra en contacto directo con el suelo en su parte posterior lo que conlleva a una alta presencia de humedad.
6.	06		Fecha: 25-05-2024		Fecha: 23-05-2024
			Rango de humedad		Resultados
			Afección alta 25.1%		El muro se encuentra en contacto directo con el suelo en su parte posterior lo que conlleva a una alta presencia de humedad.
4.	07		Fecha: 25-05-2024		Fecha: 23-05-2024
			Rango de humedad		Resultados
			Afección media 17.5%		El muro se encuentra en contacto directo con el suelo en su parte posterior por un desnivel, lo que conlleva a una alta presencia de humedad en su superficie.

Fuente: Propia. Elaboración: Propia.

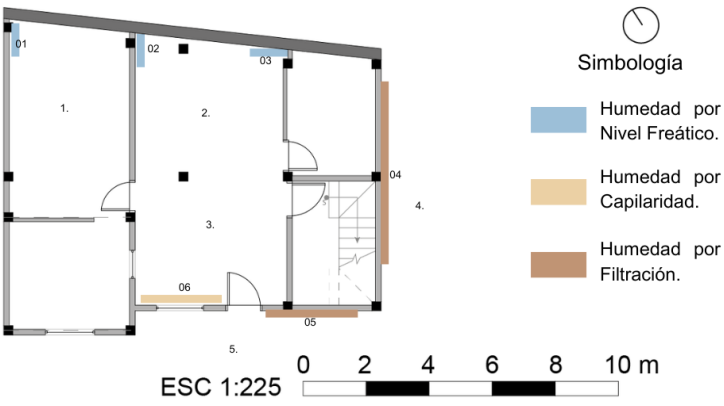






**Tabla 13:** Ficha medición de humedad con equipos - vivienda rural Tipo LI-001.

LI-001		MEDICIÓN DE HUMEDAD CON EQUIPOS: HUMIDÍMETRO Y CÁMARA TERMOGRÁFICA				
ÍNDICE DE HUMEDAD		PLANTA DE UBICACIÓN DE PATOLOGÍAS				
41.30		<p>Simbología</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Humedad por Nivel Freático.</li> <li>Humedad por Capilaridad.</li> </ul> <p>ESC 1:60</p>				
N° DE ESPACIOS AFECTADOS						
4.	1. Comedor 2. Gradas 3. Baño 4. Sala de Juegos					
N° ESPACIO	ID ESPACIO	%DE HUMEDAD (HUMIDÍMETRO)		FOTO (CÁMARA TERMOGRÁFICA)		
1.	01			Fecha: 25-05-2024		Fecha: 23-05-2024
		Rango de humedad		Resultados		
		Afección media 14.9%		El muro es su zona baja presenta rasgos de humedad por capilaridad debido a su contacto con el suelo.		
2.	02			Fecha: 25-05-2024		Fecha: 23-05-2024
		Rango de humedad		Resultados		
		Afección media 16.3%		El muro se encuentra en contacto con el suelo natural en la parte posterior, es por eso que a través de la capilaridad y el nivel freático se presenta fluorescencia en los muros.		
3.	03			Fecha: 25-05-2024		Fecha: 23-05-2024
		Rango de humedad		Resultados		
		Afección media 16.0%		Fluorescencia derivada de la humedad producida por la capilaridad de los materiales y su contacto indirecto con el nivel freático.		

4.	04		Fecha: 25-05-2024		Fecha: 23-05-2024
			Rango de humedad		Resultados
			Afección media 20.0%		Desprendimiento de pintura derivado de la humedad producida por la capilaridad de los materiales y su contacto indirecto con el nivel freático.

Fuente: Propia. Elaboración: Propia.

Tabla 14: Ficha medición de humedad con equipos - vivienda rural Tipo Sa-001.

Sa-001		MEDICIÓN DE HUMEDAD CON EQUIPOS: HUMIDIMETRO Y CÁMARA TERMOGRÁFICA			
ÍNDICE DE HUMEDAD		PLANTA DE UBICACIÓN DE PATOLOGÍAS			
58.99		 <p>Simbología</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Humedad por Nivel Freático.</li> <li>Humedad por Capilaridad.</li> <li>Humedad por Filtración.</li> </ul> <p>ESC 1:225</p>			
N° DE ESPACIOS AFECTADOS					
4.	1. Dormitorio 5. Sala de Descanso 6. Comedor 7. Graderío 8. Patio Exterior				
N° ESPACIO	ID ESPACIO	%DE HUMEDAD (HUMEDÍMETRO)	FOTO (CÁMARA TERMOGRÁFICA)		
1.	01		Fecha: 25-05-2024		Fecha: 23-05-2024
		Rango de humedad	Resultados		
		Afección media 15.2%		Detrás del muro derecho se encuentra un muro de contención, donde la humedad que se presenta es a causa del nivel freático.	
2.	02		Fecha: 25-05-2024		Fecha: 23-05-2024
		Rango de humedad	Resultados		
		Afección alta 25.0%		Detrás del muro derecho se encuentra un muro de contención, donde la humedad que se presenta es a causa del nivel freático.	

2.	03		Fecha: 25-05-2024		Fecha: 23-05-2024
			Rango de humedad		Resultados
			Afección media 17.0%		Detrás del muro izquierdo se encuentra un muro de contención, la humedad que se presenta es a causa del nivel freático.
4.	04		Fecha: 24-06-2024		Fecha: 23-05-2024
			Rango de humedad		Resultados
			Afección media 18.1%		La humedad por filtración presente en el muro es a causa del contacto directo con el agua de fuentes externas como el clima.
5.	05		Fecha: 24-06-2024		Fecha: 23-05-2024
			Rango de humedad		Resultados
			Afección alta 23.5%		La humedad es causada por el contacto directo con agentes externos que a través de la filtración se hacen evidentes.
3.	06		Fecha: 24-06-2024		Fecha: 23-05-2024
			Rango de humedad		Resultados
			Afección alta 26.2%		Los rasgos de humedad son producto de la filtración de agua externa y la capilaridad del material del muro.

Fuente: Propia. Elaboración: Propia.

### 2.3.3 Resumen de identificación de las patologías.

Los casos de estudio se analizaron minuciosamente, donde, al clasificar los tipos de humedad, se logra identificar los espacios afectados con problemas similares. Esto concluye que las viviendas más afectadas son M-001, Y-001, Lla-001 y Sa-001, siendo la construcción con código Sa-001 la que requiere una intervención urgente (Ver Tabla 15).

**Tabla 15:** Compendio de análisis casos de estudio.

TABLA DE RESUMEN DE PATOLOGÍAS EN LAS VIVIENDAS SELECCIONADAS					
VIVIENDA	CÓDIGO DE VIVIENDA	ESPACIOS AFECTADOS	TIPO DE HUMEDAD ENCONTRADA	AFECCIONES ENCONTRADAS	NIVEL DE DAÑO
	M-001	<ul style="list-style-type: none"> <li>Garaje</li> <li>Dormitorio</li> <li>Baño</li> <li>Dormitorio</li> <li>Pasillo</li> <li>Baño Social</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Humedad por Capilaridad</li> <li>Humedad por Filtración</li> <li>Humedad por Nivel Freático</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presencia de Humedad.</li> <li>Corrosión</li> <li>Desprendimiento de Pintura</li> </ul>	Moderado
	S-001	<ul style="list-style-type: none"> <li>Área de Estar</li> <li>Comedor</li> <li>Alacena</li> <li>Baño Social</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Humedad por Capilaridad</li> <li>Humedad por Filtración</li> <li>Humedad por Nivel Freático</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presencia de Humedad.</li> </ul>	Leve
	Y-001	<ul style="list-style-type: none"> <li>Garaje</li> <li>Comedor</li> <li>Cocina</li> <li>Patio Posterior</li> <li>Lavandería</li> <li>Zona BBQ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Humedad por Capilaridad</li> <li>Humedad por Filtración</li> <li>Humedad por Nivel Freático</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presencia de Humedad.</li> <li>Desprendimiento de Pintura.</li> </ul>	Moderado
	LI-001	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comedor</li> <li>Gradas</li> <li>Baño</li> <li>Sala de Juegos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Humedad por Capilaridad</li> <li>Humedad por Nivel Freático</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presencia de Humedad.</li> <li>Desprendimiento de Pintura.</li> <li>Fluorescencia.</li> </ul>	Moderado
	Sa-001	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dormitorio</li> <li>Sala de Descanso</li> <li>Comedor</li> <li>Graderío</li> <li>Patio Exterior</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Humedad por Capilaridad</li> <li>Humedad por Filtración</li> <li>Humedad por Nivel Freático</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presencia de Humedad.</li> <li>Desprendimiento de Pintura.</li> <li>Fluorescencia.</li> </ul>	Severo
<p>Nulo: No existe problema a solucionar.            Leve: Se evidencia humedad, pero la intervención no es necesaria.            Moderado: La humedad es notable y requiere intervención.            Severo: Se evidencia humedad alta y precisa de urgente intervención.</p>					

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

# CAPÍTULO III

## PROPUESTA



## CAPITULO III: PROPUESTA

En el presente capítulo se examinan los resultados de la investigación realizada en el capítulo dos, donde se analizan viviendas con diversas patologías provocadas por la humedad. A partir de la recopilación de datos en las visitas a campo se identificaron las causas principales de los problemas de humedad que afectaba a cimentación y muros.

Una vez analizado el tipo de cimentación comúnmente utilizado en la ciudad de Cuenca, se decide implementar soluciones que puedan instalarse en el territorio, llegando a obtener las estrategias finales que permiten mitigar o corregir los diversos casos de afecciones.

El contenido de este capítulo se basa en la selección de criterios de diseño, elección de materiales y técnicas de instalación recomendadas tanto para los escenarios evaluados en el capítulo dos como para problemas actuales en cualquier vivienda de la ciudad.


La descripción detallada de las distintas estrategias seleccionadas se encuentra agrupada de acuerdo con sus características. El primer grupo incluye métodos preventivos que se emplean principalmente antes de la construcción del contrapiso, basándose en la distribución del sistema de drenaje. El segundo grupo consta de estrategias preventivas y correctivas que pueden ser aplicadas antes o después de la finalización de la obra. Finalmente, el último grupo se compone de estrategias correctivas especiales que ofrecen soluciones a problemas específicos de humedad. Estas estrategias varían en función de los materiales impermeabilizantes, técnicas de instalación recomendadas y costo de aplicación.

Además, se proporciona un compendio de los resultados obtenidos en este capítulo a través de una guía práctica, que permite la comprensión gráfica y textual del proceso constructivo de cada estrategia. Esto con el objetivo de ofrecer una referencia tanto a profesionales como al público en general.

### 3.1 TABLA RESUMEN DE PATOLOGÍAS.

Para desarrollar las estrategias a utilizar, es necesario analizar los casos de patologías de humedad identificados en la información recolectada durante las visitas a campo mencionadas en el capítulo anterior. Este análisis se centra en comprender a fondo el problema para llegar a una posible solución. Al estudiar detalladamente cada caso, donde se identifican patrones y causas subyacentes que faciliten la selección de las estrategias más efectivas (Ver Tabla 16).

**Tabla 16:** Resumen de patologías.

IMAGEN	PROBLEMA	OBJETIVO	ESTRATEGIA
	Capilaridad en muros.	Emplear estrategias que prevengan o reduzcan la capilaridad en las construcciones, con el fin de mitigar la erosión de los materiales.	En casos de absorción de agua por parte de materiales, se pueden emplear las siguientes soluciones en áreas saturadas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Impermeabilización con breca, pintura asfáltica, láminas plásticas, etc.</li> <li>• Mortero hidrófugo.</li> <li>• Perforación con drenes.</li> </ul> Dichas estrategias se pueden implementar antes o después de la construcción, asegurando una mayor edificabilidad durante el inicio de la obra.
	Humedad por filtración en muros.	Implementar mecanismos de impermeabilización o desfogue en los muros de la vivienda, con el objetivo de prevenir la erosión de la superficie.	
	Oxidación de las estructuras.	Manejar soluciones para evitar el contacto directo de los cimientos con el agua subterránea, protegiendo así la estructura.	En caso de acumulación de agua, se deben buscar metodologías para su desfogue. A continuación, se deben implementar los siguientes sistemas de drenaje: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Drenaje Perimetral</li> <li>• Drenaje Paralelo</li> <li>• Drenaje Espina de Pescado</li> <li>• Dren Francés</li> <li>• Drenaje con Geotextil</li> </ul>
	Suelos saturados por nivel freático.	Emplear metodologías de drenaje para canalizar el agua acumulada en el suelo.	
	Inundación	Aplicar sistemas de desfogue para impedir la inundación de los espacios.	Para zonas con empozamiento o acumulación de agua, se pueden implementar canales o zanjas de desfogue superficiales. Estos pueden estar presentes durante la construcción o ser instalados posteriormente.
	Topografía superior al 15%.	Implementar sistemas de contención y filtración en pendientes pronunciadas con construcciones bajas para evitar la inundación cerca de la construcción.	Para sostener el empuje del suelo en la parte baja de una pendiente, se deben emplear estrategias que soporten la carga y permitan la filtración del agua subterránea, la cual tiende a buscar desfogue por gravedad. Para ello, se pueden implementar las siguientes soluciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Muro de Contención con canal.</li> <li>• Muro Pantalla.</li> </ul>

Fuente: Propia. Elaboración: Propia.

Una vez analizadas las estrategias, se investiga las metodologías a aplicar. Para ello, se genera un compendio de estas metodologías, identificando similitudes y separando las estrategias de las opciones de materiales a utilizar. Esto se realiza ya que, en los sistemas de drenaje existen diferencias tanto en la disposición como en los materiales empleados. Además, se consideran las condiciones específicas del terreno y los requisitos de cada proyecto para seleccionar las soluciones más adecuadas (Ver Tabla 17).

**Tabla 17:** Compendio de estrategias a aplicar.

ESTRATEGIAS	HUMEDAD A RESOLVER	CUANDO IMPLEMENTAR	SOLUCIÓN CASO DE ESTUDIO
<b>Estrategias Superficiales y Subsuperficiales</b>			
<b>Zanja o canal</b>	Humedad por capilaridad y nivel freático.	Antes o después de la construcción.	Y-001
<b>Muros perforados</b>	Humedad por capilaridad y nivel freático.	Antes o después de la construcción.	Y-001
<b>Muro pantalla</b>	Humedad por nivel freático.	Antes o después de la construcción.	M-001
<b>Dren con geotextil</b>	Humedad por capilaridad y nivel freático.	Durante la construcción.	M-001
<b>Estrategias Subterráneas</b>			
<b>Drenaje perimetral</b>	Humedad por capilaridad y nivel freático.	Antes o después de la construcción.	M-001 - S-001
<b>Drenaje paralelo</b>	Humedad por capilaridad y nivel freático.	Antes de la construcción.	-
<b>Drenaje espina de pescado</b>	Humedad por capilaridad y nivel freático.	Antes de la construcción.	-
<b>Opciones a Implementar durante los procesos ya mencionados</b>			
<b>Drenaje francés</b>	Humedad por capilaridad y nivel freático.	Durante la construcción.	M-001 - S-001 - LL-001
<b>Tubería lisa</b>	Humedad por capilaridad y nivel freático.	Durante la construcción.	Y-001
<b>Tubería corrugada</b>	Humedad por capilaridad y nivel freático.	Durante la construcción.	-
<b>Impermeabilización con lámina drenante</b>	Humedad por capilaridad y nivel freático.	Durante la construcción.	M-001 - S-001
<b>Impermeabilización con lámina de plástico</b>	Humedad por capilaridad y nivel freático.	Antes o después de la construcción.	Y-001 - M-001 - S-001-Sa-001-LI-001
<b>Impermeabilización con mortero hidrófugo</b>	Humedad por capilaridad, nivel freático y filtración.	Antes o después de la construcción.	Y-001 - M-001 - S-001-Sa-001-LI-001
<b>Impermeabilización con brea</b>	Humedad por capilaridad, nivel freático y filtración.	Antes o después de la construcción.	Y-001 - M-001 - S-001-Sa-001-LI-001
<b>Impermeabilización con pintura asfáltica</b>	Humedad por capilaridad, nivel freático y filtración.	Antes o después de la construcción.	Y-001 - M-001 - S-001-Sa-001-LI-001

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

## 3.2 ESTRATEGIAS.

### 3.2.1 Dren perimetral.

#### **a. Problema de humedad a resolver.**

Es una solución aplicada antes de la construcción, ya sea como proceso definitivo o temporal, que resuelve problemas de humedad causados por el nivel freático en el terreno donde se realiza la futura instalación (Gavilanes, 2020).

#### **b. Objetivo.**

El propósito de la disposición del dren perimetral es redirigir el agua subterránea antes de que llegue a los cimientos, para evitar la erosión del material y los efectos de humedad por capilaridad.

#### **c. Descripción: Proceso constructivo.**

1. Determinar la ubicación del drenaje, la cual debe colocarse alrededor del perímetro del diseño, a una distancia de 0.50 m a 1.5 m del cimiento, dependiendo del tipo constructivo (Ver Figura 73). Es importante considerar que la profundidad del dren varía entre 1 y 2 metros según el estudio del nivel freático.
2. Se excavan las zanjas asegurando un ancho adecuado según el diseño de canalización, condicionado por la saturación de agua existente en el terreno.
3. Simultáneamente al paso anterior, se realiza el cálculo de la pendiente para el flujo adecuado del agua, donde generalmente es del 2% en las tuberías y se procede a establecer las conexiones con pozos de revisión o desfuegos necesarios.
4. Compactar el fondo de la zanja para colocar una capa impermeabilizante ya sea líquida o plástica en toda la superficie de la obra que tenga contacto con la humedad del suelo.
5. Una vez asegurado el impermeabilizante, se procede a agregar una capa de hormigón en la base, con un espesor de 5 a 10 cm. Cabe destacar que otra opción es utilizar arena, la cual crea un sistema de amortiguación para el drenaje.
6. Sobre el hormigón seco se coloca una malla geotextil dejando un excedente en los bordes que sirve posteriormente para cubrir el material granular del sistema de drenaje.
7. Coloca la tubería lisa o corrugada y crear la red de canalización del drenaje. La tubería puede ser nuevamente rodeada con malla geotextil para evitar posibles taponamientos (Ver Figura 74). Por otra parte, se destaca que el diámetro de la tubería depende de la exposición a la humedad del terreno, pero generalmente se utilizan tuberías de 8 a 10 pulgadas de diámetro que cumplen con la norma AASHTO M 252-18 y de 12 a 60 pulgadas de diámetro que aplica en la norma AASHTO M 294-18 y la ASTM F2306/2306M-18.
8. Después de crear el sistema de tuberías y colocar la malla geotextil, se añade una capa de relleno de grava, para crear una red de canalización y retención hasta el fondo de la zanja donde se encuentra el dren. Esta capa debe sobrepasar el dren en al menos 0.40m.

9. Para el armado del material filtrante del drenaje, se coloca una capa de relleno de arena fina que sobrepasa la capa anterior de grava en 0.20 a 0.30 metros. (Ver Figura 75).
10. Finalmente, se rellena la zanja con el material deseado o con tierra no arcillosa (Gavilanes, 2020).

#### d. Costo.

Para los cálculos (Ver Tabla18), se toma como referencia una cimentación con el nivel freático a 1.35 m de profundidad, con un ancho de zanja para el dren de 0,40 m y un largo de 1 m.

Especificación de espesores de materiales:

- Replanteo de hormigón simple  $e= 0.10\text{m}$ .
- Cama de grava 3/4  $e= 0.50\text{m}$ .
- Cama de arena espesor  $e= 0.20\text{ m}$ .

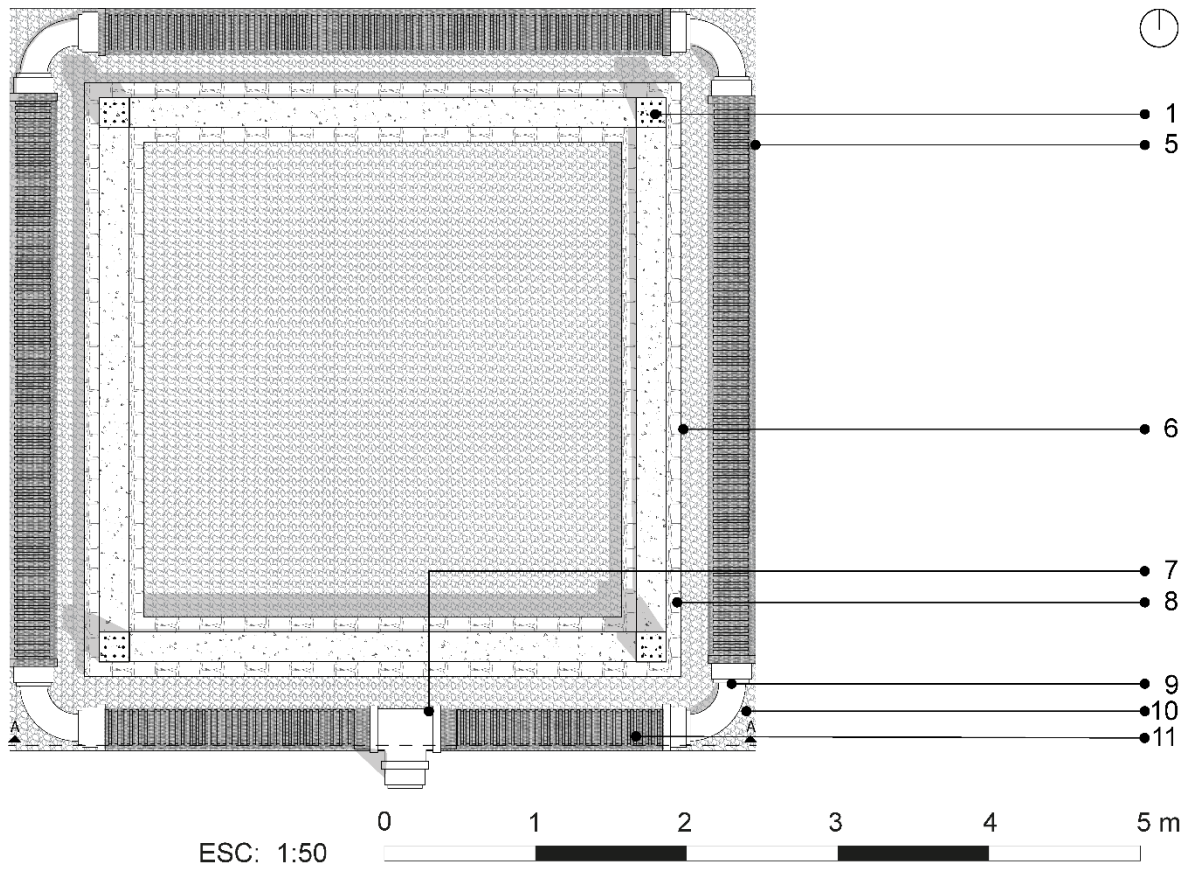
**Tabla 18:** Precios Unitarios: Drenaje perimetral.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DRENAJE PERIMETRAL					
ITEM.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	Desbroce y limpieza del terreno	m2	0.60	6.33	3.80
2	Replanteo y nivelación	m2	0.60	3.40	2.04
3	Excavación de zanjas	m3	0.54	4.45	2.40
4	Compactación y nivelación	m2	0.40	0.72	0.29
5	Impermeabilizante en lámina	m2	1.45	4.64	6.73
6	Replanteo de hormigón simple 140 kg/cm <sup>2</sup>	H/m3	0.04	116.29	4.65
7	Tubería corrugada 331 mm	MI	1.00	13.32	13.32
8	Geotextil	m2	2.10	6.72	14.11
9	Cama de grava 3/4	m3	0.20	27.91	5.58
10	Cama de arena fina	m3	0.08	13.75	1.10
11	Relleno de zanja con material granular	m3	0.22	6.38	1.40
12	Desalojo de materiales hasta 8km, incluye transporte y cargado manual	m3	0.54	9.61	5.19
PRECIO					60.6156
VALORES Y ACCESORIOS VARIABOLES				20%	12.12312
VALOR TOTAL POR METRO LINEAL DE INSTALACIÓN					72.74

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

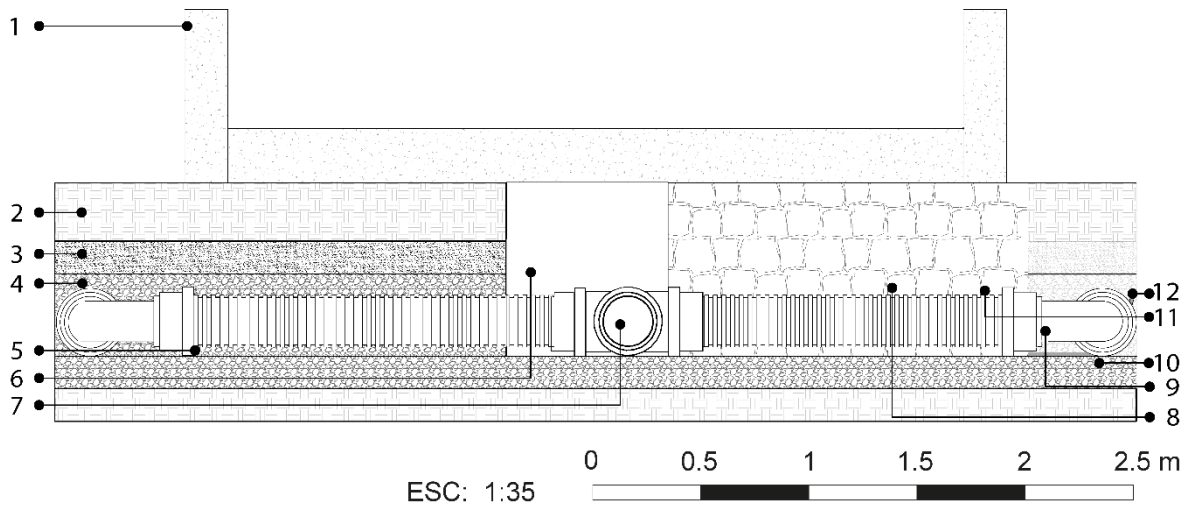
Nota: Todos los valores económicos incluyen mano de obra y material, el costo total puede variar con los distintos agregados descritos en la sección 2 de este capítulo y con la profundidad a la que se encuentre el nivel freático.

**e. Detalles constructivos.**



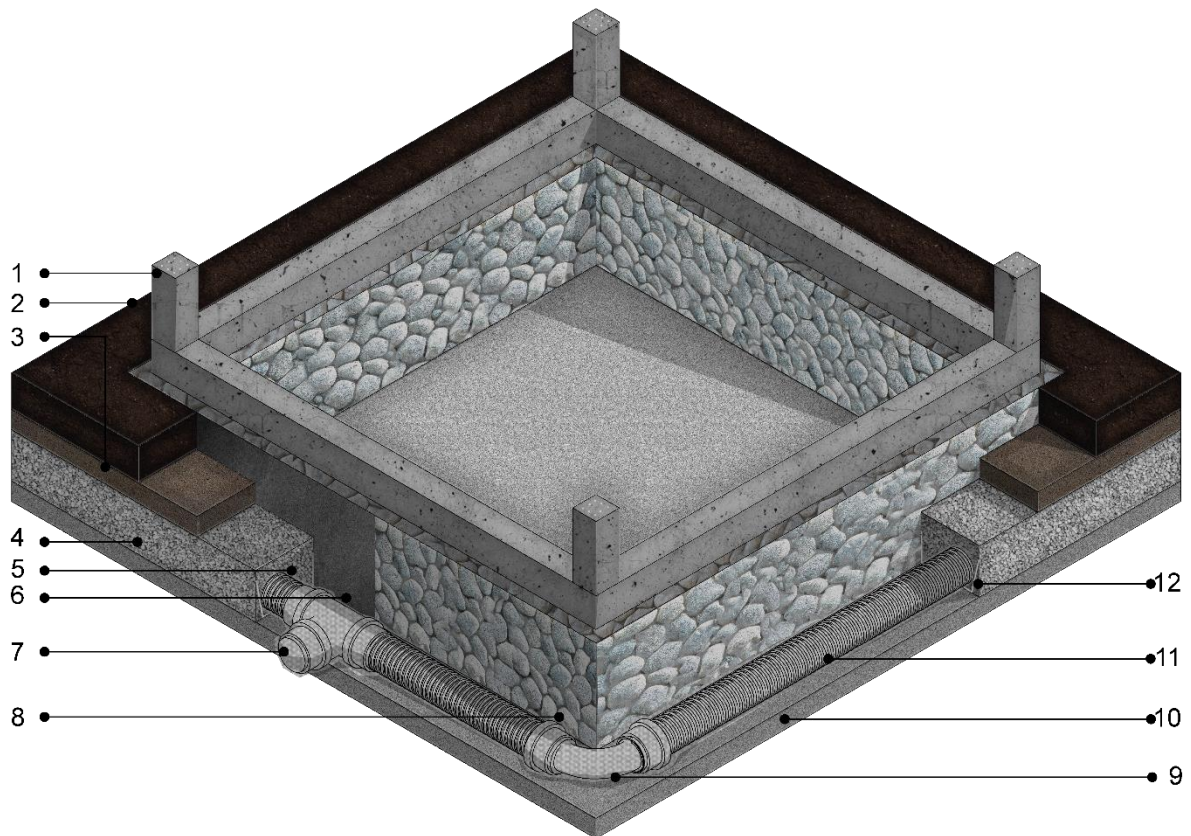
**Figura 73:** Planta: Drenaje perimetral.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.



**Figura 74:** Corte A-A: Drenaje perimetral.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.



**Figura 75:** Isométrico: Drenaje perimetral.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

1. Hormigón de columnas y vigas de amarre 210 kgf/cm<sup>2</sup>.
2. Suelo natural filtrante.
3. Arena fina de granulometría pasante por malla No. 4 o de 4.75 mm.
4. Grava granulometría 3/4, d= 19 mm.
5. Malla geotextil de polipropileno con secciones de mm=0,2.
6. Impermeabilizante de pintura asfáltica.
7. Conexión tubería triple bifurcación de PVC - policloruro de vinilo.
8. Muro corrido de piedra - canto rodado d= 15-20cm.
9. Codo PUSH de PVC - policloruro de vinilo 90°, e= 5 mm, presión nominal de 150 psi (N. ASTM).
10. Replanteo de hormigón e= 10cm.
11. Tubería corrugada de PVC d= 331 mm.
12. Capa de concreto de 2-3 cm, forma trapezoidal.

### **3.2.2 Dren paralelo.**

#### **a. Problema de humedad a resolver.**

El drenaje paralelo subsuperficial es una solución implementada antes de la construcción para gestionar el agua subterránea y mantener la integridad de los cimientos. Se instala de manera sencilla entre los cimientos mediante uniones ortogonales o rectas, y es común en zapatas aisladas, dados de cimentación y plintos.

#### **b. Objetivo.**

Reducir el nivel freático y prevenir problemas de humedad, asegurando la estabilidad y durabilidad de la construcción. Requiere un estudio previo del suelo y el nivel freático para diseñar un drenaje adecuado a las condiciones del sitio.

#### **c. Descripción: Proceso constructivo.**

1. Diseñar la disposición del sistema del sistema de drenaje, este incluye estudios detallados para garantizar la adecuada eliminación de la humedad del suelo, considerando aspectos como la capacidad de infiltración, la permeabilidad del suelo y el caudal de agua a drenar.
2. Limpiar el terreno, para realizar el replanteo del terreno, marcando las guías que definen el trazado del drenaje paralelo.
3. Excavar hasta alcanzar la profundidad especificada en el diseño. Al concluir la excavación, se procede a la compactación del suelo, utilizando maquinaria adecuada para garantizar una base estable y homogénea para el sistema de drenaje (Ver Figura 76).
4. Sobre la superficie compactada, se coloca un geotextil, dejando un excedente en los bordes que sirve posteriormente para cubrir el material granular del sistema de drenaje.
5. A continuación, se vierte una capa de hormigón simple que sirve como base para la tubería de drenaje. Esta capa de hormigón proporciona una superficie sólida y uniforme para la instalación de la tubería, además de ayudar a distribuir las cargas de manera uniforme.
6. La instalación de la tubería de drenaje se realiza siguiendo el diseño previamente establecido, asegurando que todas las conexiones estén perfectamente selladas para evitar fugas. Además, se verifica que las tuberías tengan la pendiente adecuada para permitir un flujo eficiente del agua.
7. Una vez instalada la tubería, se añade material granular, generalmente grava de  $\frac{3}{4}$ ", sobre la misma.
8. El excedente del geotextil se utiliza para cubrir la grava, evitando que la tierra y los escombros penetren en el sistema de drenaje y lo obstruyan (Ver Figura 77).
9. Posteriormente, se procede a rellenar con tierra sobre el geotextil hasta alcanzar el nivel del suelo circundante.
10. Finalmente, el sistema de drenaje se conecta a un sistema de desagüe, que puede incluir zanjas, colectores o sistemas de bombeo, según las necesidades del proyecto. Se verifica

la correcta evacuación del agua, asegurando que el sistema funcione eficientemente y cumpla con los requerimientos de diseño (Ver Figura 78) (Gavilanes, 2020).

#### d. Costo.

Para los cálculos (Ver Tabla 19), se toma como referencia una cimentación con el nivel freático a 1.10 m de profundidad, con un ancho de zanja para el dren de 0,40 m y un largo de 1 m.

Especificación de espesores de materiales:

- Replanto de hormigón simple  $e = 0.10\text{m}$ .
- Cama de grava 3/4  $e = 0.50\text{m}$ .
- Cama de arena espesor  $e = 0.20\text{ m}$ .

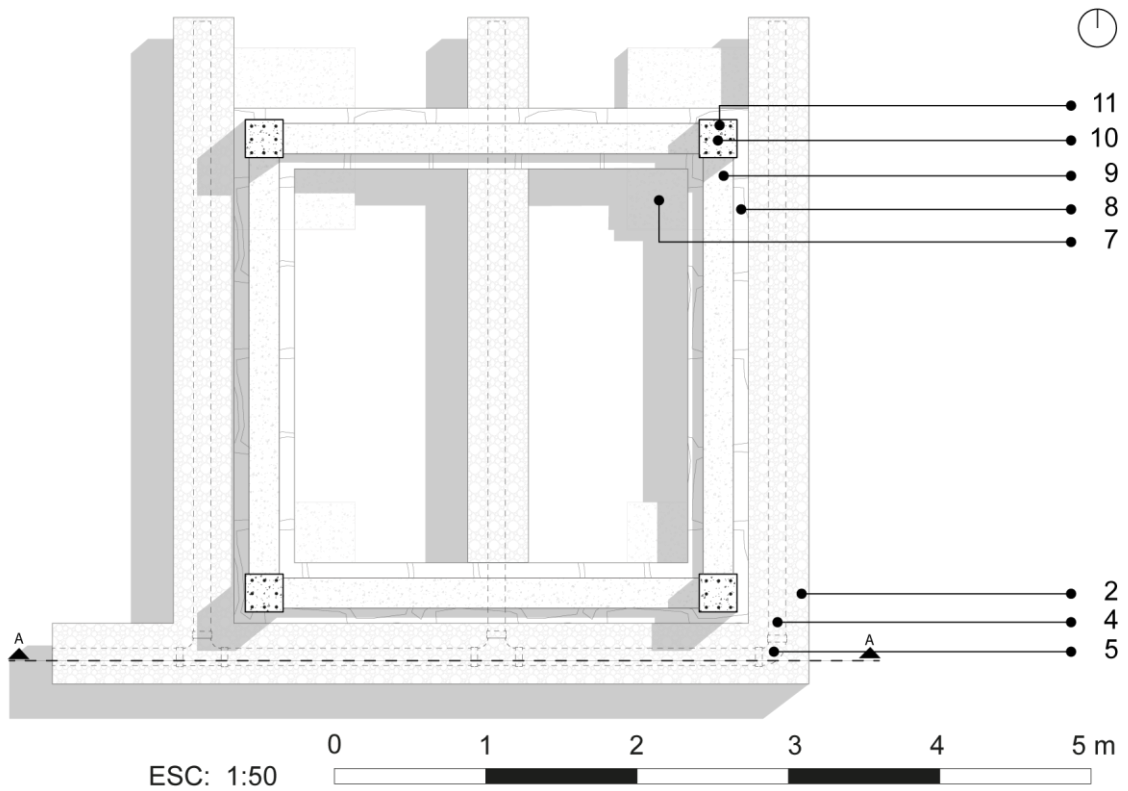
**Tabla 19:** Precios Unitarios: Drenaje paralelo.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DRENAJE PARALELO					
ITEM.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	Desbroce y limpieza del terreno	m2	0.60	6.33	3.80
2	Replanteo y nivelación	m2	0.60	3.40	2.04
3	Excavación de zanjas	m3	0.44	4.45	1.96
4	Compactación y nivelación	m2	0.40	0.72	0.29
5	Impermeabilizante en lámina	m2	1.20	4.64	5.57
6	Replanto de hormigón simple 140 kg/cm <sup>2</sup>	H/m3	0.04	116.29	4.65
7	Tubería corrugada 331 mm	MI	1.00	13.32	13.32
8	Geotextil	m2	2.30	6.72	15.46
9	Cama de grava 3/4	m3	0.20	27.91	5.58
10	Cama de arena fina	m3	0.08	13.75	1.10
11	Relleno de zanja	m3	0.12	6.38	0.77
12	Desalojo de materiales hasta 8km, incluye transporte y cargado manual	m3	0.44	9.61	4.23
PRECIO					58.7556
VALORES Y ACCESORIOS VARIABLES				20%	11.75112
VALOR TOTAL POR METRO LINEAL DE INSTALACIÓN					70.51

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

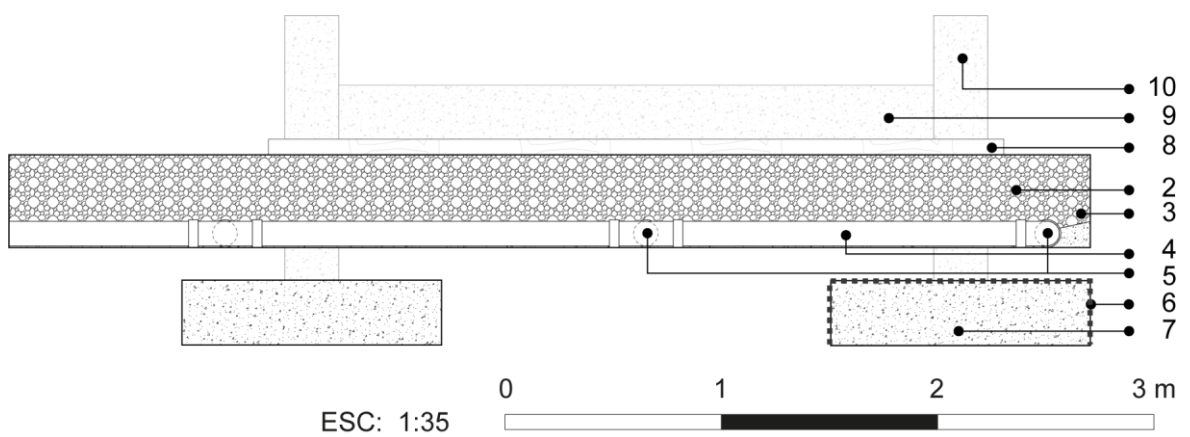
Nota: Todos los valores económicos incluyen mano de obra y material, el costo total puede variar con los distintos agregados descritos en la sección 2 de este capítulo y con la profundidad a la que se encuentre el nivel freático.

e. *Detalles constructivos.*



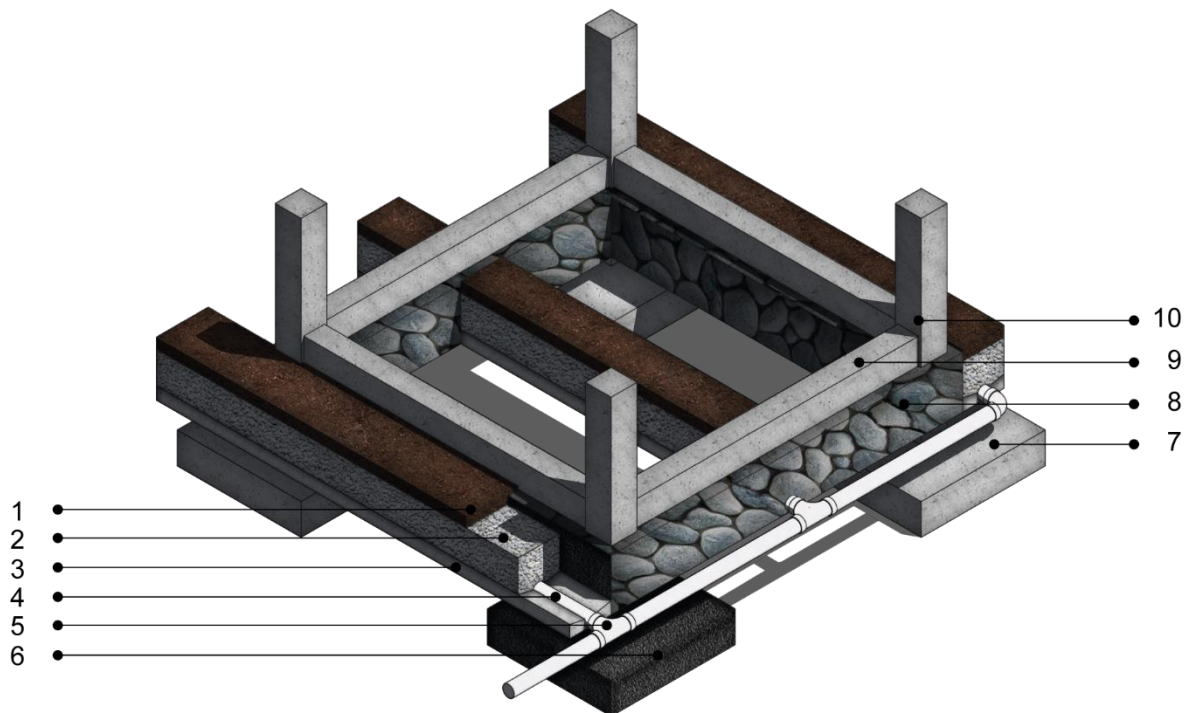
**Figura 76:** Planta: Drenaje paralelo.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.



**Figura 77:** Corte A-A: Drenaje paralelo.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.



**Figura 78:** Isométrico: Drenaje paralelo.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

1. Tierra natural.
2. Material filtrantes grava  $\frac{3}{4}$ .
3. Base de tubería, hormigón 180 kgf.
4. Tubería PVC.
5. Conexión PVC.
6. Material impermeabilizante, lona asfáltica.
7. Fundición zapata, hormigón 210 kgf.
8. Muro corrido de piedra -  $b=0.40$ :  $h=0.50$ .
9. Fundición de viga de amarre, hormigón 210 kgf.
10. Fundición de columna, hormigón 210 kgf.
11. Armadura de columna, hierro corrugado  $e=12$  mm.

### **3.2.3 Dren espina de pescado.**

#### **a. Problema de humedad a resolver.**

Es una solución aplicada antes de la construcción, se destaca por ser considerado un proceso definitivo que va entre los cimientos (Navarro, 2017). Es comúnmente utilizado en zapatas aisladas, dados y plintos, se encarga de canalizar el agua subterránea cercana a la estructura de la construcción disminuyendo la posibilidad de erosión en los materiales constructivos, su principal característica es contar con tres conexiones de redes siendo estas las siguientes:

- Red principal: Es la conexión principal para el desfogue de agua canalizada.
- Red secundaria: Es aquella tubería de disposición centralizada entre los espacios de los cimientos, normalmente es colocada en el lado más largo de la obra.
- Red terciaria: Son las distribuciones con tuberías a 45°, su trabajo principal es canalizar el agua para llevarla a la red secundaria y finalizar en la red principal (Gavilanes, 2020).

#### **b. Objetivo.**

Evitar la cercanía del agua subterránea hacia la estructura de la cimentación, con el fin de prevenir posibles asentamientos, fisuras en el material de la construcción y problemas de absorción.

#### **c. Descripción: Proceso constructivo.**

1. Realizar el replanteo de la obra para determinar la ubicación del sistema de drenaje, el cual se coloca entre los espacios de los cimientos. Este sistema de drenaje se compone de tres categorías de tuberías: una red principal que se ubica fuera del perímetro de los cimientos, una red secundaria que va entre los cimientos y una terciaria que consiste en drenes a 45 grados intercalados entre los espacios horizontales de la cimentación (Ver Figura 79).
2. Con el replanteo del drenaje se inicia con la excavación de las zanjas. Durante este proceso, se asegura un ancho adecuado según el diseño de captación, por otra parte, se toma en cuenta la profundidad a la que se encuentra el nivel freático y se considera la pendiente necesaria para el flujo hacia los puntos de revisión y desfogue.
3. Luego de la excavación, se compacta el fondo de la zanja para colocar una capa impermeabilizante ya sea líquida o plástica en toda la superficie de la construcción que tenga contacto directo con la humedad del suelo.
4. Con el impermeabilizante asegurado agregar una capa de hormigón en la base, con un espesor de 5 a 10 cm. Cabe destacar que otra opción es utilizar arena, la cual crea un sistema de amortiguación para el drenaje.
5. Con el hormigón seco, se coloca la malla geotextil dejando un excedente en los bordes que sirve posteriormente para cubrir el material granular del sistema de drenaje.
6. Colocar la tubería lisa o corrugada y crear la red de canalización de drenaje. Por otra parte, se destaca que el diámetro de la tubería en este tipo de sistema es de 8 a 10 pulgadas (Ver Figura 80).

7. Añadir una capa de relleno de grava de  $\frac{3}{4}$ , ya que esta capa debe sobrepasar el dren en al menos 0.40 m.
8. Para el armado del material filtrante del drenaje, se coloca una capa de relleno de arena fina que sobrepasa la capa anterior de grava en 0.20 a 0.30 metros.
9. Rellenar la zanja con material granulométrico para posteriormente, construir el entrepiso del proyecto sobre esta base sólida (Ver Figura 81) (Gavilanes, 2020).

#### d. Costo.

Para los cálculos (Ver Tabla 20), se toma como referencia una cimentación con el nivel freático a 1.10 m de profundidad, con un ancho de zanja para el dren de 0,40 m y un largo de 1 m.

Especificación de espesores de materiales:

- Replanteo de hormigón simple e= 0.10m.
- Cama de grava  $\frac{3}{4}$  e= 0.50m.
- Cama de arena espesor e= 0.20 m.

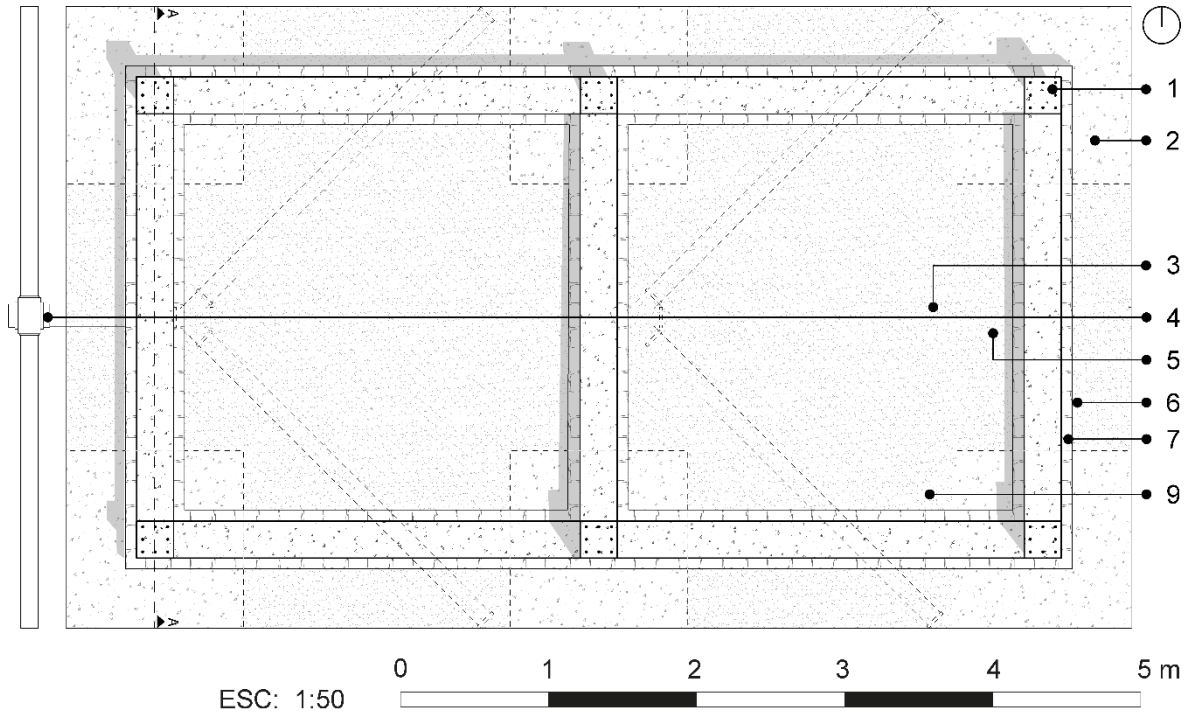
**Tabla 20:** Precios Unitarios: Drenaje espina de pescado.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DRENAJE ESPINA DE PESCADO					
ITEM.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	Desbroce y limpieza del terreno	m2	0.60	6.33	3.80
2	Replanteo y nivelación	m2	0.60	3.40	2.04
3	Excavación de zanjas	m3	0.44	4.45	1.96
4	Compactación y nivelación	m2	0.40	0.72	0.29
5	Impermeabilizante en lámina	m2	1.20	4.64	5.57
6	Replanteo de hormigón simple 140 kg/cm <sup>2</sup>	H/m3	0.04	116.29	4.65
7	Tubería corrugada 331 mm	MI	1.00	13.32	13.32
8	Geotextil	m2	2.30	6.72	15.46
9	Cama de grava $\frac{3}{4}$	m3	0.20	27.91	5.58
10	Cama de arena fina	m3	0.08	13.75	1.10
11	Relleno de zanja	m3	0.12	6.38	0.77
12	Desalojo de materiales hasta 8km, incluye transporte y cargado manual	m3	0.44	9.61	4.23
PRECIO					58.7556
VALORES Y ACCESORIOS VARIABLES				20%	11.75112
VALOR TOTAL POR METRO LINEAL DE INSTALACIÓN					70.51

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

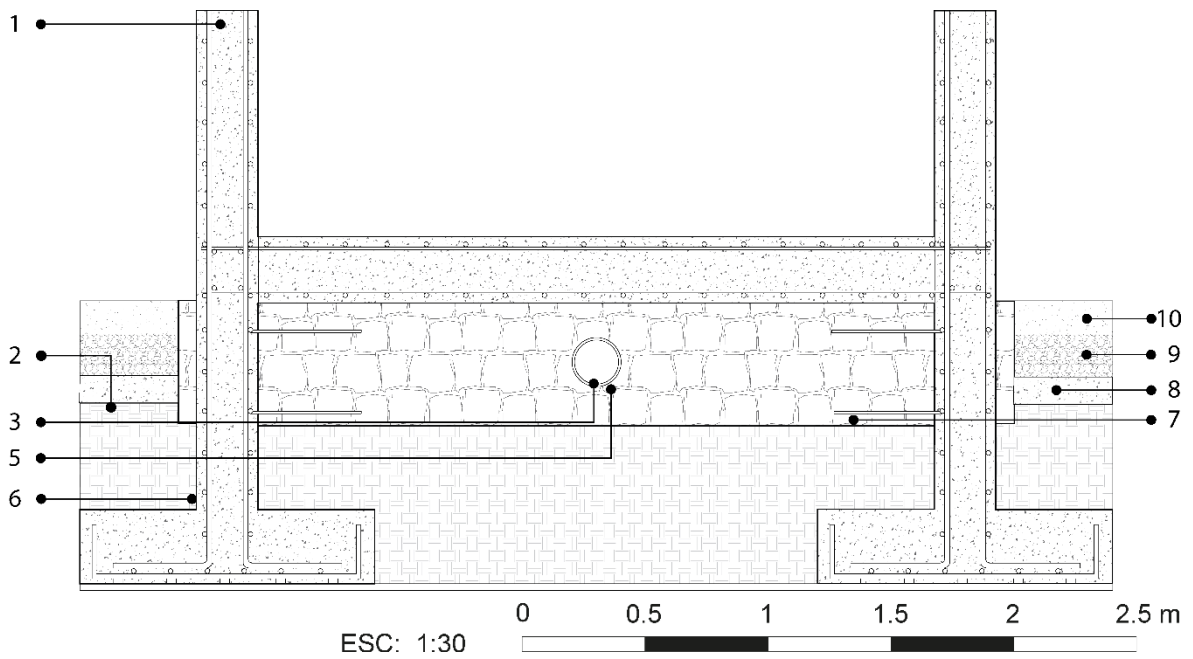
Nota: Todos los valores económicos incluyen mano de obra y material, el costo total puede variar con los distintos agregados descritos en la sección 2 de este capítulo y con la profundidad a la que se encuentre el nivel freático.

**e. Detalles constructivos.**



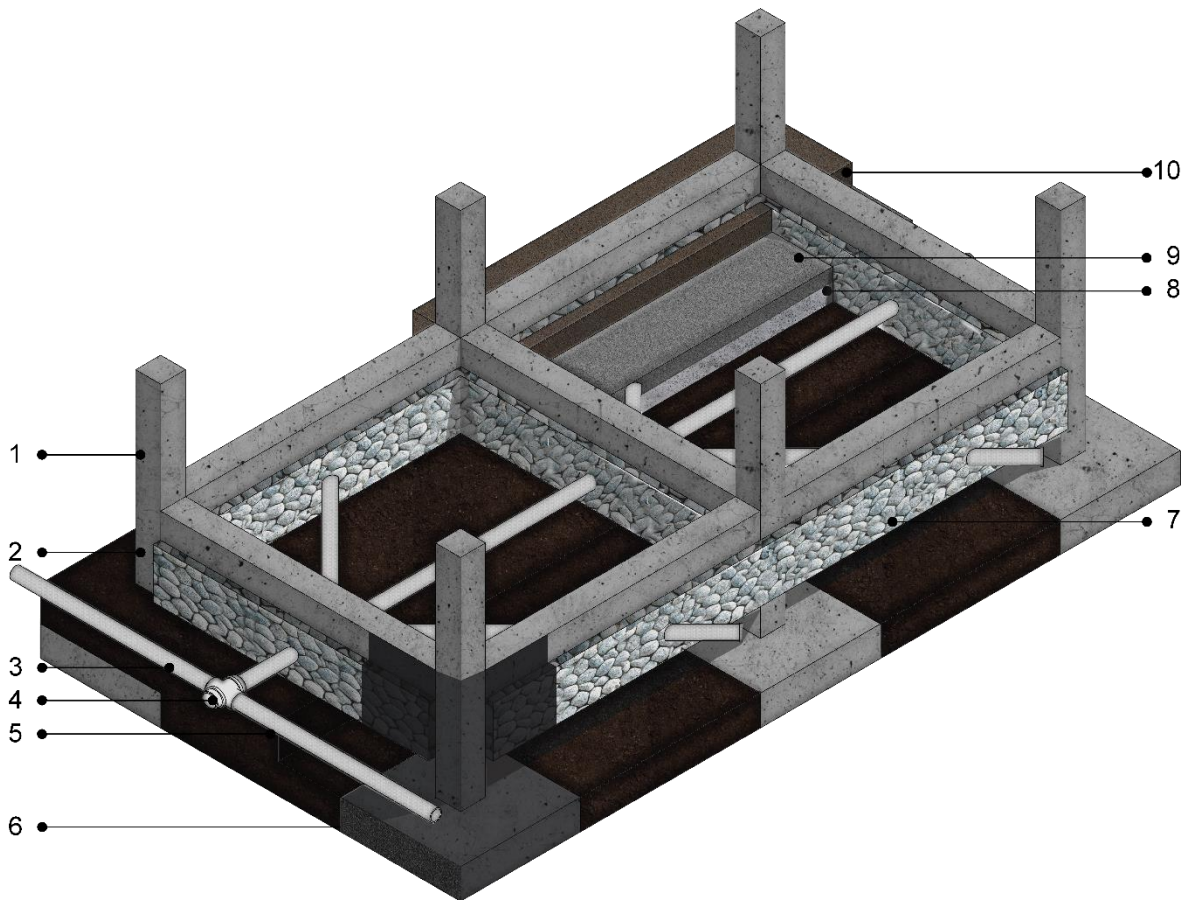
**Figura 79:** Planta: Drenaje espina de pescado.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.



**Figura 80:** Corte A-A: Drenaje espina de pescado.

Fuente: Propia. Elaboración: Propia.



**Figura 81:** Isométrico: Drenaje espina de pescado.

Fuente: Propia. Elaboración: Propia.

1. Hormigón en columnas y vigas de amarre de 210 kgf/cm<sup>2</sup>.
2. Suelo natural filtrante.
3. Tubería lisa de PVC - policloruro de vinilo, con perforaciones de diámetro 2 mm, d= de tubería 24 cm, e= 5 mm.
4. Conexión de PVC - policloruro de vinilo 90°, 4 empalmes.
5. Malla geotextil de polipropileno con secciones de mm=0,2.
6. Impermeabilizante de pintura asfáltica.
7. Muro corrido de piedra - canto rodado d= 15-20 cm.
8. Replanteo de hormigón simple de 140 kg/cm<sup>2</sup>.
9. Grava granulometría 3/4, d= 19 mm.
10. Arena fina de granulometría pasante por malla No. 4 o de 4.75 mm.

### **3.2.4 Dren con geotextil.**

#### **a. Problema de humedad a resolver.**

El drenaje con geotextil se utiliza tanto en la fase de construcción como en la fase posterior a la construcción para mejorar la gestión del agua en el suelo. Este sistema ayuda a reducir el porcentaje de humedad del suelo y la cantidad de agua en el sustrato producidos por el nivel freático o filtraciones, lo que permite resguardar la integridad de la construcción.

#### **b. Objetivo.**

Mejorar la gestión del agua en el suelo y proteger la integridad de las estructuras con el uso de geotextil para mejorar las propiedades permeables y físicas del sistema de drenaje.

#### **c. Descripción: Proceso constructivo.**

1. Llevar a cabo un estudio geotécnico para determinar las características del suelo, el nivel freático y la topografía del sitio.
2. Basándose en los resultados del estudio, se diseña el sistema de drenaje, seleccionando el tipo adecuado de geotextil y otros materiales, como tuberías perforadas y agregados granulares. Se calculan las dimensiones de las zanjas, la pendiente necesaria y la capacidad de las tuberías para manejar el volumen de agua esperado, asegurando un flujo eficiente y sin obstrucciones (Ver Figura 82).
3. La preparación del terreno implica limpiar el área de trabajo, eliminando materiales sueltos, escombros y vegetación que puedan interferir con la construcción del sistema de drenaje. Luego, se excavan zanjas conforme al diseño establecido, garantizando que tengan la profundidad y pendiente adecuadas para facilitar el flujo de agua hacia el desagüe.
4. En el fondo de la zanja se coloca una base de agregado granular de  $\frac{3}{8}$ " o una capa de hormigón de limpieza, que proporciona una superficie estable para la instalación de las tuberías de drenaje. Se verifica que la pendiente de la base sea correcta para facilitar el flujo de agua, conectando las tuberías a un sistema de desagüe o sumidero adecuado.
5. A continuación, se despliega el geotextil en el fondo y los lados de las zanjas, extendiéndolo más allá de los bordes para permitir su posterior pliegue y cubrimiento. Las uniones del geotextil se solapan al menos 30 cm para asegurar la continuidad y evitar la entrada de partículas finas (Ver Figura 84). Se coloca una capa de material granular, como grava o piedra triturada, sobre el geotextil y las tuberías de drenaje. El geotextil se pliega sobre la capa superior de material granular, creando una barrera que previene la entrada de tierra y escombros en el sistema de drenaje (Ver Figura 84).
6. Posteriormente, se rellena la zanja con el material de excavación o un material no arcilloso (Ver Figura 85).
7. Realizar una limpieza final del área de trabajo, asegurando que el sitio quede ordenado y retirando cualquier material sobrante. Se inspecciona el sistema de drenaje para asegurar

que todas las conexiones estén correctamente selladas y que el flujo de agua sea eficiente, sin obstrucciones ni puntos de acumulación. Este proceso detallado garantiza que el sistema de drenaje funcione de manera eficiente, protegiendo las estructuras futuras de problemas de humedad y asegurando la estabilidad del terreno en áreas con niveles freáticos elevados (Ver Figura 86) (Gavilanes, 2020).

#### d. Costo.

Para los cálculos (Ver Tabla 21), se toma como referencia una cimentación con el nivel freático a 1.10 m de profundidad, con un ancho de zanja para el dren de 0,40 m y un largo de 1 m.

Especificación de espesores de materiales:

- Replanteo de hormigón simple e= 0.10m.
- Cama de grava 3/4 e= 0.50m.
- Cama de arena espesor e= 0.20 m

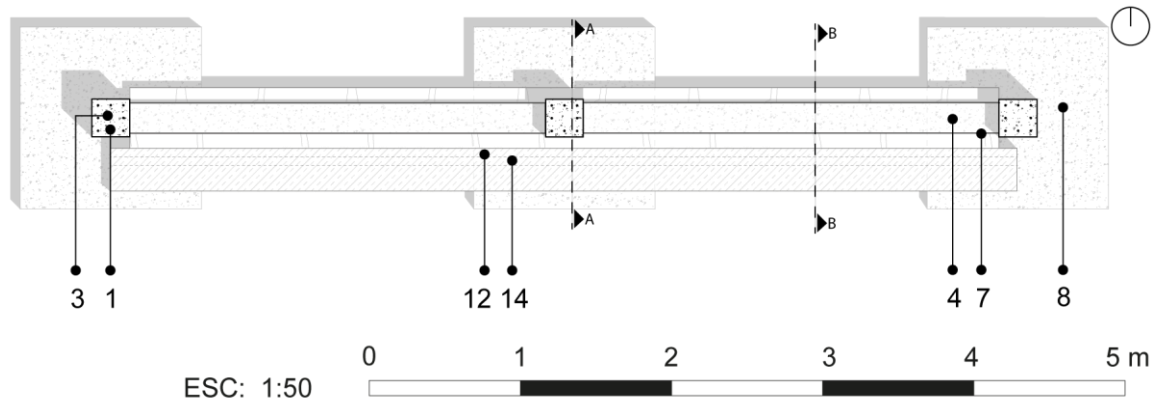
**Tabla 21:** Precios Unitarios: Drenaje con geotextil.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DRENAJE CON GEOTEXTIL					
ITEM.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	Desbroce y limpieza del terreno	m2	0.60	6.33	3.80
2	Replanteo y nivelación	m2	0.60	3.40	2.04
3	Excavación de zanjas	m3	0.44	4.45	1.96
4	Compactación y nivelación	m2	0.40	0.72	0.29
5	Impermeabilizante en lámina	m2	1.60	4.64	7.42
6	Replanteo de hormigón simple 140 kg/cm2	H/m3	0.04	116.29	4.65
7	Tubería corrugada 331 mm	Ml	1.00	13.32	13.32
8	Geotextil	m2	2.30	6.72	15.45
9	Cama de grava 3/4	m3	0.20	27.91	5.58
10	Cama de arena fina	m3	0.08	13.75	1.10
11	Relleno de zanja	m3	0.12	6.38	0.77
12	Desalojo de materiales hasta 8km, incluye transporte y cargado manual	m3	0.44	9.61	4.23
PRECIO					60.61
VALORES Y ACCESORIOS VARIABLES				20%	12.1221
VALOR TOTAL POR METRO LINEAL DE INSTALACIÓN					72.73

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

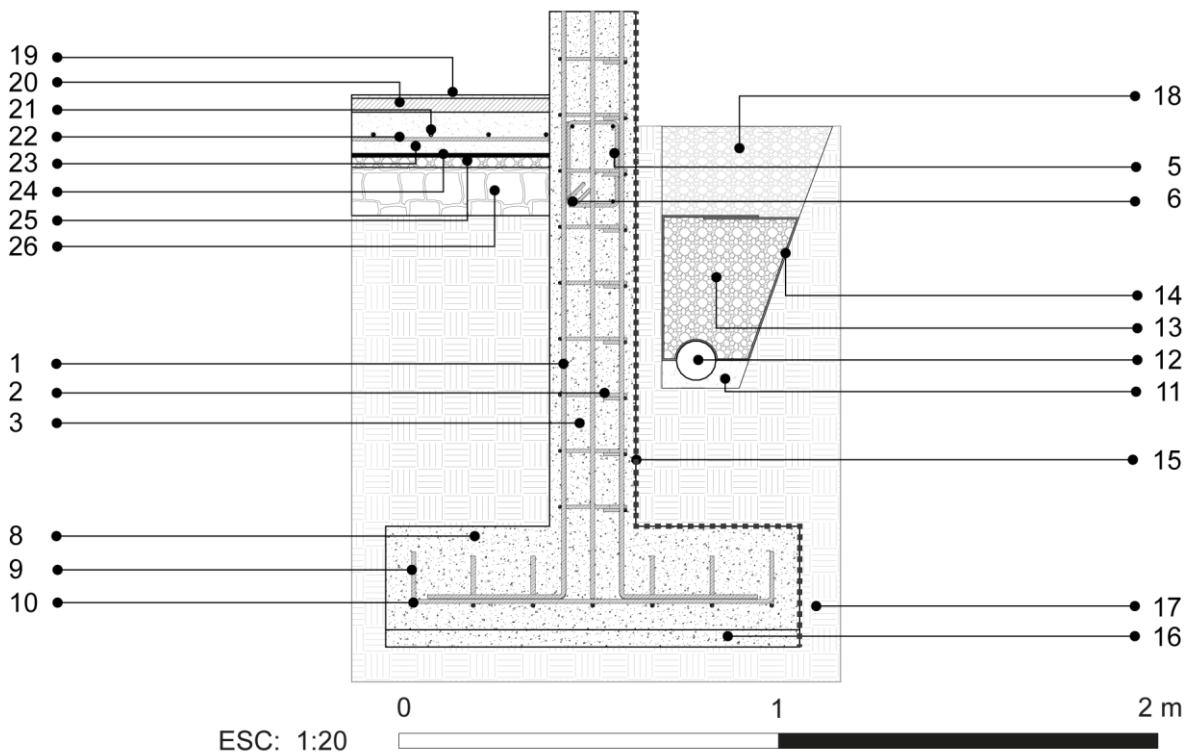
Nota: Todos los valores económicos incluyen mano de obra y material, el costo total puede variar con los distintos agregados descritos en la sección 2 de este capítulo y con la profundidad a la que se encuentre el nivel freático.

**e. Detalles constructivos.**



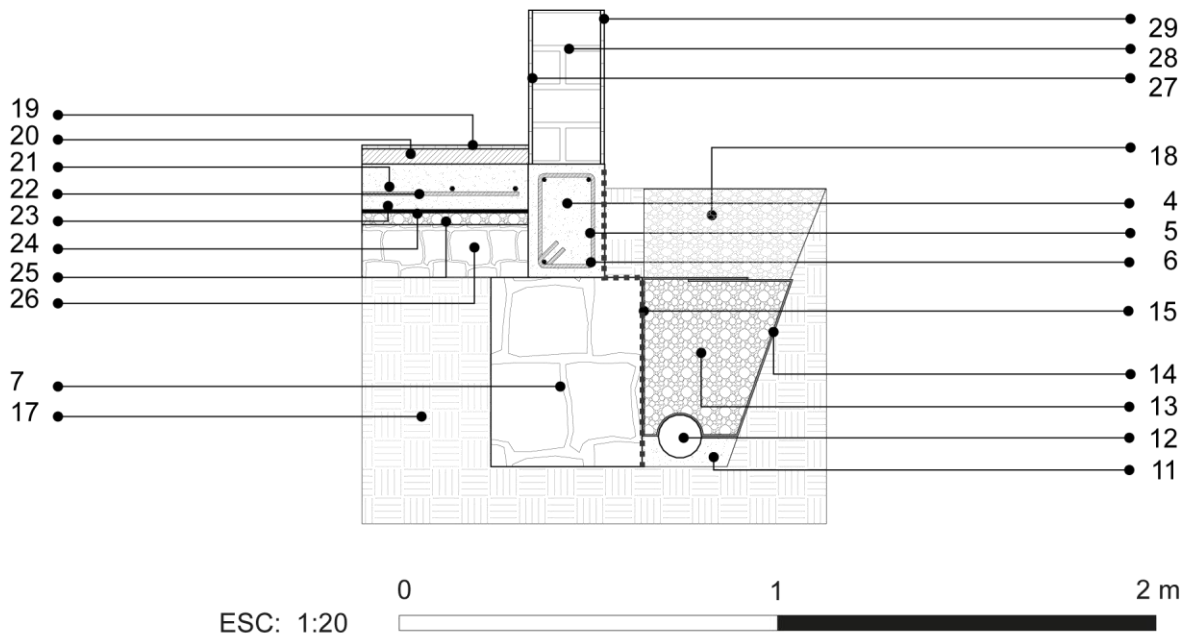
**Figura 82:** Planta: Drenaje con geotextil en cimentación.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.



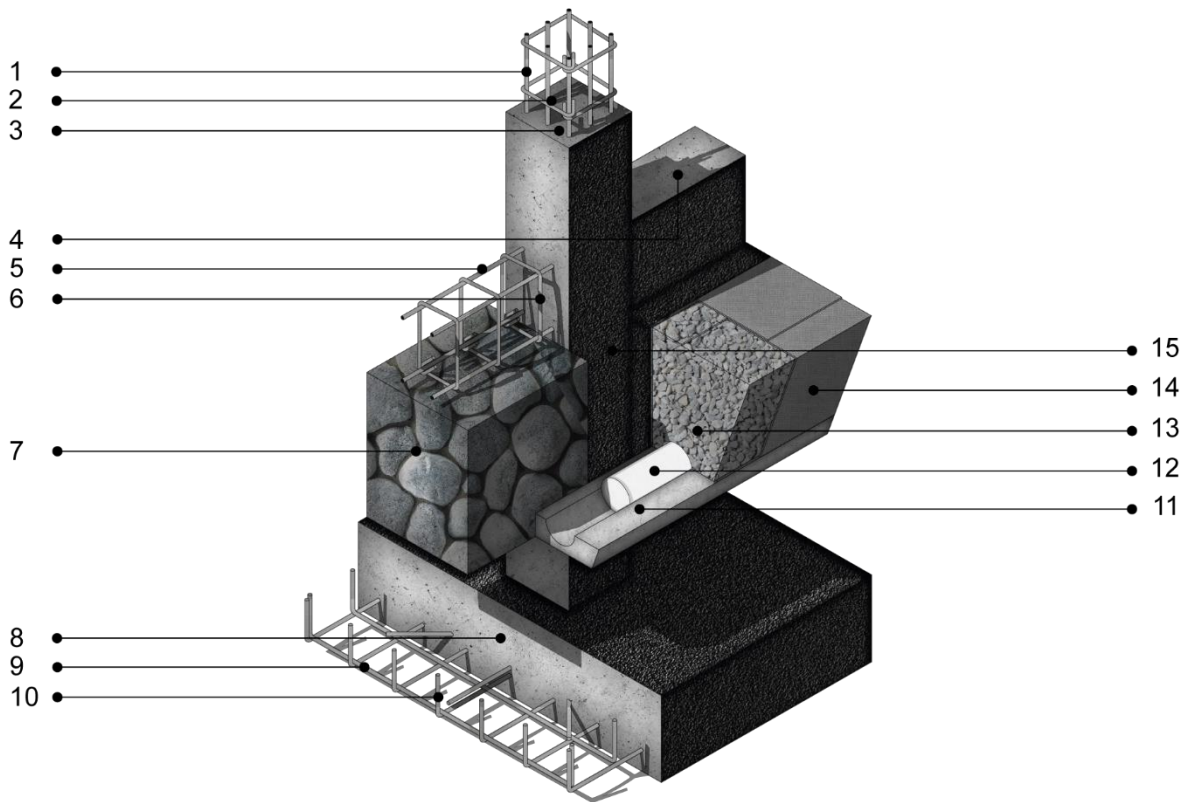
**Figura 83:** Corte A-A: Drenaje con geotextil en zapata aislada.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.



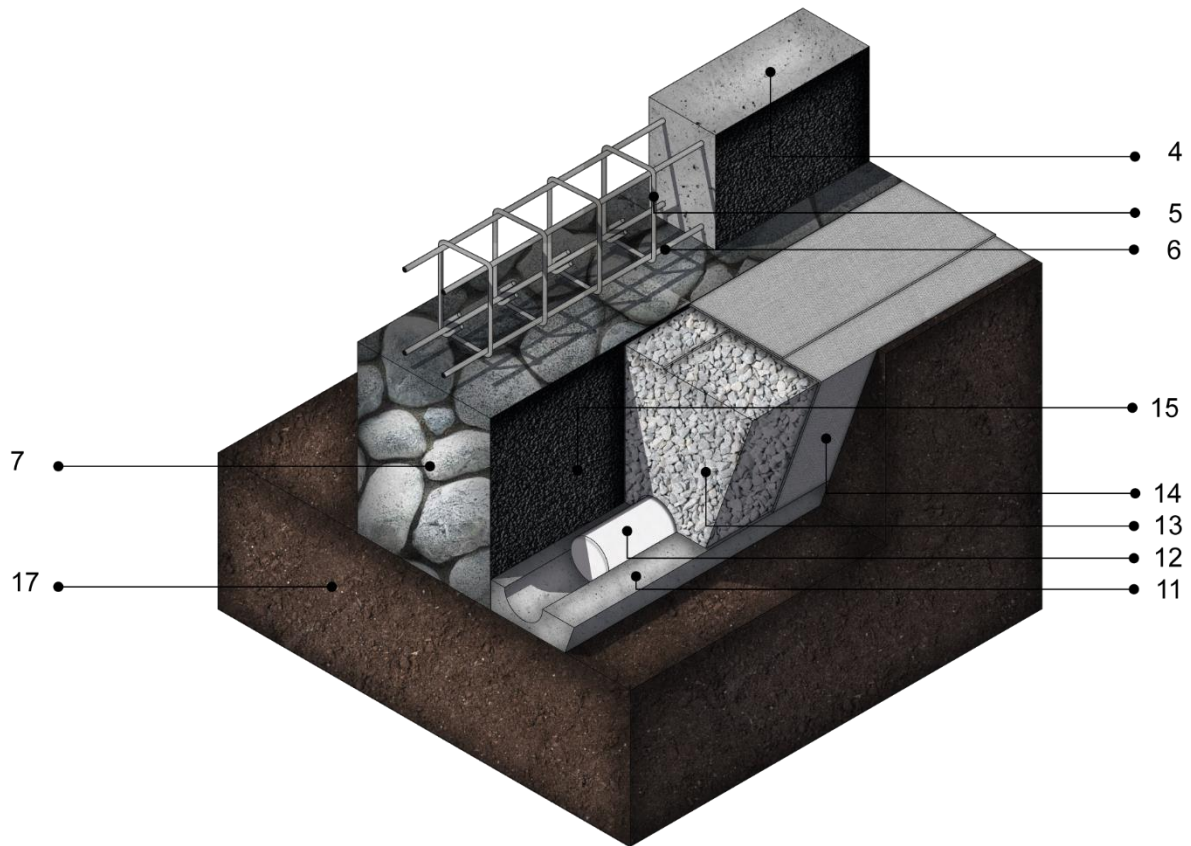
**Figura 84:** Corte B-B: Drenaje con geotextil en muro corrido de piedra.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.



**Figura 85:** Isométrico: Drenaje con geotextil en zapata aislada.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.



**Figura 86:** Isométrico: Drenaje con geotextil en muro corrido de piedra.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

- |   |  |
|---|--|
| 1. Armado de columna, hierro corrugado, e=12mm.               | 15. Material impermeabilizante, lona asfáltica.              |
| 2. Armado de columna, hierro corrugado, e=10mm.               | 16. Hormigón de limpieza 180 kgf, e=5cm.                     |
| 3. Fundición de columna, hormigón armado 210 kgf.             | 17. Tierra natural.  |
| 4. Fundición de viga de cimentación, hormigón armado 210 kgf. | 18. Fundición de suelo exterior, e=10cm.                     |
| 5. Armado de viga de cimentación, hierro corrugado, e=12mm.   | 19. Agregado fino.   |
| 6. Armado de viga de cimentación, hierro corrugado, e=10mm.   | 20. Mortero para piso.                                       |
| 7. Muro corrido de piedra, b=0.40: h=0.50.                    | 21. Armado de contrapiso superior, hierro corrugado, e=12mm. |
| 8. Fundición de zapata, hormigón armado 210 kgf.              | 22. Armado de contrapiso inferior, hierro corrugado, e=12mm. |
| 9. Armado de zapata superior, hierro corrugado, e=12 mm.      | 23. Fundición de contrapiso.                                 |
| 10. Armado de zapata inferior, hierro corrugado, e=12 mm.     | 24. Impermeabilizante.                                       |
| 11. Base de tubería, hormigón 180 kgf.                        | 25. Relleno de material granular, ripio de 3/4.              |
| 12. Tubería PVC.  | 26. Relleno de material granular, piedra canto rodado.       |
| 13. Grava ¾.  | 27. Acabado interior de muro.                                |
| 14. Geotextil.  | 28. Muro de ladrillo.  |
|   | 29. Acabado exterior de muro.                                |

### **3.2.5 Muro pantalla.**

#### **a. Problema de humedad a resolver.**

Esta solución se aplica tanto antes como después de la construcción, y se considera de carácter superficial y como método definitivo. Se utiliza especialmente en topografías con grandes pendientes o taludes. Su propósito consiste en evitar que la humedad, proveniente del nivel freático y la gravedad en la topografía, llegue a la base de la zona de construcción. De este modo, su función principal es prevenir problemas de humedad por capilaridad y nivel freático, contribuyendo a la integridad y durabilidad de la estructura (Peck et al, 2009).

#### **b. Objetivo.**

Proporcionar estabilidad y contención en topografías con gran pendiente, con el propósito de recolectar el agua que fluye dentro del terreno para evitar deslizamientos de tierra y filtraciones de agua.

#### **c. Descripción: Proceso constructivo.**

1. Compactar y nivelar la superficie a cubrir. En este paso del proceso existen dos metodologías: la primera consiste en simplemente limpiar el asentamiento de la superficie, mientras que la segunda se basa en excavar y generar un talud limpio para proporcionar un apoyo regular al muro.
2. Proceder a generar el canal que se encontrará bajo el muro pantalla, ubicado en la parte baja de la pendiente o en el medio de la excavación. La zanja suele ser de forma trapezoidal para facilitar una recolección canalizada hacia el drenaje, y generalmente tiene una profundidad de 0.25 a 0.40 m. Este canal puede ser revestido con concreto para formar una carcasa resistente (puede incluir malla de refuerzo o no).
3. Colocar una capa de geotextil en toda la superficie que estará en contacto con el muro pantalla, suele estar sujeta con clavos en la superficie como método preventivo.
4. Una vez asegurada la malla, se procede a agregar una capa de hormigón en la base, con un espesor de 5 a 10 cm.
5. Colocar la tubería perforada en el canal. Esta puede ir envuelta con una malla geotextil para evitar taponamientos en las perforaciones o puede instalarse sin la malla, pero con la condición de que la capa de relleno tenga una granulometría mayor a las perforaciones de la tubería.
6. Posteriormente, se tapa el canal con grava de granulometría más gruesa que las perforaciones del tubo hasta el nivel 0 del primer nivel de la superficie.
7. Una vez realizado el drenaje, se coloca una capa de piedra de canto rodado combinado con aristas vivas y una malla hexagonal, simulando un muro de gaviones.
8. Como proceso preventivo se sugiere instalar armaduras de refuerzo verticalmente en la excavación, vinculadas con el refuerzo horizontal en la parte superior del muro, sin embargo,

este puede ser retenido con amarres de alambre número 18 entre cada canastilla que conforma la estructura del muro pantalla (Ver Figura 87). En este tipo de estructura no es recomendable generar una capa de concreto entre los espacios, ya que se busca una filtración completa evitando el desplazamiento superficial del agua hacia la parte baja del muro, ya que este podría crear una saturación del espacio posterior de la construcción a proteger (Ver Figura 88).

#### d. Costo.

Para los cálculos (Ver Tabla 22), se toma como referencia un muro pantalla ubicado en un talud de 1.40 m de profundidad, con un ancho de zanja para el dren de 0,40 m y un largo de 1 m.

Especificación de espesores de materiales:

- Capa de mortero e= 0.05m.
- Capa replantillo de hormigón 140 kg/cm<sup>2</sup> e= 10 cm.
- Cama de grava 3/4 e= 0.30m.
- Cama de arena espesor e= 0.20 m.

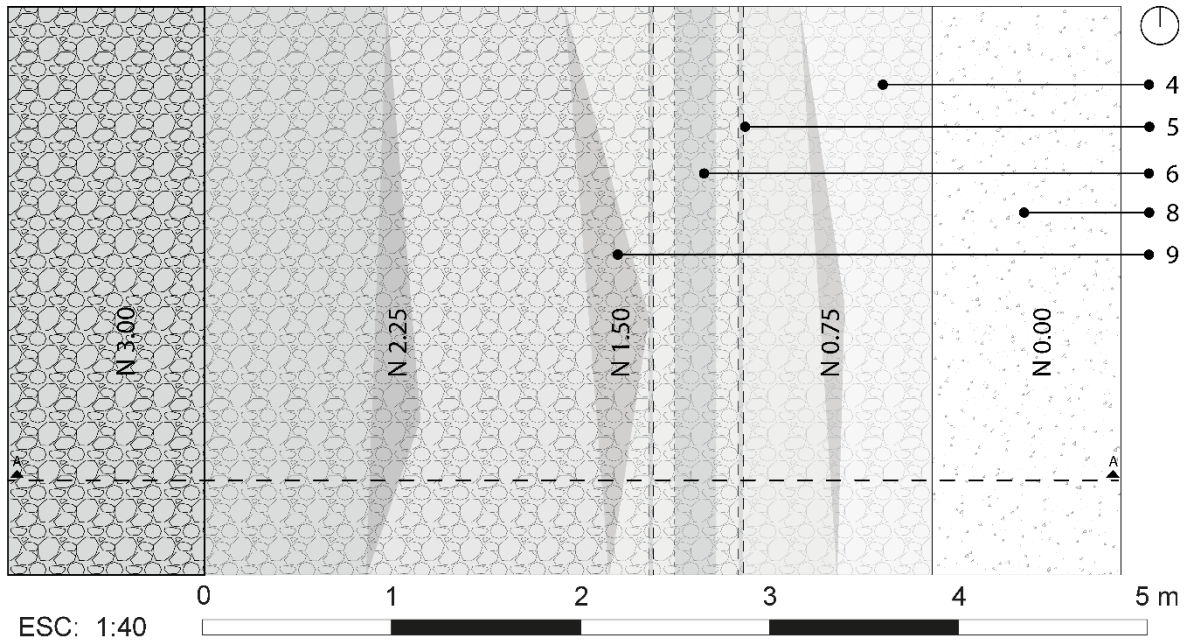
**Tabla 22:** Precios Unitarios: Muro pantalla.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS MURO PANTALLA					
ITEM.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	Desbroce y limpieza del terreno	m2	1.00	6.33	6.33
2	Replanteo y nivelación	m2	1.00	3.40	3.40
3	Excavación de talud y zanja	m3	1.40	4.45	6.23
4	Compactación y nivelación	m2	1.00	0.72	0.72
5	Tubería corrugada 331 mm	MI	1.00	13.32	13.32
6	Geotextil	m2	2.40	6.72	16.13
7	Mortero cemento: cementina : arena 1:1:4	m3	0.08	124.33	9.95
8	Replantillo de hormigón 140 kg/cm <sup>2</sup>	H/m3	0.04	116.29	4.65
9	Relleno de grava 3/4	m3	0.12	27.91	3.35
10	Muro de canto rodado con malla hexagonal	m3	0.50	53.52	26.76
PRECIO					86.1836
VALORES Y ACCESORIOS VARIABLES				20%	17.23672
VALOR TOTAL POR M3 DE INSTALACIÓN					103.42

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

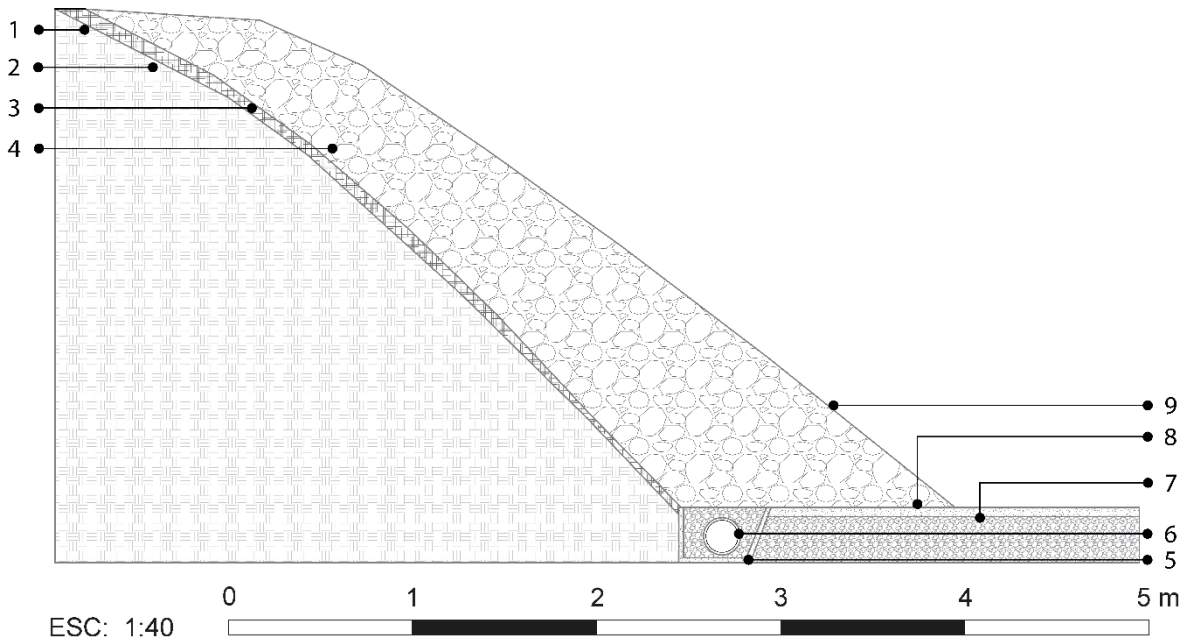
Nota: Todos los valores económicos incluyen mano de obra y material, el costo total puede variar con los distintos agregados descritos en la sección 2 de este capítulo y con la profundidad a la que se encuentre el nivel freático.

**e. Detalles constructivos.**



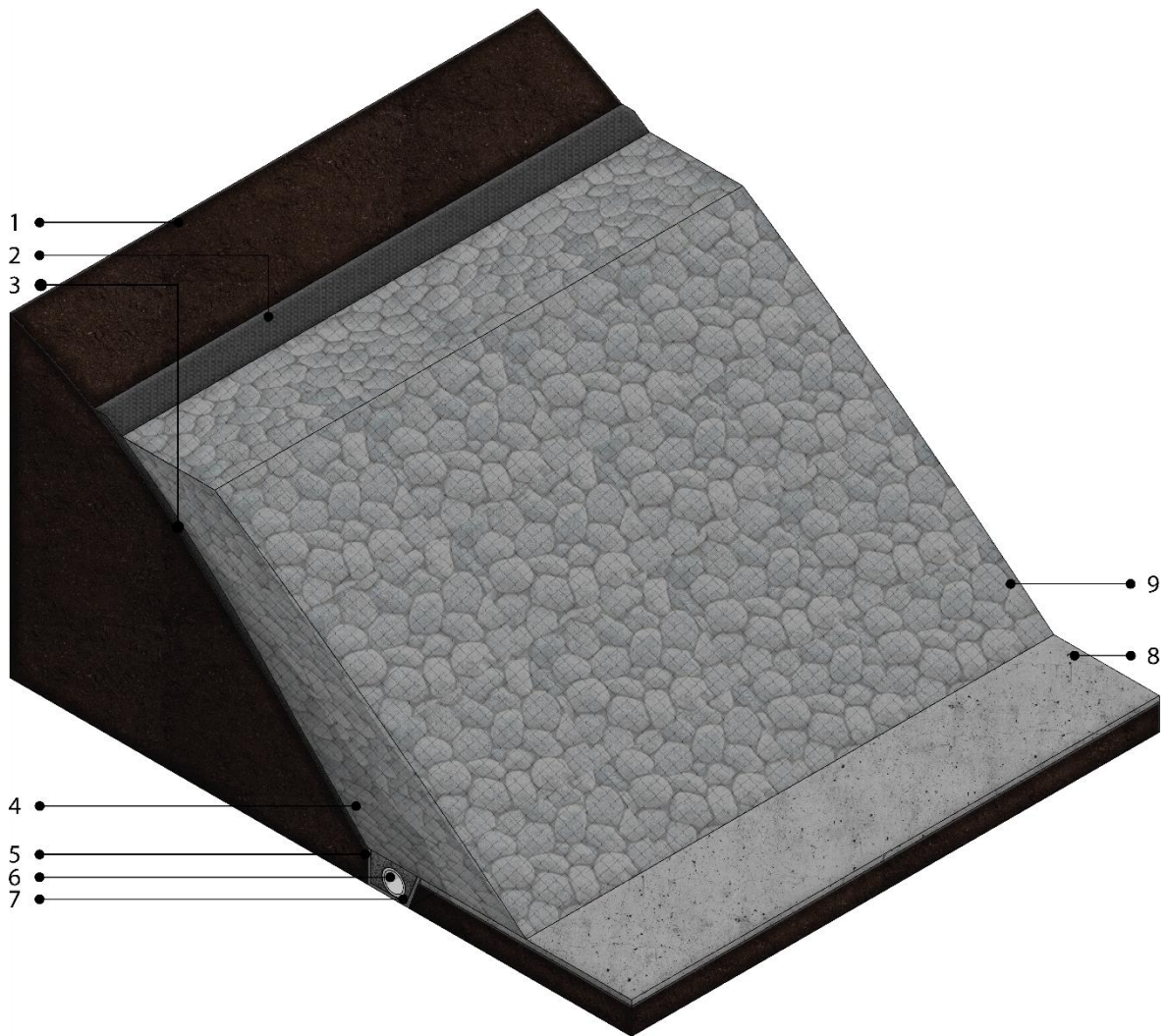
**Figura 87:** Planta: Muro pantalla.

Fuente: Propia. Elaboración: Propia.



**Figura 88:** Corte A-A: Muro pantalla.

Fuente: Propia. Elaboración: Propia.



**Figura 89:** Isométrico: Muro pantalla.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

1. Suelo natural filtrante.
2. Capa de concreto fino  $e= 2$  cm.
3. Doble malla geotextil de polipropileno. con secciones de  $mm=0,2$ .
4. Muro de gaviones con canto rodado y aristas vivas con granulometría de 15 a 20 cm.
5. Canal de hormigón  $140 \text{ kg/cm}^2$ ,  $e= 5$  cm.
6. Tubería lisa de PVC - policloruro de vinilo, con perforaciones de diámetro 2 mm,  $d=$  de tubería 24 cm,  $e= 5$  mm.
7. Replanteo de hormigón  $140 \text{ kg/cm}^2$ .
8. Vereda de concreto  $e= 5$  cm.
9. Malla hexagonal galvanizada de alambre No. 18.

### **3.2.6 Muro de contención.**

#### **a. Problema de humedad a resolver.**

Se utiliza en la construcción de espacios deprimidos, o de contacto directo con suelo elevado, se realiza en la fase de construcción,

#### **b. Objetivo.**

El principal objetivo del muro de contención es contrarrestar las fuerzas de empuje del suelo, debido al nivel superior del suelo y la profundidad de la excavación para los cimientos, el nivel freático es elevado por lo que es necesario el uso de un sistema de drenaje que permita la correcta evacuación del agua subsuperficial.

#### **c. Descripción: Proceso constructivo.**

1. En la parte posterior del muro de contención se dispone un material impermeabilizante con el objetivo de proteger la estructura del contacto directo con el suelo. En ocasiones, se utiliza una combinación de materiales impermeabilizantes para incrementar la protección y la durabilidad del muro frente a las filtraciones y la humedad del terreno circundante.
2. Una vez que el muro de contención está adecuadamente protegido, se procede a la creación de un sistema de drenaje en su parte posterior. Este sistema tiene como propósito evacuar el agua acumulada detrás del muro, evitando la acumulación de presión hidrostática. Para ello, se coloca una capa de tierra natural de aproximadamente 40 cm de altura sobre la base del muro. No obstante, esta altura puede variar según los cálculos estructurales y las especificaciones del diseño (Ver Figura 90).
3. Sobre la capa de tierra natural se vierte una capa de hormigón, la cual actúa como soporte estructural para la tubería de PVC que se instala posteriormente. Este hormigón asegura la estabilidad de la tubería y garantiza que esta permanezca en su posición correcta durante el funcionamiento del sistema de drenaje.
4. Una vez instalada la tubería de PVC, se procede a cubrirla con una malla de geotextil. Esta malla no solo envuelve la tubería, sino también la base de hormigón y los laterales de la zanja en la que se ubica el sistema de drenaje.
5. Encima del geotextil, se deposita material granular grueso, como grava de  $\frac{3}{4}$  de pulgada, que mejora la capacidad de filtrado del sistema. Este material es luego envuelto con el excedente de la malla de geotextil, lo que asegura que se mantenga en su lugar y continúe protegiendo el sistema de drenaje (Ver Figura 91).
6. A continuación, se vierte sobre el geotextil una capa de material granular más fino, o una mezcla de materiales con diferentes granulometrías. Esta disposición crea un sistema de filtrado eficiente.
7. En la parte superior al nivel de suelo, es recomendable aplicar una capa final que puede consistir en material sintético o material granulométrico. Esta capa ofrece un acabado

estético. Paralelamente, ayuda a prevenir la erosión y garantiza un mejor rendimiento del drenaje a largo plazo (Ver Figura 92).

8. Es esencial considerar la forma trapezoidal del drenaje, ya que esta configuración geométrica optimiza la capacidad del sistema para captar y dirigir una mayor cantidad de agua hacia la tubería. De esta manera, se minimiza el riesgo de que el agua se filtre por otros espacios hacia el muro de contención.

#### d. Costo.

Para los cálculos (Ver Tabla 23), se toma como referencia una cimentación con el nivel freático a 4.2 m de profundidad, con un ancho de base de 0.40 para la zanja, con un ancho de 1m en la parte superior un largo de 1 m.

Especificación de espesores de materiales:

- Relleno de material natural e=0.40m.
- Replanteo de hormigón simple e= 0.10m.
- Cama de grava 3/4 e= 1.20m.
- Cama de arena espesor e= 2.40m.
- Relleno de Zanja e=0.10m.

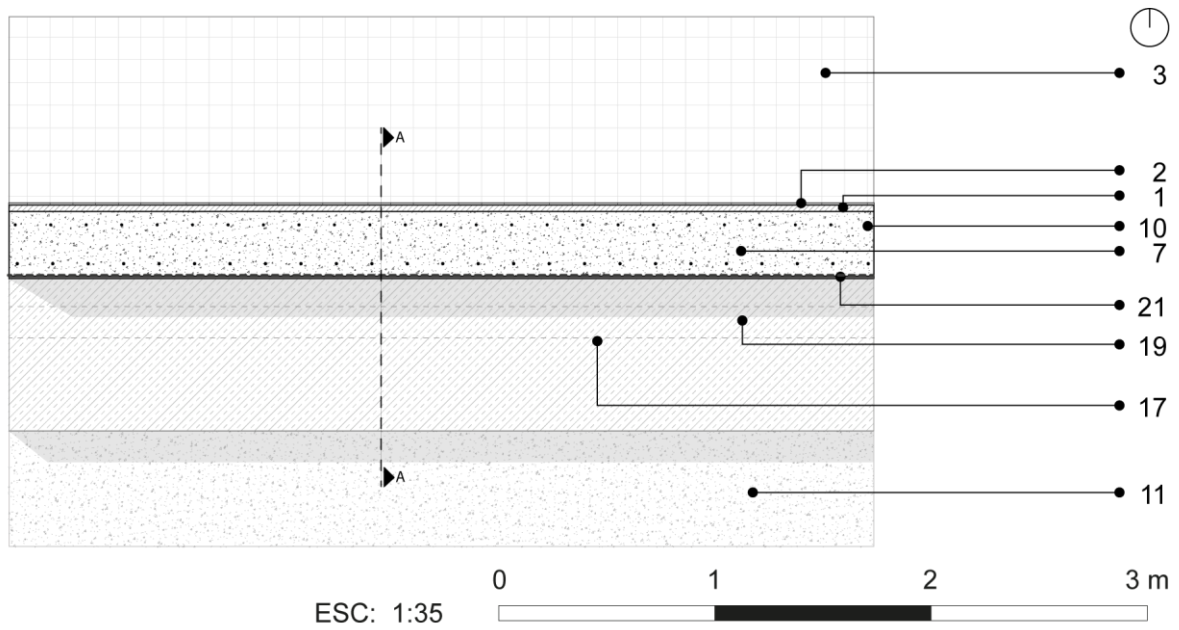
**Tabla 23:** Precios Unitarios: Muro de contención.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DRENAJE MURO DE CONTENCIÓN					
ITEM.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	Impermeabilizante en lámina	m2	6,60	4,64	30,62
2	Relleno de tierra natural	m3	0,16	6,38	1,0208
3	Replanteo de hormigón simple 140 kg/cm2	H/m3	0,04	116,29	4,65
4	Tubería corrugada 331 mm	Ml	1,00	13,32	13,32
5	Geotextil	m2	6,15	6,72	41,33
6	Cama de grava 3/4	m3	0,60	27,91	16,75
7	Cama de arena fina	m3	1,92	13,75	26,40
8	Relleno de zanja	m3	0,09	6,38	0,57
9	Desalojo de materiales hasta 8km, incluye transporte y cargado manual	m3	3,20	9,61	30,75
PRECIO					165,4166
VALORES Y ACCESORIOS VARIABLES				20%	33.08332
VALOR TOTAL POR METRO LINEAL DE INSTALACIÓN					198,50

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

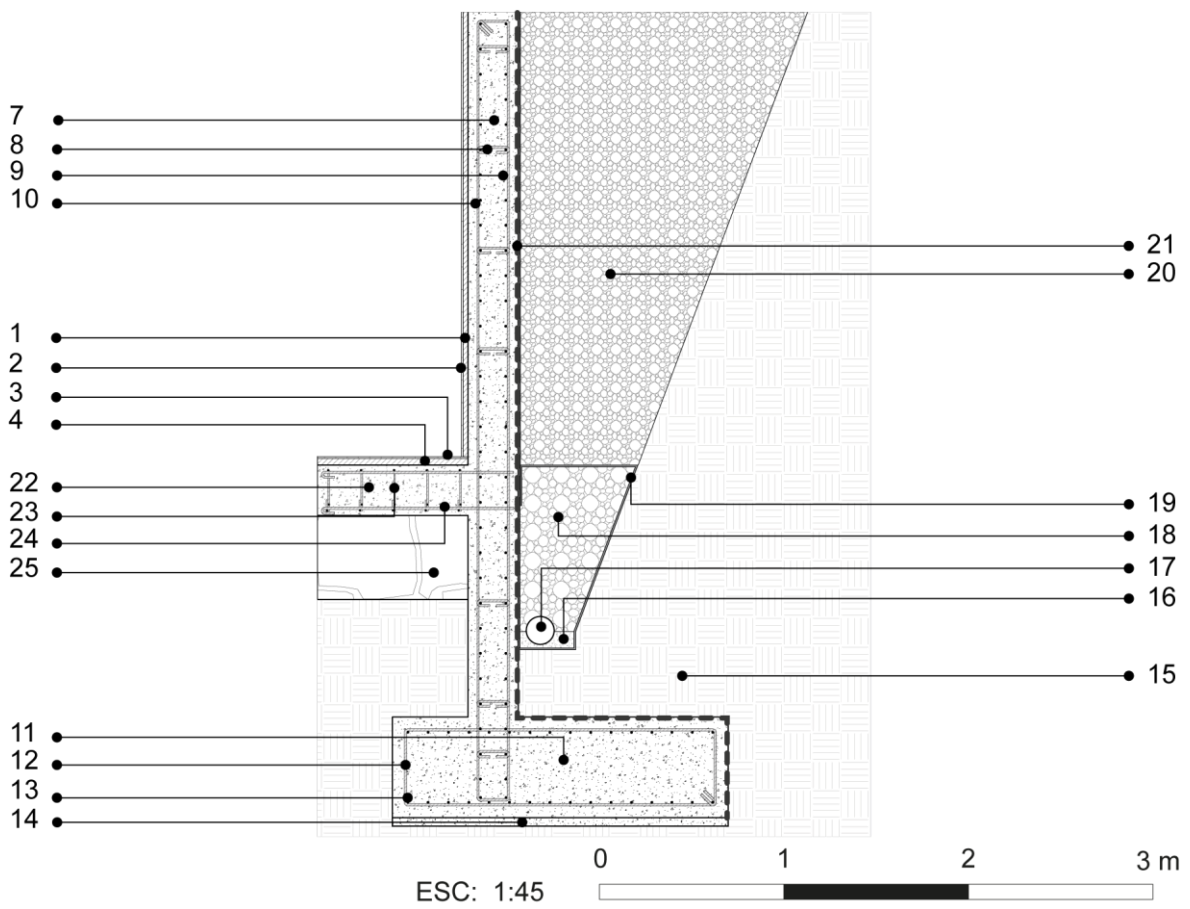
Nota: Todos los valores económicos incluyen mano de obra y material, el costo total puede variar con los distintos agregados descritos en la sección 2 de este capítulo y con la profundidad a la que se encuentre el nivel freático.

e. *Detalles constructivos.*



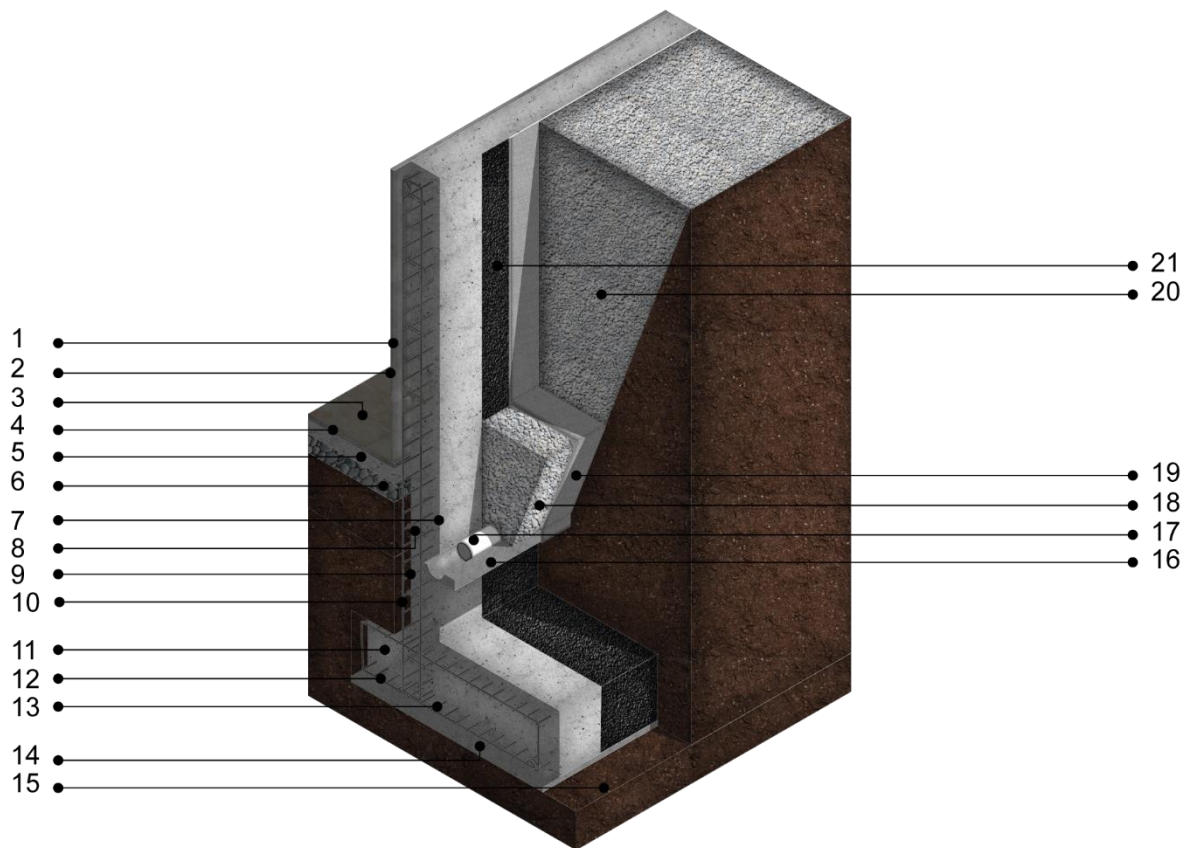
**Figura 90:** Planta: Muro de contención.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.



**Figura 91:** Corte A-A: Muro de contención.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.



**Figura 92:** Isométrico: Muro de contención.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

1. Mortero vertical, e=1.5cm.
2. Acabado de pared.
3. Acabado de piso.
4. Mortero para piso, e=1.5cm.
5. Fundición de contrapiso.
6. Relleno de material granular.
7. Fundición de muro corrido de hormigón armado 240 kgf.
8. Armado de muro corrido, hierro corrugado, e=10 mm.
9. Armado de muro corrido, hierro corrugado, e=12 mm.
10. Armado de muro corrido, hierro corrugado, e=14 mm.
11. Fundición base de muro corrido de hormigón armado 240 kgf.
12. Armado de base, inferior hierro corrugado, e=12 mm.
13. Armado de base, superior hierro corrugado, e=12 mm.
14. Hormigón de limpieza 180 kgf, e=5cm.
15. Tierra natural.
16. Base de tubería, hormigón simple 180 kgf.
17. Tubería PVC.
18. Grava  $\frac{3}{4}$ .
19. Geotextil.
20. Grava de menor tamaño.
21. Lamina asfáltica.
22. Fundición de cadena, hormigón de 240 kgf.
23. Armado de cadena, hierro corrugado, e=10mm.
24. Armado de cadena, hierro corrugado, e=10mm.
25. Muro corrido de piedra, b=0.40: h=0.50.

### **3.2.7 Muro perforado.**

#### **a. Problema de humedad a resolver.**

Es una estrategia alternativa que permite drenar la humedad del suelo por medio de tubos que se ubican de forma transversal a muros de contención. Se utiliza en espacios deprimidos, o de contacto directo con suelos elevados, aplicándose tanto en la fase de construcción como en la post construcción.

#### **b. Objetivo.**

Eliminar el exceso de humedad del suelo por medio del uso de tubos incrustados a lo largo del muro, de forma transversal para extraer el agua del suelo.

#### **c. Descripción: Proceso constructivo.**

Este proceso consiste en colocar tuberías que atraviesan muros de contención, ya sea de hormigón armado o de piedra, durante la fase de construcción.

1. En el caso de los muros de hormigón armado, tras la colocación del armado de hierro del muro de contención, se fijan las tuberías de manera transversal, asegurando una pendiente adecuada que facilite el drenaje por gravedad, de acuerdo con el diseño y cálculo estructural. Posteriormente, se asegura la hermeticidad de las tuberías y se protegen contra posibles obstrucciones durante el vertido del hormigón.
2. El hormigón se vierte en capas sucesivas alrededor de la armadura y las tuberías de drenaje, compactando adecuadamente cada capa para evitar vacíos y garantizar la integridad estructural. La construcción se realiza en etapas, permitiendo que cada capa se cure antes de añadir la siguiente, hasta alcanzar la altura proyectada.
3. En el lado interior del muro, se coloca un material filtrante, como grava, alrededor de los tubos de drenaje para evitar la obstrucción por partículas del suelo. Luego, se rellena el área detrás del muro con material de excavación o adecuado, compactándolo en capas para evitar asentamientos y garantizar la estabilidad del muro.
4. Se aplica un acabado impermeabilizante en el lado exterior del muro para protegerlo de la infiltración de agua, prolongando su vida útil y manteniendo su integridad estructural. Todas las aberturas de drenaje deben ser visibles y accesibles para facilitar el mantenimiento y la inspección periódica del sistema.
5. En el caso de los muros de contención de piedra, el proceso es similar, aunque las tuberías se instalan en cada capa durante la construcción, prestando especial atención a las fuerzas de presión que podrían afectarlas. Una vez finalizado el muro, se aplican las mismas consideraciones técnicas mencionadas en el caso del muro de hormigón armado.
6. Esta estrategia también se emplea como una solución parcial en casos donde un muro se encuentra en contacto directo con el suelo y no cuenta con un sistema de drenaje previo. Para esto, se realiza un estudio preliminar para evaluar la viabilidad de perforar sin comprometer la resistencia del muro ni su armadura estructural (Ver Figura 93). Utilizando

equipos adecuados, se perfora el muro y se instalan tuberías en los orificios, asegurando su correcta instalación y sellado para permitir un drenaje efectivo del suelo. Se verifican las perforaciones para asegurar que no afecten la integridad estructural del muro, realizando ajustes si es necesario para mantener su estabilidad (Ver Figura 94).

7. Como medida complementaria se coloca en la base del muro una zanja o canal que permite la captación del agua que caen de las perforaciones (Ver Figura 95) (Yáñez, 2008).

#### d. Costo.

Para los cálculos (Ver Tabla 24), se toma como referencia una el nivel freático que se encuentra tras un muro construido de 3m de alto y tomando una sección longitudinal de 3m. Paralelamente se calcula la implantación de una zanja de recolección de agua ubicada a lo largo de la base del muro.

Especificación de espesores de materiales:

- Ancho de muro 0.30m.
- Profundidad del canal 0.15m.
- Ancho del Canal 0.15m.
- Tuberías de PVC de 100mm.

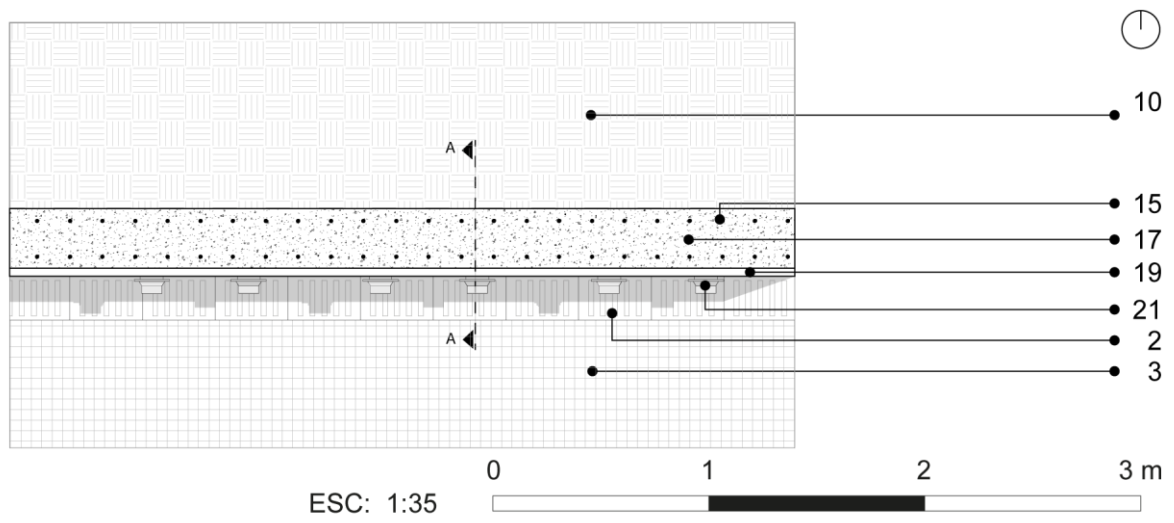
**Tabla 24:** Precios Unitarios: Muro perforado.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS MURO PERFORADO					
ITEM.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	Picado de muro	m3	0.32	1.50	0.48
2	Tubería	Ml	3.20	6.28	20.10
3	Resane	m2	0.08	0.80	0.06
4	Picado de suelo	m3	0.68	13.32	8.99
5	Canal de hormigón	m3	0.03	6.72	0.18
6	Impermeabilizante	m2	2.10	4.54	9.53
7	Rejilla de hierro fundido 3*0.15*0.02 m	U	1.00	130.00	130.00
8	Desalojo de residuos	m3	1.00	20.00	20.00
PRECIO					189.3464
VALORES Y ACCESORIOS VARIABLES				20%	37.8692
VALOR TOTAL POR 3 METROS LINEALES DE INSTALCION					227.21

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

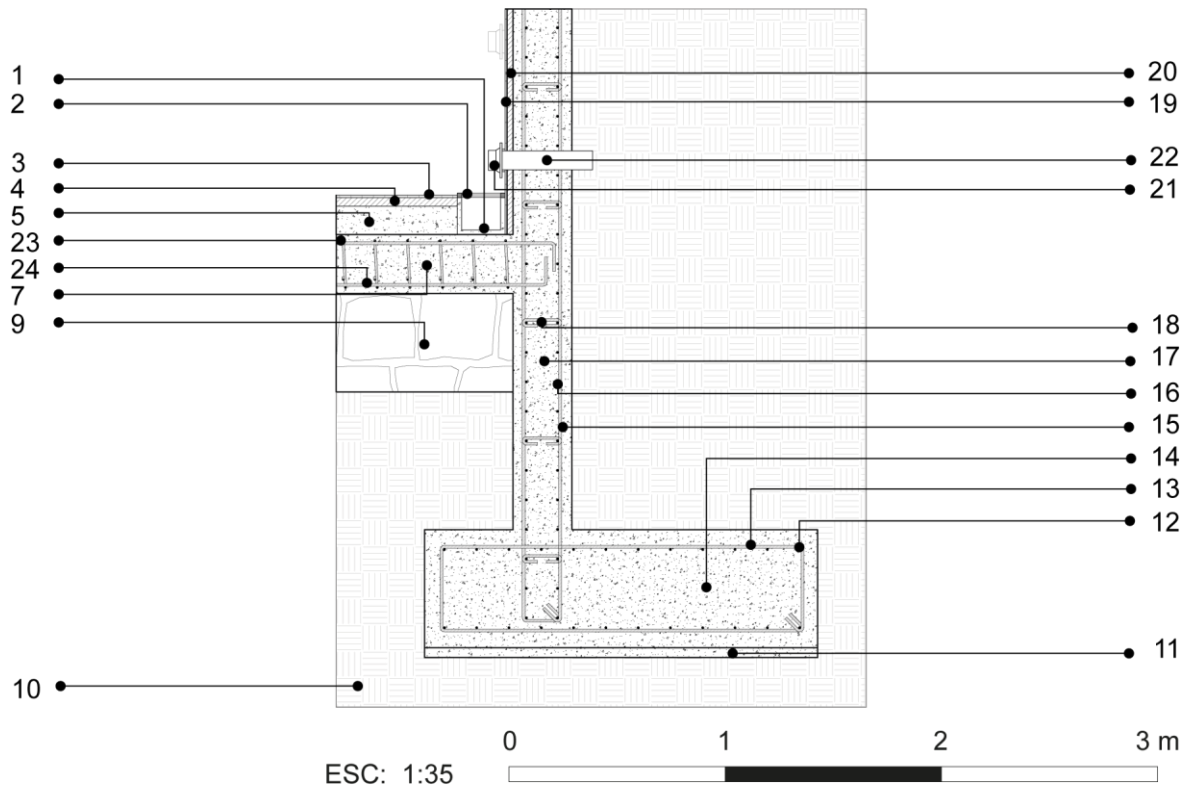
Nota: Todos los valores económicos incluyen mano de obra y material, el costo total puede variar con los distintos agregados descritos en la sección 2 de este capítulo y con las especificaciones técnicas de los muros.

e. *Detalles constructivos.*



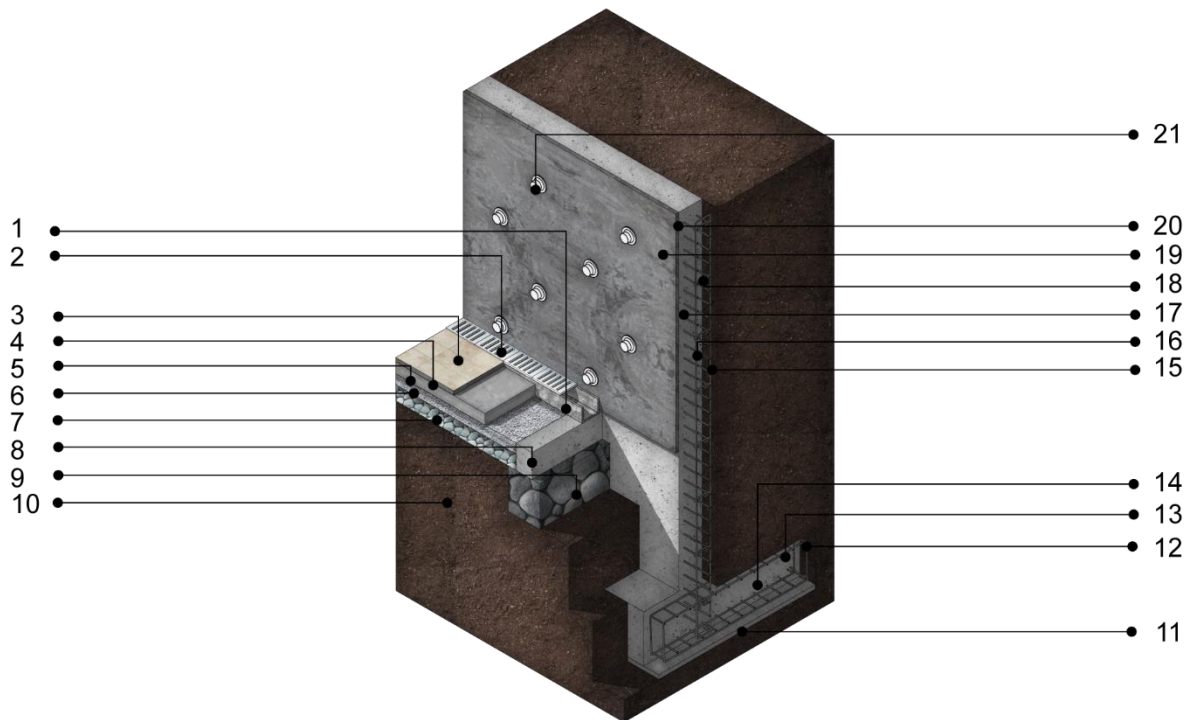
**Figura 93:** Planta: Muro perforado.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.



**Figura 94:** Corte A-A: Muro perforado.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.



**Figura 95:** Isométrico: Muro perforado.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

1. Canal de concreto para alto tráfico, e= 5 cm.
2. Rejilla de hierro fundido, e= 2 cm.
3. Acabado de piso.
4. Mortero para piso.
5. Fundición de contrapiso.
6. Relleno granular 3/4.
7. Relleno granular de canto rodado.
8. Fundición de viga de cimentación.
9. Muro corrido de piedra, b=0.40: h=0.50.
10. Tierra natural.
11. Hormigón de limpieza 180 kgf, e=5 cm.
12. Armado de base, inferior hierro corrugado, e= 12 mm.
13. Armado de base, superior hierro corrugado, e= 12 mm.
14. Fundición base de muro corrido de hormigón armado 240 kgf.
15. Armado de muro corrido, hierro corrugado, e= 12 mm.
16. Armado de muro corrido, hierro corrugado, e= 14 mm.
17. Fundición de muro corrido de hormigón armado 240 kgf.
18. Armado de muro corrido, amarre hierro corrugado, e= 12 mm.
19. Acabado de muro.
20. Mortero de muro.
21. Tapón PVC.
22. Tubería lisa PVC.
23. Armado de viga de cimentación, hierro corrugado, e= 10 mm.
24. Armado de viga de cimentación, hierro corrugado, e= 12 mm.

### **3.2.8 Zanja o canal.**

#### **a. Problema de humedad a resolver.**

Es una solución aplicada generalmente después de una construcción al presentar problemas de acumulación de agua en patios o internamente, es considerado una solución permanente y debe ser diseñada para soportar cargas en la mayoría de casos, ya que suele estar ubicada en accesos de alto tráfico o parqueaderos. Se caracteriza por resolver problemas de capilaridad, filtración y acumulación (Echeverry, 2024).

#### **b. Objetivo.**

Canalizar el agua acumulada en la superficie hacia una conexión o desfogue cercano, para asegurar una gestión y eliminación adecuada de aguas pluviales y de esta forma prevenir problemas de inundación y capilaridad de materiales cercanos al contacto.

#### **c. Descripción: Proceso constructivo.**

1. Para comenzar existen tres escenarios posibles en esta solución, siendo el primero donde ya exista una construcción, el segundo cuando apenas se comienza la construcción y el último caso cuando existe la construcción, pero se puede generar la rejilla en un espacio lateral a la construcción, ya que este sistema suele ir a nivel de cadena de amarre (Ver Figura 96).
  - En caso de que ya exista la construcción, se debe buscar la superficie horizontal afectada por acumulación de agua, verificando que no se afecte la estructura del objeto, ya que existe la chapa de compresión en la losa de contrapiso, es por ello que en este escenario se recomienda hacer una rejilla pequeña como sumidero en el centro de la acumulación para evitar la mayor afección posible.
  - En el segundo escenario se genera la zanja antes del fundido de contrapiso, para generar las conexiones necesarias y buscar una complementación estructural.
  - En la última escena es posible la excavación y suele ser utilizada en entradas de casas con superficies de suelo natural o de grava.
  - Para todas las escenas el punto principal es identificar el área o zona a instalar el canal para el trazado adecuado en el mismo.
2. Generar el canal que tendrá una profundidad de 25 a 40 cm por un ancho desde 25 a 50 cm, para colocar inicialmente la conexión con tuberías de desfogue. En casos de sumideros estos suelen tener medidas menores (Ver Figura 97).
3. Una vez creadas las instalaciones se procede a verter una capa de grava que cubre a la tubería hasta dejar solo la superficie de conexión.
4. Cuando la capa de grava esté nivelada se coloca una capa de geotextil en toda la superficie.
5. Colocar una capa de concreto, este puede ser un canal prefabricado o generado con una malla interna para una correcta función.

6. Cuando el canal esté liso y seco, como sugerencia se coloca una capa de pintura impermeabilizante para proteger la superficie del objeto.
7. Tapar el canal con una rejilla de fácil acceso para futuros mantenimientos (Ver Figura 98).
8. Se destaca que el canal puede tener una conexión de tubería o un desfogue por pendiente, para evitar acumulaciones superficiales (Cuadros & Vargas, 2022).

#### d. Costo.

Para los cálculos (Ver Tabla 25), se toma como referencia una profundidad de 0.40 m de profundidad zanja y de 0,40 de profundidad de conexión de tuberías, con un ancho de zanja para el dren de 0,40 m y un largo de 1 m, constando con instalación de conexión.

Especificación de espesores de materiales:

- Replanteo de hormigón simple  $e= 0.10m$ .
- Relleno de grava 3/4  $e= 0.40m$ .

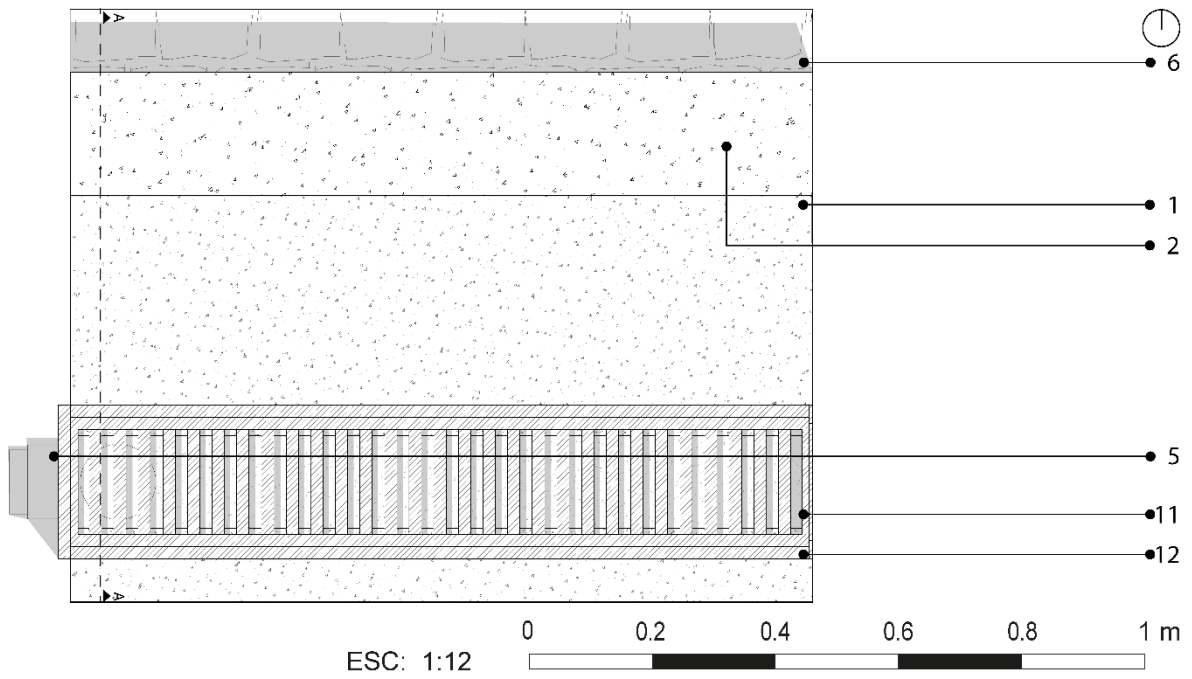
**Tabla 25:** Precios Unitarios: Zanja o canal.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS ZANJA O CANAL					
ITEM.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	Desbroce y Limpieza del Terreno	m2	0.40	6.33	2.53
2	Replanteo y Nivelación	m2	0.40	3.40	1.36
3	Excavación de Zanjas	m3	0.16	4.45	0.71
4	Compactación y nivelación	m2	0.20	0.72	0.14
5	Canal de concreto 1:3	m	1.00	27.00	27.00
6	Conexión desfogue de PVC	U	1.00	7.05	7.05
7	Cama de grava 3/8	m3	0.08	27.91	2.23
8	Rejilla de alto tráfico de hierro fundido formato de 3m x 0.2m	U	0.35	210.00	73.50
9	Acero de refuerzo $f_c=4200kg/cm^2$	kg	1.80	1.50	2.70
10	Desalojo de materiales hasta 8km, incluye transporte y cargado manual	m3	0.54	9.61	5.19
PRECIO					122.4202
VALORES Y ACCESORIOS VARIABLES				20%	24.48404
VALOR TOTAL POR METRO LINEAL DE INSTALACIÓN					146.90

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

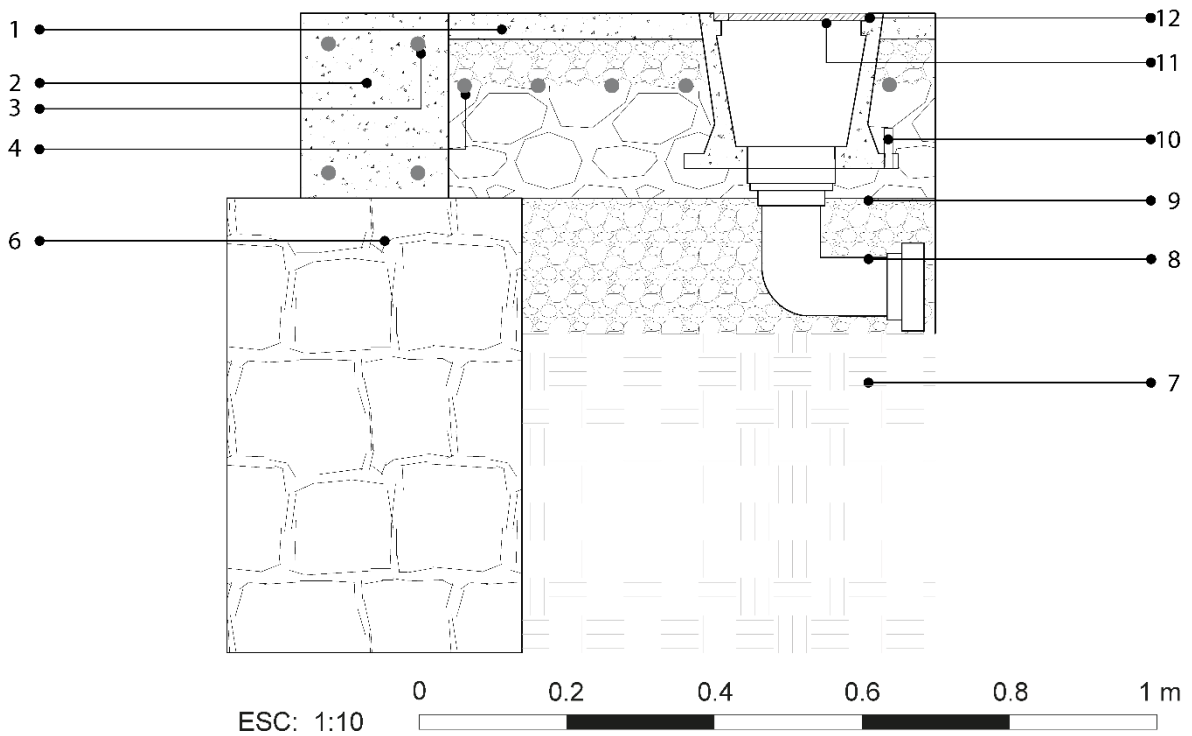
Nota: Todos los valores económicos incluyen tanto la mano de obra como los materiales. El costo total puede variar en función de los distintos agregados descritos en la sección 2 de este capítulo, así como de la profundidad a la que se encuentre el nivel freático. Cabe destacar que, en esta metodología, es posible fabricar una rejilla utilizando varillas soldadas.

**e. Detalles constructivos.**



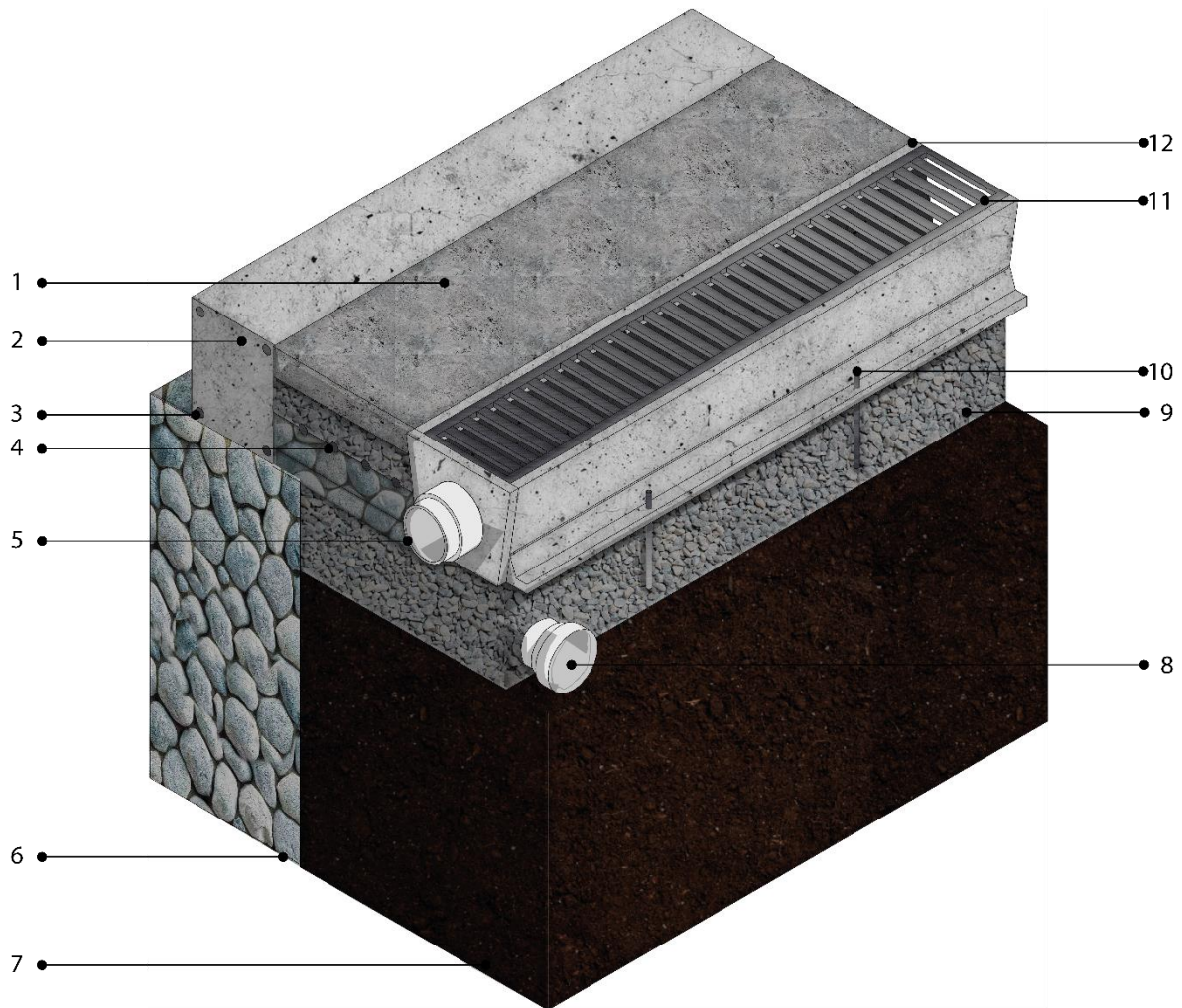
**Figura 96:** Planta: Zanja o canal.

Fuente: Propia. **Elaboración:** Propia.



**Figura 97:** Corte A-A: Zanja o canal.

Fuente: Propia. **Elaboración:** Propia.



**Figura 98:** Isométrico: Zanja o canal.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

1. Hormigón de apoyo de entrada vehicular de 140 kgf/cm<sup>2</sup>.
2. Hormigón en columnas y vigas de amarre de 210 kgf/cm<sup>2</sup>.
3. Varillas de hierro d= 12 mm.
4. Malla de compresión 10 x 10 cm, g= 10-12 mm, apoyado en canto rodado de g= 10 a 15 cm.
5. Conexión de PVC - policloruro de vinilo 90°, 2 empalmes.
6. Muro corrido de piedra - canto rodado con granulometría de 15-20 cm.
7. Suelo natural.
8. Codo PUSH de PVC - policloruro de vinilo 90°, e= 5 mm.
9. Grava granulometría 3/4, d= 19 mm.
10. Varillas de anclaje de 12 mm.
11. Rejilla metálica e= 2 cm.
12. Canal de concreto para alto tráfico, e= 5 cm.

### 3.3 ESTRATEGIAS COMPLEMENTARIAS.

#### 3.3.1 Drenaje simple.

##### **a. Descripción del material.**

Los sistemas de drenaje pueden acoplarse a las necesidades económicas de los usuarios, logrando prescindir del uso de geotextiles o de tuberías (Ver Figura 99).



**Figura 99:** Instalación dren francés.

**Fuente:** Hemminger, C. (2021, diciembre 6). Pardon my French drain. *Trench Drain Grates*. Recuperado de <https://www.trenchdraingrates.com/pardon-my-french-drain/>

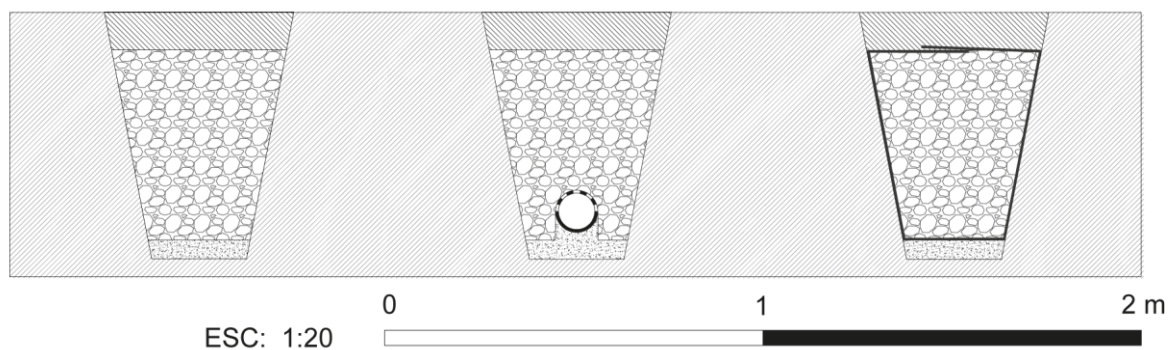
##### **b. Descripción del proceso de instalación.**

1. El proceso inicia con una excavación de zanjas a la profundidad indicada por el técnico a cargo de los estudios.
2. Se realiza la compactación de su base.
3. Se funde una capa de hormigón de limpieza.
4. Colocación del geotextil antes de agregar el material granular.
5. Verter el material granular, luego se cubre el material granular con el excedente del geotextil, envolviéndolo adecuadamente.
6. Finalmente, se coloca el material común sobre el geotextil para completar el proceso (Gavilanes, 2020).

##### **c. Consideraciones.**

- Puede ser instalado únicamente con el agregado sin la implementación de la tubería o el geotextil.
- Se puede implementar junto con el agregado el uso de tuberías.
- Se puede implementar junto el agregado el uso de geotextil.

#### d. *Detalle.*



**Figura 100:** Corte: Dren francés simple, Dren francés con tubería, Dren francés con geotextil.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

Nota. La imagen muestra distintos tipos de drenajes, el primero es el drenaje simple compuesto únicamente de material granular, el segundo cuenta con un sistema de tubería dentro del material granular, y el último muestra un dren francés donde el geotextil envuelve el material granular.

#### e. *Ventajas.*

- Propiedad de resistencia a cargas y deformaciones.
- Capacidad de filtración y resistencia química.

#### f. *Desventajas.*

- Impacto ambiental por material sintético de polipropileno.
- El precio varía según el tipo, siendo desde 1,50 dólares americanos el m<sup>2</sup>.

#### g. *Valor del material.*

El costo de la instalación se ve afectado por el material adicional implementado en el drenaje al momento de rellenar la zanja. Si se utiliza únicamente ripio de 3/4 en una excavación de  $b = 0.4\text{m}$ ,  $h = 0.6\text{m}$  y un  $a = 1\text{m}$ , el valor promedio es de \$5.40. En caso de agregar únicamente una tubería, el valor añadido asciende a \$13.60. Por último, si el drenaje cuenta únicamente con ripio y la malla geotextil, el valor añadido es de \$6.72. El relleno con ripio y el uso de tubería tiene un valor de \$19.00, mientras que el relleno con ripio y uso de geotextil tiene un valor de \$12. Cabe señalar que estos precios referenciales no incluyen mano de obra ni transporte.

### 3.3.2 Dren con tubería lisa.

#### a. Descripción del material.

Las tuberías lisas empleadas en sistemas de drenaje están generalmente fabricadas con PVC o policloruro de vinilo, polietileno, o polipropileno. El PVC es comúnmente utilizado para instalaciones subterráneas, mientras que el polipropileno es adecuado para cargas pesadas. Todos estos materiales tienen una base plástica, lo que les otorga una vida útil que puede superar los 500 años. Sin embargo, su durabilidad puede verse comprometida por la exposición a agentes químicos y las cargas durante la instalación.

Una característica común en este tipo de sistemas de drenaje son las perforaciones distribuidas homogéneamente a lo largo de la tubería, con diámetros que varían entre 2 y 5 mm (Ver Figura 101). Estas perforaciones permiten la entrada eficiente del agua, facilitando el drenaje adecuado en diversas aplicaciones (Llorente, 2003).



**Figura 101:** Tubería lisa.

**Fuente:** Cidelsa. (s.f.). Tubería lisa de HDPE [Folleto]. *Cidelsa*.

[https://www.cidelsa.com/media/prod\\_brochure\\_2/Tuberia\\_Lisa\\_de\\_HDPE.pdf](https://www.cidelsa.com/media/prod_brochure_2/Tuberia_Lisa_de_HDPE.pdf)

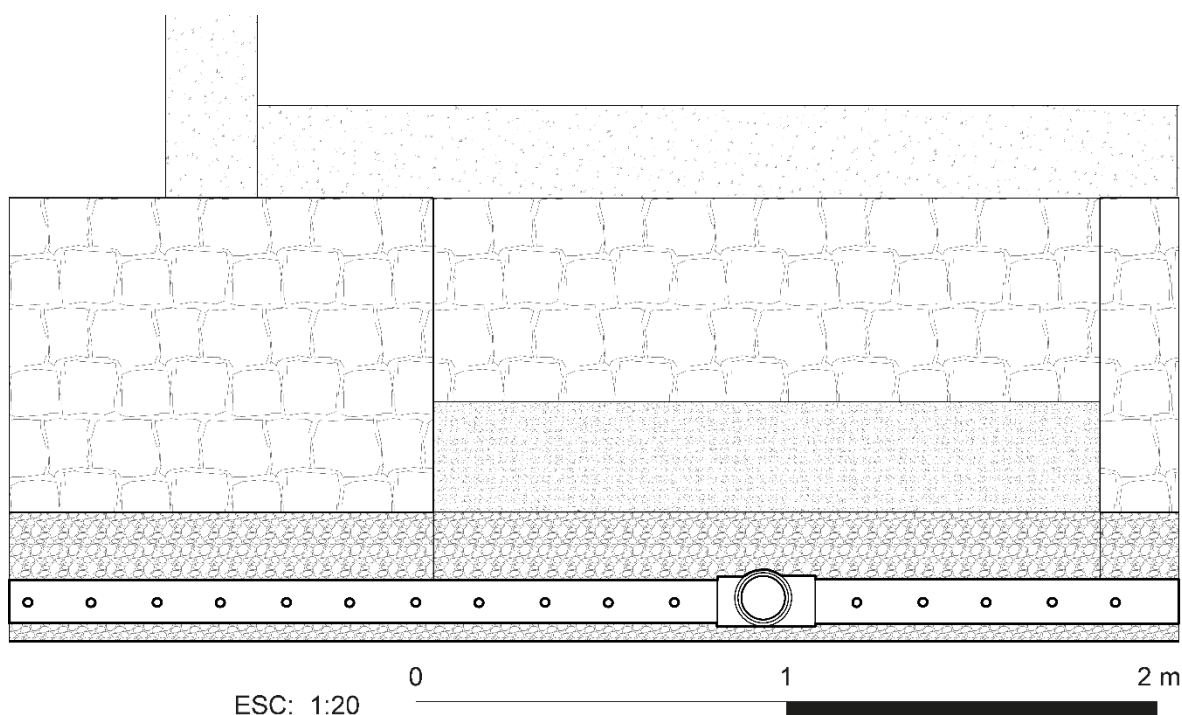
#### b. Descripción del proceso de instalación.

1. El proceso inicia con una excavación de zanjas a la profundidad indicada.
2. Se realiza la compactación de su base.
3. Se funde una capa de hormigón de limpieza.
4. Colocación del geotextil antes de agregar el material granular.
5. Verter el material Granular.
6. Luego, se cubre el material granular con el excedente del geotextil, envolviéndolo adecuadamente, para finalmente rellenar la zanja o canal (Pantigoso, 2021).

#### c. Consideraciones.

- Puede ser instalado con agregados o cubriendo tuberías y superficies drenantes.

**d. Detalle.**



**Figura 102:** Corte: Tubería lisa.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

**e. Ventajas.**

- Propiedad de resistencia a cargas y deformaciones.
- Capacidad de filtración y resistencia química.

**f. Desventajas.**

- Impacto ambiental por material sintético de polipropileno.
- El precio varía según el tipo, siendo desde 1,50 dólares americanos el m<sup>2</sup>.

**g. Valor del material.**

El costo de la instalación se ve afectado por el material de la tubería lisa. Si se utilizan tuberías de PVC o policloruro de vinilo, el tiempo estimado de utilidad es de 75 a 100 años para accesorios de superficie lisa, debido a su mayor resistencia. Sin embargo, el PVC, siendo el material más común, no representa una opción de gama alta para la aplicación. Considerando esto, el costo por metro lineal de tubería lisa en PVC es de \$13.60 dólares estadounidenses, destacando que la tubería normalmente se comercializa en secciones de 6 metros lineales, lo que resulta en un costo total de \$81.60. Cabe señalar que estos precios referenciales no incluyen mano de obra ni transporte.

### 3.3.3 Dren con tubería corrugada.

#### a. Descripción del material.

Las tuberías corrugadas utilizadas en sistemas de drenaje están fabricadas generalmente con PVC o policloruro de vinilo, polietileno, o polipropileno. El PVC y el polietileno están diseñados para instalaciones subterráneas, mientras que el polipropileno es adecuado para cargas pesadas (Ver Figura 103). La base de estos materiales es plástica, lo que les proporciona una vida útil que puede superar los 500 años. Sin embargo, su durabilidad puede verse afectada por la exposición a agentes químicos y las cargas durante la instalación (Llorente, 2003).



**Figura 103:** Tubería corrugada.

**Fuente:** Peskiadmin. (n.d.). *Corrugated pipe of large diameter made of plastic: Corrugated pipes of large diameter.* Retrieved July 24, 2024. Recuperado de <https://peskiadmin.ru/en/corrugated-pipe-of-large-diameter-made-of-plastic-corrugated-pipes-of-large-diameter.html>

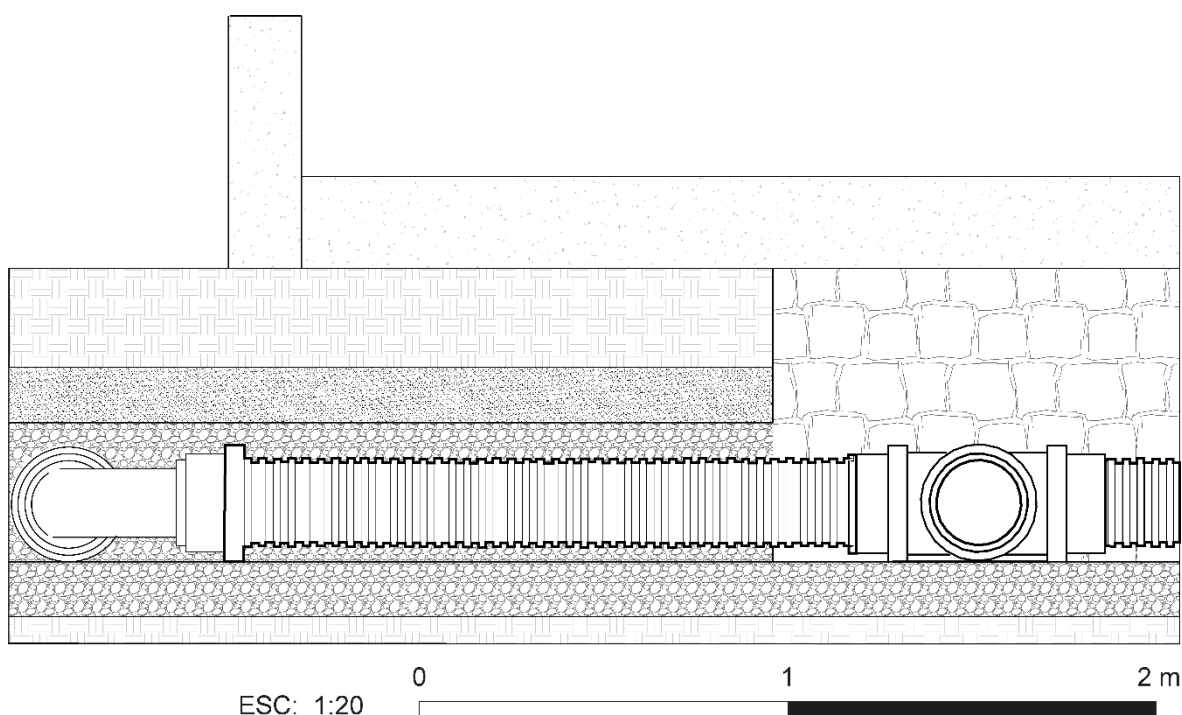
#### b. Descripción del proceso de instalación.

1. Excavación de zanjas a la profundidad correspondiente según el tipo de funcionalidad.
2. Se genera la pendiente correspondiente al nivel de desfogue deseado.
3. Se compacta el suelo para crear una cama de hormigón o arena de 0.05 m a 0.10 m.
4. Colocar la tubería sola o envuelta en geotextil, se recomienda que el diámetro sea de 110 mm.
5. Una vez generado el sistema de tuberías y acoples se cubre con grava de la misma granulometría, para posteriormente crear una capa arenosa de 0.10 m a 0.20 m.
6. Por último, se procede a cubrir la zanja con tierra no arcillosa (Pantigoso, 2021).

#### c. Consideraciones.

- Determinar el material más adecuado según cargas a resistir, este puede ser de HDPE, PP, o PVC.
- Diseñar el sistema con una pendiente suficiente para asegurar un flujo adecuado.

**d. Detalle.**



**Figura 104:** Corte: Tubería corrugada.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

**e. Ventajas.**

- Buena resistencia química.
- Ligera y de mejor filtración.
- Excelente resistencia mecánica.

**f. Desventajas.**

- La superficie corrugada reduce la capacidad de flujo.
- Susceptible a deformarse bajo carga.
- Su vida útil puede afectarse en suelos altamente abrasivos (Llorente, 2003).

**g. Valor del material.**

Si se utilizan tuberías de PVC o policloruro de vinilo, el tiempo estimado de utilidad es de 50 a 75 años para accesorios de superficie corrugada. Sin embargo, es el método más utilizado para drenaje de filtración. Su valor es menor al de la tubería lisa variando su costo desde \$27.84 hasta \$117.77 por 6 metros lineales. Considerando esto, el costo por metro lineal de tubería corrugada en PVC es desde \$4.64 hasta \$19.62. Cabe señalar que estos precios referenciales no incluyen mano de obra ni transporte.

### 3.3.4 Impermeabilización con huevera - Lámina Drenante.

#### a. Descripción del material.

Se refiere a una técnica específica que implica la colocación de estructuras en forma de "huevos" o "nidos" hechas de material sintético, como bolsas de polietileno (Ver Figura 105). Estas estructuras se llenan con un mortero especializado impermeabilizante, proporcionando una barrera física y química contra la humedad (Navarro, 2017).



**Figura 105:** Lámina drenante - huevera.

**Fuente:** Onduline. (n.d.). *Lámina drenante Fondaline*. Recuperado de <https://es.onduline.com/es/profesional/sistemas-cubierta-y-tejado/drenaje-y-proteccion-soterrados/lamina-drenante-fondaline>

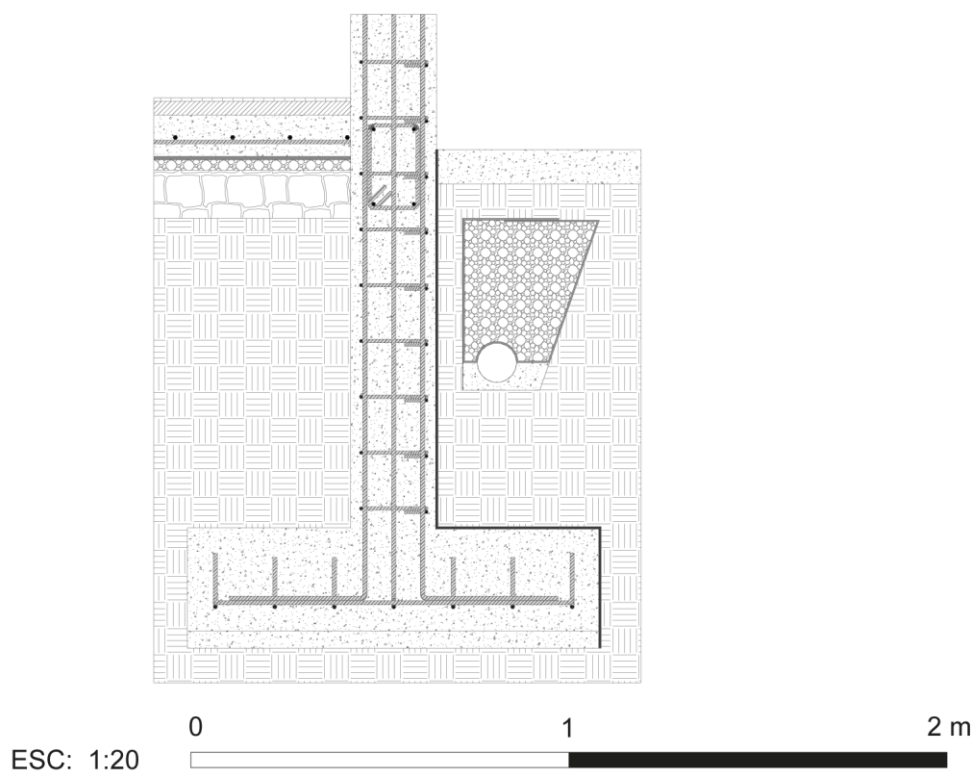
#### b. Descripción del proceso de instalación.

1. Para tener acceso a los cimientos se excavan zanjas a la profundidad requerida y se compacta la base.
2. Una vez la base este nivelada se vierte una capa de hormigón de limpieza.
3. Cuando el hormigón este seco y sin grietas se coloca la lámina drenante en el fondo y a los lados donde se desea proteger de la humedad.
4. Se agrega material granular sobre la lámina drenante.
5. Se coloca una tubería de drenaje perforada en el centro del material granular. Se cubre la tubería de drenaje con más material granular hasta el nivel del suelo.
6. Finalmente, se cubre con una capa de tierra o césped para completar el proceso. (Navarro, 2017).

#### c. Consideraciones.

- Requiere menos mantenimiento comparado con sistemas sin lámina drenante debido a su mayor eficiencia y protección contra obstrucciones.
- Ideal para áreas con alto riesgo de acumulación de agua y en proyectos donde se requiere una solución de drenaje de alta eficiencia.

**d. Detalle.**



**Figura 106:** Corte: Lámina drenante - huevera.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

**e. Ventajas.**

- Facilita un drenaje eficiente del agua.
- Protege la tubería de drenaje de obstrucciones por sedimentos.
- Mayor resistencia y durabilidad comparado con sistemas sin lámina drenante.

**f. Desventajas.**

- El uso de láminas drenantes puede incrementar el costo inicial del proyecto.
- Requiere más precisión en la instalación para asegurar que esté adecuadamente colocada.

**g. Valor del material.**

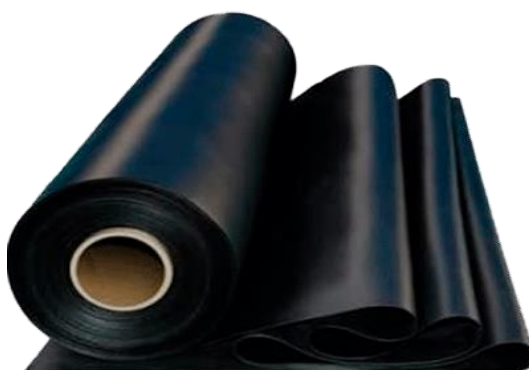
La lámina drenante se vende en rollos de 2 m de ancho y 20 m de largo, lo que permite cubrir una superficie de 40 m<sup>2</sup>. El rollo tiene un valor promedio de \$290, lo que da como resultado un precio de \$7.25 por m<sup>2</sup>. Cabe señalar que estos precios referenciales no incluyen mano de obra ni transporte.

### 3.3.5 Impermeabilización con láminas de plástico.

#### a. Descripción del material.

Las láminas de plástico o membranas de impermeabilización ofrecen una opción rápida para impermeabilizar superficies. Aunque están especialmente diseñadas para cubiertas, también se pueden utilizar para impermeabilizar muros y cimentaciones. Estas membranas se adhieren directamente al material, sellando fisuras y limpiando previamente la superficie. Se distinguen por ser delgadas y flexibles, lo que facilita su aplicación en diversas superficies (Díaz, 2018).

Pueden contar con una cara adhesiva o ser aplicadas con un adhesivo compatible tanto con el material de la membrana como con la superficie en la que se va a instalar. Estas membranas se presentan en rollos con formatos que varían desde 1 m de ancho y longitudes que oscilan entre 2 y 10 m (Ver Figura 107) (Morán, 2019).



**Figura 107:** Láminas de plástico.

**Fuente:** Prometsa. (n.d.). *Láminas de neopreno antiestático BS490*. Retrieved July 24, 2024. Recuperado de <https://www.prometsa.com.uy/laminas-de-neopreno-antiestatico-bs490/art-121/>

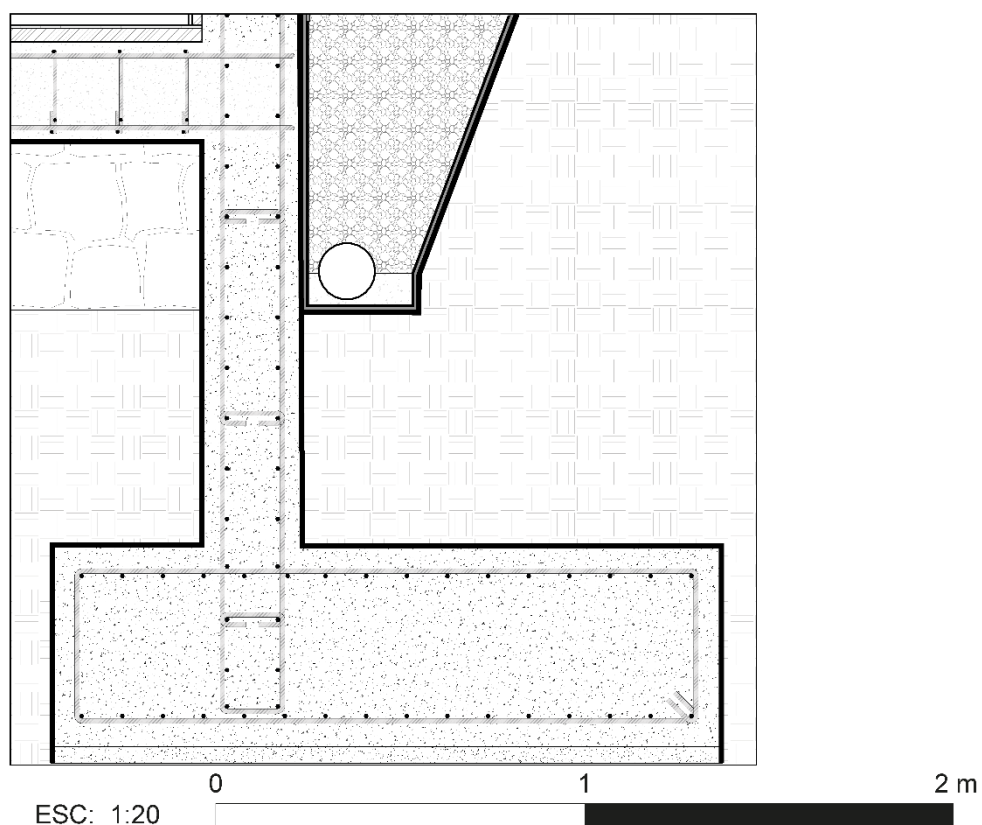
#### b. Descripción del proceso de instalación.

1. Se procede a sellar fisuras y poros en cimentaciones o superficies a intervenir.
2. Se limpia la superficie y se verifica que esté lo más nivelada posible.
3. Se aplica un pegamento compatible con el PVC y no alterable ante la presencia de agua.
4. Se colocan las láminas con un traslape de 10 a 20 cm.
5. Por último, se procede a llenar la zanja con el material deseado.

#### c. Consideraciones.

- Puede instalarse en cualquier superficie, pero se recomienda utilizar una capa de protección, como un geotextil, sobre las láminas de PVC para prevenir daños mecánicos durante el relleno.

**d. Detalle.**



**Figura 108:** Corte: Impermeabilización con láminas plásticas.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

**e. Ventajas.**

- Capacidad de adaptación por su flexibilidad.
- Facilidad de instalación.
- Puede usarse en espacios superficiales o subterráneos.

**f. Desventajas.**

- El plástico con el tiempo se degrada y crea filtraciones.
- Precio más elevado que los métodos líquidos.
- La mala instalación crea filtraciones.

**g. Valor del material.**

El rollo de lámina plástica de 2 m de largo y 3 mm de espesor está a \$120, escogiendo el costo más alto por variables el costo por m<sup>2</sup> sería de \$60. Cabe señalar que estos precios referenciales no incluyen mano de obra ni transporte.

### 3.3.6 Impermeabilización con brea.

#### a. Descripción del material.

La brea es un material derivado del alquitrán, que se obtiene principalmente por la destilación de la hulla o de la madera (Ver Figura 109). Es conocida por su consistencia viscosa y su color oscuro, y se utiliza en varios sectores industriales y de construcción debido a sus propiedades impermeabilizantes y adhesivas (Morán, 2019).



**Figura 109:** Impermeabilización con brea.

**Fuente:** Hágalo. (n.d.). *Brea en frío Adhecold cubeta Zahori*. Recuperado de <https://hagalo.mx/brea-y-papel-para-techo/14029-brea-en-frío-adhecold-cubeta-zahori.html>

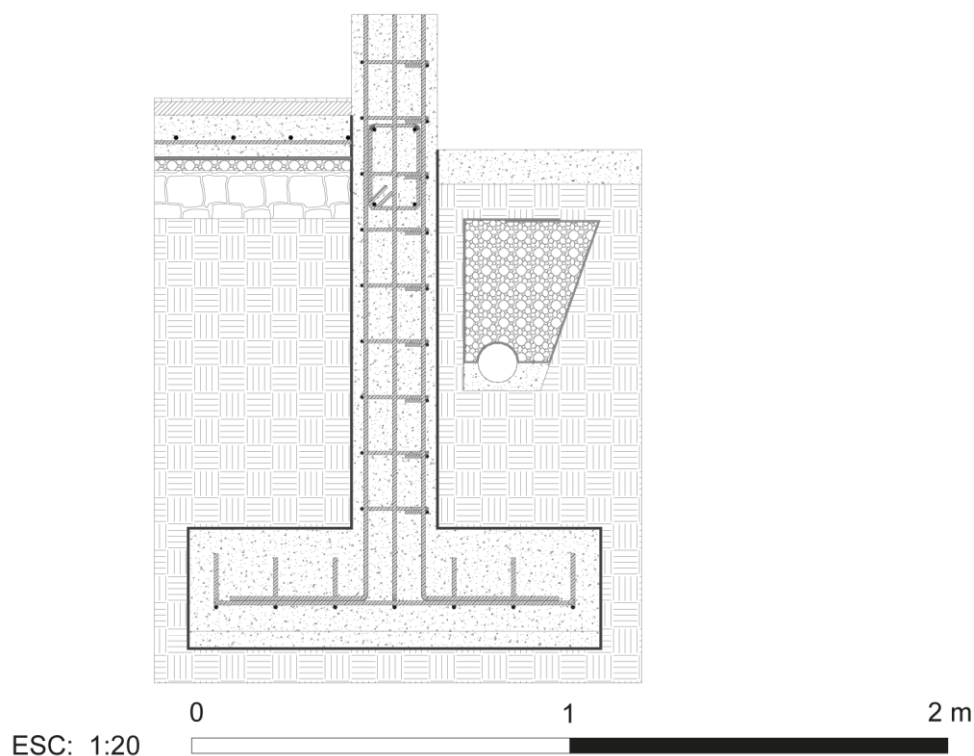
#### b. Descripción del proceso de instalación.

1. Se excavan zanjas a la profundidad requerida.
2. Se compacta la base posteriormente se vierte una capa de hormigón de limpieza.
3. Se aplica una capa de brea en las paredes y el fondo de la zanja para impermeabilizar.
4. Después se coloca una tubería de drenaje perforada en el centro de la zanja.
5. Alrededor y sobre la tubería de drenaje se agrega material granular.
6. Finalmente, se cubre con una capa de tierra o césped para completar el proceso.

#### c. Consideraciones.

- Generalmente, requiere menos mantenimiento debido a la impermeabilidad de la brea.
- Ideal para áreas con problemas graves de humedad y donde se necesita una solución de drenaje altamente eficaz (Morán, 2019).

**d. Detalle.**



**Figura 110:** Corte: Impermeabilización con brea.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

**e. Ventajas.**

- Proporciona una excelente barrera contra la humedad y la infiltración.
- Alta resistencia y durabilidad debido a las propiedades impermeabilizantes de la brea.
- Protege el sistema de drenaje contra la humedad y la penetración del agua.

**f. Desventajas.**

- El uso de brea puede incrementar significativamente el costo del proyecto.
- La aplicación de brea puede ser complicada y requiere precauciones especiales debido a su naturaleza pegajosa y tóxica.

**g. Valor del material.**

La brea se comercializa en varias presentaciones: galones, latas y tambores. El galón tiene un valor referencial de \$40 y un rendimiento de cobertura de 7.5 m<sup>2</sup>, lo que se traduce en un consumo aproximado de 0.5 litros por m<sup>2</sup>. Cabe señalar que estos precios referenciales no incluyen mano de obra ni transporte.

### 3.3.7 Impermeabilización con pintura asfáltica.

#### a. Descripción del material.

La pintura asfáltica se emplea comúnmente en superficies de azoteas planas. Sin embargo, debido a la exposición solar, requiere mantenimiento anual. Este material se utiliza para impermeabilizar diversas superficies, aunque su costo puede ser elevado debido a la necesidad de aplicar varias capas (Ver Figura 111). Es por ello, que es importante considerar su uso en cimentaciones, ya que estarán en constante erosión por el agua y los agentes químicos presentes en el suelo (Alayo, 2021).



**Figura 111:** Impermeabilización con pintura asfáltica.

**Fuente:** Homemasterex. (n.d.). *Masilla bituminosa para impermeabilización de cimientos: precio y marcas*. Retrieved July 24, 2024, Recuperado de <https://homemasterex.desiguspro.com/es/bitumnaya-mastika-dlya-gidroizolyacii-fundamenta-cena.html>

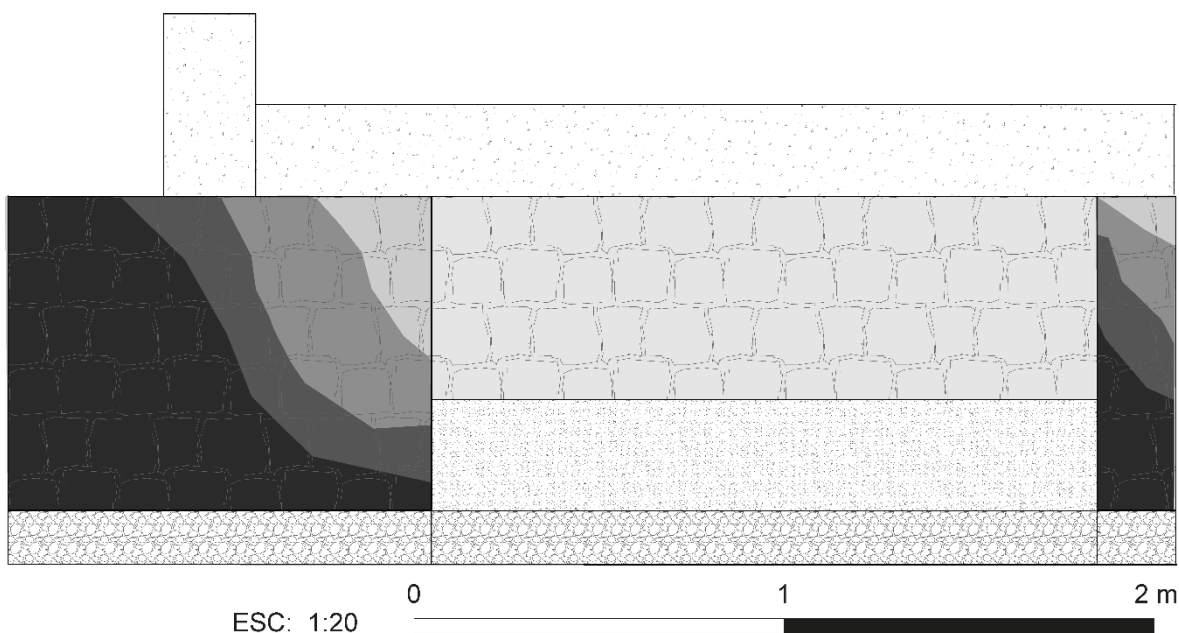
#### b. Descripción del proceso de instalación.

1. Limpiar la superficie a intervenir.
2. Reparar grietas y dejar secar.
3. Pasar la primera capa de pintura asfáltica según las recomendaciones del fabricante.
4. Crear una segunda capa para una mayor cobertura de la superficie.
5. Dejar secar y proceder a colocar una superficie protectora con láminas de PVC o con malla geotextil (Caprile, 2018).

#### c. Consideraciones.

- Se recomienda colocar malla entre las capas de pintura para brindar un mayor soporte.

**d. Detalle.**



**Figura 112:** Corte: Pintura asfáltica.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

**e. Ventajas.**

- Listo para usar.
- Alta adherencia en superficies con agua o humedad.
- Protege al hormigón de agentes agresivos de la atmósfera (CO<sub>2</sub>) y (sulfatos).

**f. Desventajas.**

- El tiempo de secado puede ser prolongado.
- Requiere la aplicación de varias capas para asegurar una impermeabilización efectiva.
- Tiempo de utilidad corto.

**g. Valor del material.**

El costo es dado por el envase contenedor de la pintura, sin embargo, un bote promedio está entre \$16 a \$25 en marcas de gama media, mientras que en marcas de gama alta el valor económico se encuentra entre los \$69 a \$103. Se destaca que no se puede dar un valor por m<sup>2</sup> debido a la cantidad de capas necesarias a aplicar según el caso. Cabe señalar que estos precios referenciales no incluyen mano de obra ni transporte.

### 3.3.8 Mortero impermeabilizante.

#### a. Descripción del material.

El mortero impermeabilizante es un material utilizado en la construcción para proporcionar una barrera efectiva contra la penetración del agua y la humedad en estructuras como muros, cimientos, sótanos, y piscinas, entre otros (Ver Figura 113). Este tipo de mortero está diseñado para mejorar la resistencia al paso del agua y proteger las superficies expuestas a condiciones húmedas o en contacto directo con el agua (Morán, 2019).



**Figura 113:** Mortero impermeabilizante.

**Fuente:** Hormigón impermeable. (2013, marzo 28). *Beyond*. Recuperado de <https://www.beyond.es/blog/hormigon-impermeable/> Descripción del proceso de instalación.

#### b. Descripción del proceso de instalación.

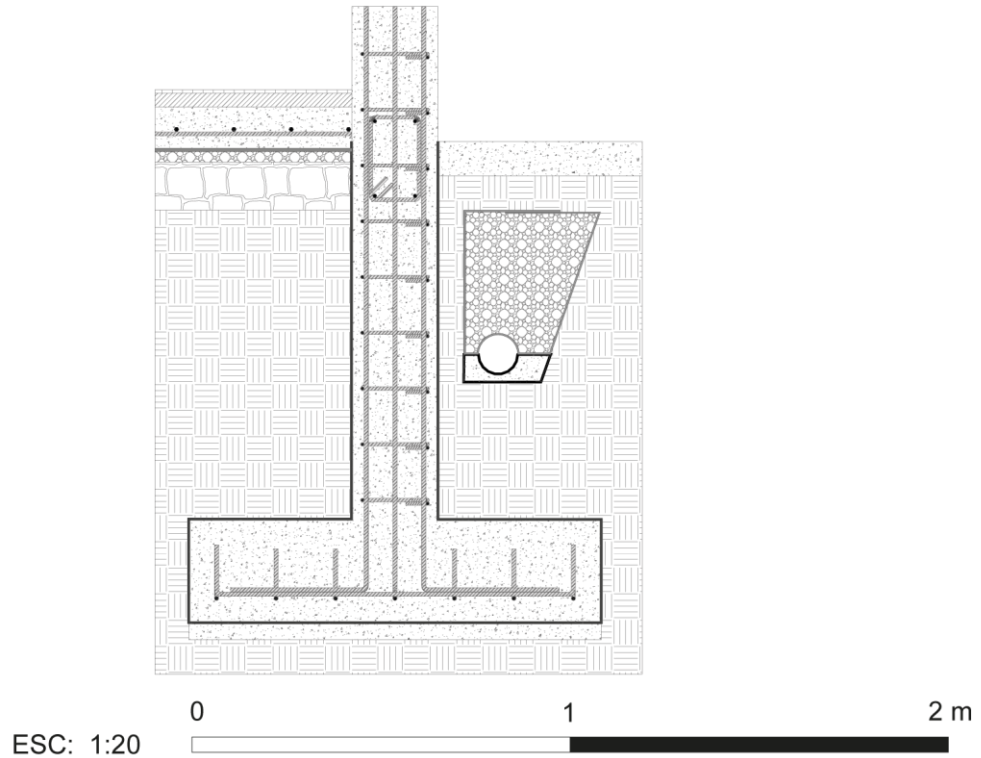
1. Como paso inicial se excavan zanjas a la profundidad requerida, generalmente de 0.80 a 0.40 m de profundidad.
2. Una vez realizada la zanja se compacta la base.
3. Se vierte una capa de hormigón de limpieza.
4. Con la capa de hormigón ya fraguada se aplica una capa de mortero impermeabilizante sobre la base y los lados donde se desea proteger de la humedad.
5. Una vez seca la capa de impermeabilizante se coloca una tubería de drenaje perforada en el centro de la zanja, esta puede ser rodeada por geotextil o material granular.
6. Se agrega material granular alrededor y sobre la tubería de drenaje, esta puede ser grava con granulometría de 3/4 para evitar el taponamiento de los orificios de la tubería.
7. Para asegurar una correcta filtración se coloca grava de mayor granulometría y después una capa de arena.
8. Se cubre con una capa de tierra o césped para completar el proceso.

#### c. Consideraciones.

- Generalmente, requiere menos mantenimiento debido a la impermeabilidad del mortero hidrófugo.

- Es ideal para áreas con problemas graves de humedad y donde se necesita una solución de drenaje altamente eficaz (Morán, 2019).

**d. Detalle.**



**Figura 114:** Corte: Mortero impermeabilizante.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

**e. Ventajas.**

- El mortero hidrófugo proporciona una excelente barrera contra la humedad.
- Alta resistencia y durabilidad debido a las propiedades hidrófugas.
- Protege el sistema de drenaje contra la infiltración de agua.

**f. Desventajas.**

- El uso de mortero hidrófugo puede incrementar significativamente el costo del proyecto.
- Requiere una aplicación cuidadosa y uniforme del mortero hidrófugo.

**g. Valor del material.**

El mortero impermeabilizante se puede encontrar en el mercado en distintas presentaciones, como por ejemplo el saco de 50 kg. Tiene un rendimiento de 10 a 18 m<sup>2</sup>, dependiendo de la porosidad y rugosidad de la superficie. Su precio referencial es de \$200, lo que da como resultado un precio de \$14.30 por m<sup>2</sup> en base al rendimiento promedio. Cabe señalar que estos precios referenciales no incluyen mano de obra ni transporte.

## CONCLUSIONES

A lo largo del presente documento se demuestra que la gestión del agua ha sido crucial desde tiempos antiguos, tanto para el uso personal como para la estabilización y filtración del terreno. Diversas civilizaciones implementaron sistemas de recolección y conducción de agua, tanto en el viejo como en el nuevo mundo, con el objetivo de evitar la acumulación de agua en los suelos. Un ejemplo de esta gestión eficaz es el uso de canales, que solucionaron problemas de inundaciones, riego e incluso enfermedades, al mantener un flujo constante de agua.











Estos sistemas no solo resuelven problemas inmediatos, sino que también ofrecen soluciones sostenibles para el aprovechamiento del agua en zonas con niveles freáticos elevados. El agua recolectada, aunque no siempre potable, puede ser utilizada para diversos fines, lo que refleja la adaptabilidad y la importancia de la gestión del agua a lo largo de la historia.

No obstante, de todos los agentes atmosféricos, el agua y la humedad destacan por su capacidad de erosionar progresivamente las construcciones. Esto representa un desafío continuo que compromete tanto la integridad estructural de las edificaciones como el bienestar y la calidad de vida de sus ocupantes. Un aspecto importante a considerar es que muchos de los habitantes de viviendas afectadas por la humedad sufren de afecciones respiratorias recurrentes, como resfriados o asma, sin ser conscientes de que estas condiciones están estrechamente relacionadas con el ambiente húmedo de sus hogares. Las viviendas, más allá de ser un refugio físico, son espacios que brindan seguridad y pertenencia emocional. Sin embargo, muchas de ellas ven reducida su vida útil debido a prácticas constructivas deficientes, donde se desestima la importancia de los sistemas de drenaje, ya sea por considerarlos innecesarios o por evitar costos adicionales. Estos problemas, a largo plazo, generan una mayor inversión económica al intentar corregirlos. La falta de estudios especializados y la influencia de factores ambientales agravan la situación. Por ello, la implementación de sistemas de drenaje efectivos se convierte en una solución esencial para preservar tanto la durabilidad de las edificaciones como el bienestar de sus habitantes.

En este contexto, los casos de estudio reflejan una realidad preocupante: la alta presencia de humedad en el suelo, atribuible a un nivel freático elevado, junto con la filtración de agua y la capilaridad de los materiales, ocasiona efectos negativos visibles en las estructuras de las viviendas. Estos incluyen el desprendimiento de pintura, la aparición de moho, eflorescencia y malos olores. Durante las visitas de campo, se confirmaron estas dificultades, evidenciando que los daños provocados por la humedad han comprometido las edificaciones a lo largo del tiempo (Ver Tabla 26).

Este análisis resalta la importancia de implementar sistemas de drenaje efectivos para prevenir problemas de humedad en el futuro. Las observaciones realizadas se detallan a continuación.

**Tabla 26:** Registro de afecciones existentes en las viviendas analizadas.

	EVIDENCIA FOTOGRÁFICA.		PATOLOGÍAS ENCONTRADAS:
Vivienda Tipo M-001			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presencia de humedad.</li> <li>• Corrosión.</li> <li>• Desprendimiento de pintura.</li> </ul> <p>Provocado por humedad originado por la capilaridad de los materiales, filtración de agua y por el nivel freático.</p> <p><b>Nivel de daño:</b> Moderado.</p>
Vivienda Tipo S-001			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presencia de humedad.</li> <li>• Eflorescencia.</li> </ul> <p>Provocado por humedad originado por la capilaridad de los materiales, filtración de agua y por el nivel freático.</p> <p><b>Nivel de daño:</b> Leve.</p>
Vivienda Tipo Y-001			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presencia de humedad.</li> <li>• Desprendimiento de pintura</li> </ul> <p>Provocado por humedad originado por la capilaridad de los materiales y filtración de agua.</p> <p><b>Nivel de daño:</b> Moderado.</p>
Vivienda Tipo LI-001			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presencia de humedad.</li> <li>• Desprendimiento de pintura.</li> <li>• Eflorescencia.</li> </ul> <p>Provocado por humedad originado por la capilaridad de los materiales y por el nivel freático.</p> <p><b>Nivel de daño:</b> Moderado.</p>
Vivienda Tipo Sa-001			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presencia de humedad.</li> <li>• Desprendimiento de pintura.</li> <li>• Eflorescencia.</li> </ul> <p>Provocado por humedad originado por la capilaridad de los materiales, filtración de agua y por el nivel freático.</p> <p><b>Nivel de daño:</b> Severo.</p>

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

En la evaluación de las soluciones, se identificaron tres fundamentos teórico-prácticos clave para la implementación de sistemas de drenaje, según la etapa de construcción: acciones preventivas definitivas durante el inicio de la obra, medidas correctivas tras la finalización de la construcción y tácticas especiales que ofrecen soluciones parciales a los problemas existentes.

Sin embargo, el análisis metodológico y práctico de los casos de estudio demuestra que las metodologías son más efectivas cuando se aplican en las fases iniciales de construcción. Una vez que la edificación presenta problemas de humedad, las soluciones definitivas se vuelven complejas, requiriendo alternativas que implican un mantenimiento constante y una inversión periódica, sin lograr mejoras sustanciales en la estructura.

A partir de este análisis, se elaboró una guía práctica, accesible tanto para especialistas como para el público en general, que ofrece estrategias efectivas para abordar los problemas de humedad en la construcción. Esta guía integra descripciones detalladas y aspectos constructivos relacionados con la implementación de sistemas de drenaje e impermeabilización de cimientos y muros. Con el fin de facilitar la divulgación y aplicación de la información, se incluyen elementos gráficos que mejoran la comprensión, junto con descripciones claras y accesibles, permitiendo que cualquier persona, ya sea experta o no en el tema, pueda informarse y aplicar las soluciones propuestas. Además, se presentan precios referenciales, para que los interesados puedan realizar el trabajo por su cuenta, si así lo desean. Esta guía no solo ofrece un recurso valioso para resolver problemas existentes, sino que también fomenta decisiones preventivas, protegiendo las viviendas desde la raíz y evitando que los problemas de humedad se manifiesten en el futuro.

## RECOMENDACIONES

La investigación permite incorporar más temas relacionados con los problemas causados por la humedad, ya sea mediante la incorporación de nuevos materiales o mejorando la gestión del agua recolectada del subsuelo. El nivel freático, por su parte, presenta una amplia gama de estudios que abordan tanto sus ventajas como sus desventajas. Este trabajo establece un antecedente relevante que facilita la elaboración de nuevos estudios relacionados con la humedad, enfocados en el nivel freático y en el uso de drenes complementados con geotextiles. Estos estudios pueden proponer estrategias más eficientes, empleando métodos tradicionales o contemporáneos, como sistemas de ventilación, el diseño de áreas exteriores con patios drenantes o el uso de doble muro, entre otros.


Estos enfoques buscan respaldar o mejorar la información presentada, y abrir espacio para futuras investigaciones o teorías profesionales en el área. De esta forma, se contribuye al avance y perfeccionamiento de los sistemas de drenaje y su aplicación en zonas con altos niveles de saturación. Asimismo, es fundamental adaptar las estrategias implementadas en este estudio a contextos donde se evalúan otros factores que contribuyen a la saturación del suelo, como las precipitaciones y la humedad ambiental. La efectividad y viabilidad de estas soluciones deben analizarse y contrastarse, lo que permitirá desarrollar nuevas estrategias y recopilar patologías divergentes a las encontradas en casos comunes.

El tipo de suelo en el que se planea implementar un sistema de drenaje es un factor crucial dentro del diseño inicial de la canalización. Por tanto, resulta relevante analizar las variables, consideraciones y demandas que surgen al aplicar las estrategias propuestas en este estudio a diferentes tipos de suelo. Un aspecto de especial interés es el uso de material granular, que actúa como filtro en la captación de agua. Sería conveniente estudiar las propiedades y el efecto filtrante del ripio, un material comúnmente utilizado, y explorar posibles sustitutos que puedan mejorar la captación de humedad, considerando las características y necesidades del suelo.

Este trabajo se centra en el análisis de las viviendas estudiadas, lo que permite evidenciar de manera directa los efectos de la humedad en las edificaciones. Este análisis constituye la base fundamental de la investigación. Las estrategias presentadas se consideran herramientas útiles para que los propietarios puedan abordar y resolver los problemas de humedad en sus viviendas.

A continuación, se presenta una tabla en la que se describen de manera específica las estrategias que se pueden implementar para enfrentar estas problemáticas.

**Tabla 27:** Recomendaciones para abordar las patologías encontradas en el caso de estudio Vivienda Tipo M-001.

EVIDENCIA FOTOGRÁFICA.	ESTRATEGIAS FACTIBLES DE IMPLEMENTACIÓN.
	<p>En esta vivienda, se propone la implementación de una solución basada en un sistema de drenaje perimetral con geotextil o la implementación de un puro pantalla. Como solución complementaria, se sugiere el uso del drenaje francés, en cualquiera de sus variantes. Sin embargo, se recomienda especialmente optar por la variante que incluye tubería y geotextil, ya que ofrece una mayor eficacia en la conducción y filtración del agua, garantizando una protección adicional contra la infiltración. Además, se sugiere la instalación de un sistema de protección adicional para cimientos y muros. Las opciones recomendadas incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lamina drenante – huevera.</li> <li>• Lamina plástica.</li> <li>• Mortero impermeabilizante.</li> <li>• Brea.</li> <li>• Pintura asfáltica.</li> </ul>


**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

**Tabla 28:** Recomendaciones para abordar las patologías encontradas en el caso de estudio Vivienda Tipo S-001.

EVIDENCIA FOTOGRÁFICA.	ESTRATEGIAS FACTIBLES DE IMPLEMENTACIÓN.
	<p>En esta vivienda, se propone la implementación de una solución basada en un sistema de drenaje perimetral con geotextil. Como solución complementaria, se sugiere el uso del drenaje francés, en cualquiera de sus variantes. Sin embargo, se recomienda especialmente optar por la variante que incluye tubería y geotextil, ya que ofrece una mayor eficacia en la conducción y filtración del agua, garantizando una protección adicional contra la infiltración. Además, se sugiere la instalación de un sistema de protección adicional para cimientos y muros. Las opciones recomendadas incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lamina drenante – huevera</li> <li>• Lamina plástica</li> <li>• Mortero impermeabilizante</li> <li>• Brea</li> <li>• Pintura asfáltica</li> </ul>


**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

**Tabla 29:** Recomendaciones para abordar las patologías encontradas en el caso de estudio Vivienda Tipo Y-001.

EVIDENCIA FOTOGRÁFICA.	ESTRATEGIAS FACTIBLES DE IMPLEMENTACIÓN.
	<p>En esta vivienda, se propone la implementación de una solución basada en un sistema de drenaje por Muro perforado junto con la implementación de zanjas o canales ya que ofrece una mayor eficacia en la conducción y filtración del agua, garantizando una protección adicional contra la infiltración. Además, se sugiere la instalación de un sistema de protección adicional para muros. Las opciones recomendadas incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lamina plástica.</li> <li>• Mortero impermeabilizante.</li> <li>• Brea.</li> <li>• Pintura asfáltica.</li> </ul>


**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

**Tabla 30:** Recomendaciones para abordar las patologías encontradas en el caso de estudio Vivienda Tipo LI-001.

EVIDENCIA FOTOGRÁFICA.	ESTRATEGIAS FACTIBLES DE IMPLEMENTACIÓN.
	<p>En esta vivienda, se propone la implementación de una solución basada en un sistema de francés, en cualquiera de sus variantes. Sin embargo, se recomienda especialmente optar por la variante que incluye tubería y geotextil, ya que ofrece una mayor eficacia en la conducción y filtración del agua, garantizando una protección adicional contra la infiltración. Además, se sugiere la instalación de un sistema de protección adicional para muros. Las opciones recomendadas incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Lamina plástica.</li><li>• Mortero impermeabilizante.</li><li>• Brea.</li><li>• Pintura asfáltica.</li></ul>

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

**Tabla 31:** Recomendaciones para abordar las patologías encontradas en el caso de estudio Vivienda Tipo Sa-001.

EVIDENCIA FOTOGRÁFICA.	ESTRATEGIAS FACTIBLES DE IMPLEMENTACIÓN.
	<p>En esta vivienda, se propone la implementación de una solución basada en un sistema de drenaje mediante muro perforado, tras realización de un estudio que verifique la viabilidad de este método en función de las características del terreno y la estructura. Este tipo de drenaje permitiría una evacuación eficiente del agua acumulada en las inmediaciones de la edificación, reduciendo el riesgo de infiltración. Además, se sugiere la instalación de un sistema de protección adicional para muros. Las opciones recomendadas incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Lamina plástica.</li><li>• Mortero impermeabilizante.</li><li>• Brea.</li><li>• Pintura asfáltica.</li></ul>

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.

Dado que las soluciones a los problemas de humedad son diversas, al igual que las causas, es esencial seguir ampliando el conocimiento sobre sus orígenes, efectos y posibles intervenciones. Este enfoque permite desarrollar recomendaciones basadas en los casos de estudio presentados, las cuales pueden tener un impacto positivo en otras localidades y contribuir a mejorar las condiciones de las edificaciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

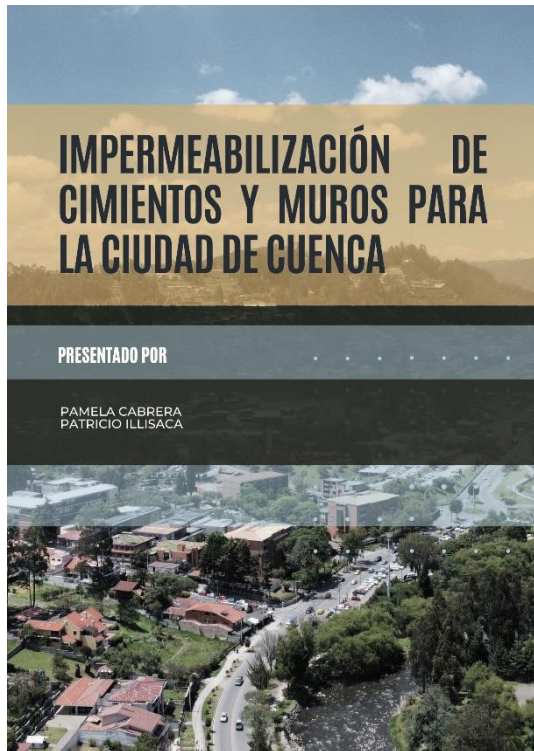
- AGUILAR-MORENO, D. M. (2007). *Arquitectura azteca*.
- Alayo Malca, N. (2021). *Aplicación de los geosintéticos para la impermeabilización de la cimentación en edificaciones de albañilería y proceso constructivo*, Santa Rosa 2021.
- Alvarez, M., Tucta, F., Quispe, E., & Meza, V. (2018). Incidencia de la inoculación de microorganismos benéficos en el cultivo de fresa (*Fragaria sp.*). *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 33–42.
- ANFI. (12 de junio de 2016). Impermeabilización de muros, cimentaciones y soleras, láminas asfálticas. Recuperado el 2 de septiembre de 2018, de <https://www.activatie.org/descarga.php?documento=pu1437566215.pdf>
- Angumba P. (1998). *Patología de la cimentación*. Universidad de Cuenca.
- Añazco, J. (2014). *Análisis y diseño para solución de aguas lluvias mediante sistemas urbanos de drenaje sostenible aplicando la técnica de firmes permeables en condominio Ercilla, comuna de Temuco, IX región de la Araucanía (Doctoral dissertation, Tesis de Grado)*. Recuperado de: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2014/bmficib224a/doc/bmficib224a.pdf>.
- Ballester, F., Castro, D., & Gil, M. (octubre de 2000). Definición, función, clasificación de los geotextiles. *Arte y Cemento*, 122-130. Recuperado el 2 de septiembre de 2018, de <https://www.giteco.unican.es/pdf/publicaciones/AYC30-X-2000.pdf>
- Ballesteros Chunga, A. M. (2020). *Sistema urbano de drenaje sostenible como alternativa al drenaje pluvial urbano del sector Miraflores–Castilla 2020*.
- Burbano, N., Becerra, S., & Pasquel, E. (2015). *Introducción a la Hidrogeología del Ecuador*. Quito, Ecuador.
- Caprile, S. (2018). *Identificación, almacenamiento y transporte de sustancias químicas tóxicas en obras en construcción. Estrategias de protección (Master's thesis)*.
- Carta Hidrotermal del Ecuador INERHI- (Inventario de Fuentes Termales del Ecuador. 1984).
- Castañeda Lopez, L. R. (2023). *Influencia de la estructura de conducción de drenaje pluvial en la Av. San Martín de Porres y Jr. Historia de la ciudad de Cajamarca, 2022*.
- Castro Torres, N. L. (2022). *Sistema urbano de drenaje sustentable SUDS para la lotización Pájaro Azul ubicado en km. 10.5 vía a Data del cantón Playas Villamil (Master's thesis, Guayaquil: ULVR, 2022.)*.
- Chantal, K., Shao, X., Jing, B., Yuan, Y., Hou, M., & Liao, L. (2013). Effects of effective microorganisms (EM) and bio-organic fertilizers on growth parameters and yield quality of flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum*). *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 11(2), 1212–1215.
- Ching, Francis, D. (2009). *Guía De Construcción Ilustrada*, 1ª.

- CORASCO. Corea y Asociados. S.A. (2008). Manual para la revisión de estudios hidrotécnicos de drenaje menor.
- Cuadros López, K. P., & Vargas Mateus, I. G. (2022). Guía metodológica para el diseño de sistemas de drenaje superficial en vías urbanas de bajo tráfico y aplicación a un caso de estudio (Doctoral dissertation, Maestría en Ingeniería Civil).
- Cubides, E. D., & Santos, G. E. (2018). Control de escorrentías urbanas mediante sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS): Pozos/zanjas de infiltración. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 12(24), 32-42.
- Delgado Cabrera, M. E., & Quinde Saltos, C. O. (2022). Influencia de la humedad en el deterioro de los cimientos y muros en viviendas unifamiliares ubicadas en las parroquias Huayna-Cápac y Yanuncay del cantón Cuenca-Ecuador.
- Díaz Sosa, P. A., & Pacussich Cribillero, E. Y. (2018). Propuesta de guía base para el seguimiento y control del proceso constructivo de muros pantalla utilizando la guía PMBOK, aplicado en la construcción de edificaciones varias en el departamento de Lima-Perú.
- Eadic (28 de octubre del 2015). tipos de cimentación. Recuperado de: [www.eadic.com/tipos-de-cimentacion-descripciones](http://www.eadic.com/tipos-de-cimentacion-descripciones).
- Echeverry Arciniegas, C. A. (2004). Manual de drenaje de carreteras.
- EMCALI EICE ESP. (2011). *Norma técnica de geotextiles (NDC-SE-GE-003, versión 1.0)*. Cali, Colombia: Unidad Estratégica de los Negocios de Acueducto y Alcantarillado - UENAA, Área Funcional Sistema de Normas y Especificaciones Técnicas.
- Fernández, J. P. (2008). Humedad proveniente del suelo en edificaciones. SANTIAGO DE CHILE.
- Fletcher Gordon, A., & Smoots, V. A. (1982). Biblioteca del Ingeniero Civil. Tomo VI, "Estudio de suelos y cimentaciones en la industria de la construcción". Editorial Limusa, SA.
- Galarza-Molina, S., Torres, A., Lara-Borrero, J., Méndez-Fajardo, S., Solarte, L., & González, L. (2015). Hacia un sistema humedal-construido/tanque-regulador para el aprovechamiento de aguas lluvias en una cuenca experimental de Colombia. *Revista Ingeniería y Universidad*, 19(2), 415+
- García Castillo, Y. C., & Miranda Requena, D. A. (2021). Diseño de drenaje pluvial en la cuenca Poder Judicial de la ciudad de Sullana usando el programa SWMM.
- Gavilanes, Luna, F. C. (2020). El Drenaje Agrícola y sus Elementos de Diseño.
- Geosistemas Pavco, S. A. (2009). Manual de diseño con geosintéticos.
- Girón, A., & Ramírez, F. (2016). Impermeabilización de superficies en la construcción de edificios. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá-Colombia.
- González, C. W. A. (2004). La Arquitectura Inca. Alexander von Humboldt, 57.
- Herrera, A. (2016). Guía para el Control de la Humedad en el Diseño, Construcción y Mantenimiento de Edificaciones. US Environmental Protección Agency.
- Imam, M. Z., & Akter, S. (2011). *Musa paradisiaca L . and Musa sapientum L . : A Phytochemical and Pharmacological Review*. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 1(5), 14–20.

- Kumar, G., & Sarma, B. K. (2016). Eco-friendly Management of Soil-borne Plant Pathogens through Plant Growth-Promoting Rhizobacteria. *SATSA Mukhapatra - Annual Technical Issue*, 20, 167–171.
- Llorente Enciso, S. (2003). Nuevas tecnologías en drenaje subsuperficial de pavimentos.
- Maldonado Mendoza, Y. A. (2021). Modelo de diseño de drenaje pluvial para mejorar los procesos constructivos.
- Mastropiero, M. (2019). *El hormigón para arquitectos*. Diseño.
- Matute Arias, K. A. (2023). Análisis de estrategias para un mayor aprovechamiento de sistemas híbridos de energías renovables que incluyen turbinas hidrocinéticas en ciudades atravesadas por ríos. Caso Cuenca-Ecuador.
- Mishra, J., Prakash, J., & Kumar Arora, N. (2016). Role of Beneficial Soil Microbes in Sustainable Agriculture and Environmental Management. *Climate Change and Environmental Sustainability*, 4(2), 137–149. <http://doi.org/10.5958/2320-642X.2016.00015.6>
- Monjó Carrió, J., & Maldonado Ramos, L. (2001). Patología y técnicas de intervención en estructuras arquitectónicas. Munilla-Lería.
- Monteagudo Cuevas, M. (2014). Análisis soluciones de humedades por capilaridad (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).
- Monteagudo M. (2016). Guía para el control de la humedad en el diseño, construcción y mantenimiento de edificaciones. Environmental Protection Agency.
- Montoya, J., & Pinto, F. (2010). Cimentaciones. Mérida: Universidad de Los Andes. Recuperado el 12 de septiembre de 2018, de <https://avdiaz.files.wordpress.com/2008/08/cimentaciones-yfundaciones.pdf>
- Morán Días, E. Y. (2019). Guía para la impermeabilización de cimentaciones mediante drenes y geotextiles para construcciones residenciales en zonas de alto nivel freático (Bachelor's thesis, Quito: Universidad de las Américas, 2019).
- Nandal, M., & Hooda, R. (2013). Plant Growth Promoting Rhizobacteria: A review article. *International Journal of Current Research*, 5(12), 3863–3871. Retrieved from <http://www.journalcra.com/article/plant-growth-promoting-rhizobacteria-review-article>
- Navarro Castillo, L. E. (2019). Análisis comparativo de la capacidad hidráulica entre el Dren Francés y el Geodrén Lamidren L20DB como sistemas de subdrenaje en la infraestructura vial.
- Ortega, L., & Salgado, L. (2001). Drenaje en suelos agrícolas.
- Ortiz, L. F. (2011). Influencia de la humedad en el deterioro de las viviendas del barrio Obrero de la ciudad de Puyo, Cantón Pastaza, provincia de Pastaza. Universidad Almato.
- Pantigoso Gomez, B. A. (2021). Diagnóstico y evaluación del sistema de drenaje pluvial de la ciudad metropolitana de Iquitos-Perú 2021.
- Paucar Rondal, G. R. (2018). Guía técnica para la prevención y reparación de humedades por capilaridad en la cimentación de viviendas unifamiliares en la parroquia de Conocoto (Bachelor's thesis, Quito: Universidad de las Américas, 2018).
- Peréz, Carmona. R. (2005). *Agua, desagües y gas para edificaciones: diseño y construcción*. Ecoe Ediciones.

- Peck, R. B., Hanson, W. E., & Thornburn, T. H. (2019). Ingeniería de cimentaciones.
- Pipiraite, T. (2018). Humedades en edificación: estudio desde su origen hasta la actualidad, y aplicaciones contemporáneas (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).
- Posada, L. F., Alvarez, J. C., Hu, C.-H., De Bashan, L., & Bashan, Y. (2016). Construction of probe of the plant growth-promoting bacteria *Bacillus subtilis* useful for fluorescence in situ hybridization. *Journal of Microbiological Methods*, 128, 125–129. <http://doi.org/10.1016/j.mimet.2016.05.029>
- Rivera Castro, L. A. (2012). Recomendaciones para la prevención y solución de la humedad por condensación en viviendas.
- Rodríguez Arbelo, A. M. (2017). SUDS: Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible.
- Sanchis Rico, V. J. (2015). Utilización de materiales textiles para la construcción de fachadas verdes.
- Soto, A. (2013). Diseño y evaluación comparativa de sistemas de drenaje de tipo dren francés y tipo sintético en el sector de Quintanillapampa [Tesis, Universidad Nacional de Huancavelica].
- Šprajc, I., & Nava, P. F. S. (2012). Orientaciones astronómicas en la arquitectura maya de las tierras bajas: nuevos datos e interpretaciones. In XXV simposio de investigaciones arqueológicas en Guatemala (Vol. 2, pp. 977-996). Instituto de Antropología e Historia y Asociación Tikal. Guatemala.
- Stuyt, L. C. P. M., Dierickx, W., & Beltrán, J. M. (2009). Materiales para sistemas de drenaje subterráneo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Ullauri, M. D. C. A., Calle, M. B. Á., Jarrín, M. C. C., & Quintuña, I. M. A. (2019). Evaluación de riesgos y vulnerabilidades. El caso de una vivienda patrimonial en Cuenca, Ecuador. *Revista AUC*, (39), 7-17.
- Valentín, M. G. (2007). Hidrología urbana. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.
- Watanabe, M., Veen, S. Van Der, Nakajima, H., & Abee, T. (2012). Effect of respiration and manganese on oxidative stress resistance of *Lactobacillus plantarum*. *Microbiology* (2012), 158, 293–300. <http://doi.org/10.1099/mic.0.051250-0>
- Yang, X. (2020). Sistema de drenaje urbano sostenible (SUDS).
- YAÑEZ, C. C. A. (2008). ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE SISTEMAS DE DRENAJES CON GEOSINTÉTICOS VERSUS SISTEMAS DE DRENAJES NATURALES PARA MUROS DE CONTENCIÓN (Doctoral dissertation, Universidad Austral de Chile).

## ANEXOS



**Anexo 1:** Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Portada y contraportada.

**Fuente:** Propia. **Elaboración:** Propia.



## TABLA DE CONTENIDOS

01.	<b>DISPOSICIÓN DE DRENAJES</b>	
	• Drenaje Perimetral.	2
	• Drenaje Paralelo.	5
	• Drenaje Espina de Pescado.	8
02.	<b>DRENAJE SUBTERRÁNEO</b>	
	• Drenaje con Geotextil.	11
03.	<b>DRENAJE SUPERFICIAL</b>	
	• Muro Pantalla.	16
	• Muro de Contención.	20
	• Muro Perforado.	24
	• Zanja o Canal.	28
04.	<b>VALOR ECONÓMICO</b>	
	• Drenaje Perimetral, Paralelo, Espina de Pescado y con Geotextil.	15
	• Muro Pantalla.	23
	• Muro Perforado.	27
	• Zanja o Canal.	31
05.	<b>AGREGADOS</b>	
	• Drenaje Simple.	32
	• Tubería Lisa.	33
	• Tubería Corrugada.	34
	• Mortero Hidrofóbico.	35
	• Impermeabilización con Láminas Plásticas.	36
	• Lámina Drenante.	37
	• Impermeabilización con Breco.	38
	• Impermeabilización con Pintura Asfáltica.	39

INDICE



## INTENCIÓN DE LA GUÍA

El presente documento aborda las patologías relacionadas con la presencia de humedad en muros y cimientos de viviendas en Cuenca, Ecuador, debido al nivel freático provocado por los cuatro ríos que atraviesan la ciudad. Esta situación causa filtraciones de agua que comprometen la integridad de las edificaciones, generando desafíos significativos para su estabilidad y durabilidad. Los antecedentes revelan prácticas constructivas deficientes para manejar la humedad en esta región. Es por ello, que la investigación se justifica por la necesidad de implementar soluciones con sistemas de drenaje y geotextiles, esenciales para mitigar las patologías derivadas de los altos niveles freáticos. Estas soluciones buscan preservar el patrimonio arquitectónico de Cuenca y establecer estrategias replicables para otras regiones con problemas similares.



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

1

## Anexo 2: Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Índice e introducción.

Fuente: Propia. Elaboración: Propia.

## DRENAJE PERIMETRAL

### Método Constructivo.

- Realizar el análisis topográfico del terreno, para posteriormente seleccionar las zonas con mayor porcentaje de humedad.
- Posteriormente considerando el diseño de la futura construcción, se lleva a cabo el replanteo de la vivienda para determinar la ubicación de la cimentación.
- Determinar la ubicación del drenaje. Este debe colocarse alrededor del perímetro del diseño, a una distancia de 0.50 m a 1.5 m del cimiento, dependiendo del tipo constructivo. Es importante considerar que la profundidad del dren varía entre 1 y 2 metros.
- Con la ubicación exacta del drenaje, se inicia la excavación de las zanjas. En esta etapa, se asegura un ancho adecuado según el diseño de canalización, condicionado por la saturación de agua existente en el terreno.
- Simultáneamente al paso anterior, se realiza el cálculo de la pendiente para el flujo adecuado del agua, donde generalmente es del 2% en las tuberías y se procede a establecer las conexiones con pozos de revisión o desfogues necesarios.
- Compactar el fondo de la zanja para colocar una capa impermeabilizante ya sea líquida o plástica en toda la superficie de la obra que tenga contacto con la humedad del suelo.
- Una vez asegurado el impermeabilizante, se procede a agregar una capa de hormigón en la base, con un espesor de 5 a 10 cm. Cabe destacar que otra opción es utilizar arena, la cual crea un sistema de amortiguación para el drenaje.
- Sobre el hormigón seco se coloca una malla geotextil dejando un excedente en los bordes que sirve posteriormente para cubrir el material granular del sistema de drenaje.
- Cuando la malla se encuentre posicionada se coloca la tubería lisa o corrugada y se procede a crear la red de canalización de drenaje. La tubería puede ser nuevamente rodeada con malla geotextil para evitar posibles taponamientos en las perforaciones del dren. Por otra parte, se destaca que el diámetro de la tubería depende de la exposición a la humedad del terreno, pero generalmente se utilizan tuberías de 8 a 10 pulgadas de diámetro que cumplen con la norma AASHTO M 252-18 y de 12 a 60 pulgadas de diámetro que aplica en la norma AASHTO M 294-18 y la ASTM F2306/2306M-18.
- Después de crear el sistema de tuberías y colocar la malla geotextil, se añade una capa de relleno de grava con una mayor granulometría que la de la carne inicial, para crear una red de canalización y retención hasta el fondo de la zanja donde se encuentra el dren. Esta capa debe sobrepasar el dren en al menos 0.10 a 0.15 metros.
- Para el armado del material filtrante del drenaje, se coloca una capa de relleno de arena fina que sobrepasa la capa anterior de grava en 0.20 a 0.30 metros.
- Finalmente, se rellena la zanja con el material deseado o con tierra no arcillosa (Gavilanes, 2020).

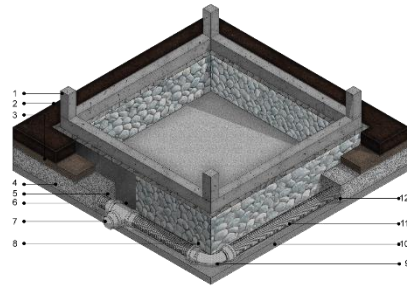
ESTRATEGIA 1 DRENAJE PERIMETRAL

2

### TIPO DE HUMEDAD A RESOLVER

Es una solución aplicada antes de la construcción, ya sea como proceso definitivo o temporal, que resuelve problemas de humedad causados por el nivel freático en el terreno donde se realiza la futura instalación (Gavilanes, 2020).

### ISOMETRÍA DRENAJE PERIMETRAL



- Hormigón de columnas y vigas de amarro 210 kgf/cm<sup>2</sup>.
- Suelo natural filtrante.
- Arena fina de granulometría pasante por malla No. 4 o de 4.75 mm.
- Grava granulométrica 3/4, d= 19 mm.
- Malla geotextil de polipropileno con secciones de mm=0.2.
- Impermeabilizante de pintura asfáltica.
- Conexión tubería triple bifurcación de PVC - policloruro de vinilo.
- Muro corrido de piedra - canto rodado d= 15-20cm.
- Codo PUS4 de PVC - policloruro de vinilo 90°, e= 5 mm, presión nominal de 150 psi (N. ASTM).
- Replanteo de hormigón e= 10cm.
- Tubería corrugada de PVC d= 331 mm.
- Capa de concreto de 2-3 cm, forma trapezoidal.

ESTRATEGIA 1 DRENAJE PERIMETRAL

3

## Anexo 3: Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Hoja 2 y 3 – estrategias.

Fuente: Propia. Elaboración: Propia.

• **CONSIDERACIONES**

Es una solución aplicada antes de la construcción, ya sea como proceso definitivo o temporal, que resuelve problemas de humedad causados por el nivel freático en el terreno donde se implanta la futura instalación.

• **PLANTA DRENAJE PERIMETRAL**

• **SECCIÓN A-A DRENAJE PERIMETRAL**

ESTRATEGIA 1: DRENAJE PERIMETRAL

4

# DRENAJE PARALELO

**Método Constructivo.**

- Realizar un estudio del terreno, en el cual se evalúa el tipo de suelo y el nivel freático.
- Seguido se procede al diseño del sistema de drenaje que incluye cálculos detallados para garantizar la adecuada eliminación de la humedad del suelo, considerando aspectos como la capacidad de infiltración, la permeabilidad del suelo y el caudal de agua a drenar.
- Una vez finalizado el diseño, el proceso constructivo en obra comienza con la limpieza del terreno. Esta etapa implica la remoción de maleza, basura y cualquier otro tipo de desecho que pueda interferir con la construcción.
- Seguidamente, se realiza el replanteo del terreno, marcando las guías que definen el trazado del drenaje paralelo. Estas guías son fundamentales para asegurar la precisión en la excavación posterior.
- La excavación se lleva a cabo hasta alcanzar la profundidad especificada en el diseño. Al concluir la excavación, se procede a la compactación del suelo, utilizando maquinaria adecuada para garantizar una base estable y homogénea para el sistema de drenaje.
- Sobre la superficie compactada, se coloca un geotextil, dejando un excedente en los bordes que sirve posteriormente para cubrir el material granular del sistema de drenaje.
- A continuación, se vierte una capa de hormigón simple que sirve como base para la tubería de drenaje. Esta capa de hormigón proporciona una superficie sólida y uniforme para la instalación de la tubería, además de ayudar a distribuir las cargas de manera uniforme.
- La instalación de la tubería de drenaje se realiza siguiendo el diseño previamente establecido, asegurando que todas las conexiones estén perfectamente selladas para evitar fugas. Además, se verifica que las tuberías tengan la pendiente adecuada para permitir un flujo eficiente del agua.
- Una vez instalada la tubería, se añade material granular, generalmente grava de ¼", sobre la misma.
- El excedente del geotextil se utiliza para cubrir la grava, evitando que la tierra y los escombros penetren en el sistema de drenaje y lo obstruyan.
- Posteriormente, se procede a rellenar con tierra sobre el geotextil hasta alcanzar el nivel del suelo circundante.
- Finalmente, el sistema de drenaje se conecta a un sistema de desagüe, que puede incluir zanjas, colectores o sistemas de bombeo, según las necesidades del proyecto. Se verifica la correcta evacuación del agua, asegurando que el sistema funcione eficientemente y cumpla con los requerimientos de diseño (Cavilanes, 2020).

ESTRATEGIA 2: DRENAJE PARALELO

5

## Anexo 4: Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Hoja 4 y 5 – estrategias.

Fuente: Propia. Elaboración: Propia.

• **TIPO DE HUMEDAD A RESOLVER**

El drenaje paralelo subsuperficial es una solución implementada antes de la construcción para gestionar el agua subterránea y mantener la integridad de los cimientos. Se instala de manera sencilla entre los cimientos mediante uniones ortogonales o rectas, y es común en zapatas aisladas, dados de cimentación y plintos.

• **ISOMETRÍA DRENAJE PARALELO.**

- Tierra natural.
- Materia filtrante grava ¼.
- Base de tubería, hormigón 180 kgf.
- Tubería PVC.
- Conexión PVC.
- Materia impermeabilizante, lona asfáltica.
- Fundición zapata, hormigón 210 kgf.
- Muro corrido de piedra - b=0.40; h=0.50.
- Fundición de viga de amarre, hormigón 210 kgf.
- Fundición de columna, hormigón 210 kgf.
- Armadura de columna, hierro corrugado e=12 mm.

ESTRATEGIA 2: DRENAJE PARALELO

6

HOJA DETALLE DE ESTRATEGIA (MARGEN INVERSO PARA IMPRESIÓN DOBLE CARA)

• **CONSIDERACIONES**

Es una solución aplicada antes de la construcción, ya sea como proceso definitivo o temporal, que resuelve problemas de humedad causados por el nivel freático y la filtración de agua en el terreno donde se realizará la futura instalación, de igual forma este sistema previene los problemas por capilaridad.

• **PLANTA DRENAJE PARALELO**

• **SECCIÓN A-A, DRENAJE PARALELO**

ESTRATEGIA 2: DRENAJE PARALELO

7

## Anexo 5: Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Hoja 6 y 7 – estrategias.

Fuente: Propia. Elaboración: Propia.

# DRENAJE ESPINA DE PESCADO

## Método Constructivo.

- Realizar el análisis topográfico del terreno, para seleccionar las zonas con mayor porcentaje de humedad fuera y dentro de la construcción.
- Posteriormente, se realiza el replanteo para determinar la ubicación del sistema de drenaje, el cual se coloca entre los espacios de los cimientos. Este sistema de drenaje se compone de tres categorías de tuberías: una red principal que se ubica fuera del perímetro de los cimientos, una red secundaria que va entre los cimientos y una terciaria que consiste en drenes a 45 grados intercalados entre los espacios horizontales de la cimentación.
- Una vez que se ha dibujado la ubicación del sistema de drenaje, se procede a iniciar la excavación de las zanjas. Durante este proceso, se asegura un ancho adecuado según el diseño de captación y se considera la pendiente necesaria para el flujo hacia los puntos de revisión y desfogues.
- Luego de la excavación, se compacta el fondo de la zanja para colocar una capa impermeabilizante ya sea líquida o plástica en toda la superficie de la construcción que tenga contacto directo con la humedad del suelo.
- Con el impermeabilizante asegurado agregar una capa de hormigón en la base, con un espesor de 5 a 10 cm. Cabe destacar que otra opción es utilizar arena, la cual crea un sistema de amortiguación para el drenaje.
- Con el hormigón seco, se coloca la malla geotéxtil dejándola en los bordes que sirve posteriormente para cubrir el material granular del sistema de drenaje.

- Colocar la tubería lisa o corrugada y crear la red de canalización de drenaje. Por otra parte, se destaca que el diámetro de la tubería en este tipo de sistema es de 8 a 10 pulgadas.
- Después de crear el sistema de tuberías y colocar la malla geotéxtil, se añade una capa de relleno de grava con una mayor granulometría que la de la cama inicial. Esta capa debe sobrepasar el dren en al menos 0.10 a 0.15 metros.
- Para el armado del material filtrante del drenaje, se coloca una capa de relleno de arena fina que sobrepasa la capa anterior de grava en 0.20 a 0.30 metros.
- Finalmente, se rellena la zanja con el material deseado para construir los cimientos, incluyendo las vigas de amarre necesarias. Posteriormente, se procede a la construcción del entrecido del proyecto sobre esta base sólida (Cavilanes, 2020).

ESTRATEGIA 3: DRENAJE ESPINA DE PESCADO

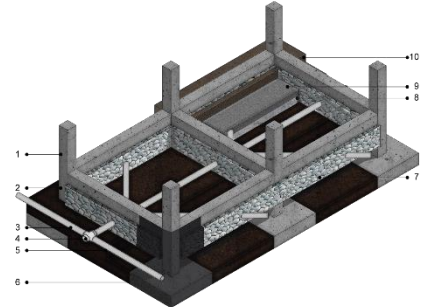
8

## TIPO DE HUMEDAD A RESOLVER

Es una solución aplicada antes de la construcción, se destaca por ser considerado un proceso definitivo que va entre los cimientos (Navarro, 2017). Es comúnmente utilizado en zapatas asidas, dadas y pilinos; se encarga de canalizar el agua subterránea cercana a la estructura de la construcción disminuyendo la posibilidad de erosión en los materiales constructivos, su principal característica es contar con tres conexiones de redes siendo estas las siguientes:

- Red principal: Es la conexión principal para el desfogue de agua canalizada.
- Red secundaria: Es aquella tubería de disposición centralizada entre los espacios de los cimientos, normalmente es colocada en el lado más largo de la obra.
- Red terciaria: Son las distribuciones con tuberías a 45°, su trabajo principal es canalizar el agua para llevarla a la red secundaria y finalizar en la red principal (Cavilanes, 2020).

## ISOMETRÍA DRENAJE ESPINA DE PESCADO



- Hormigón en columnas y vigas de amarre de 210 kgf/cm<sup>2</sup>.
- Suelo natural filtrante.
- Tubería lisa de PVC - policloruro de vinilo, con perforaciones de diámetro 2 mm, d= 5 mm.
- Conexión de PVC - policloruro de vinilo 90°, 4 empalmes.
- Malla geotéxtil de polipropileno con secciones de mm=0,2.
- Impermeabilizante de pintura asfáltica.
- Muro corrido de piedra - canto rodado d= 15-20 cm.
- Replanteo de hormigón simple de 140 kg/cm<sup>2</sup>.
- Grava granulométrica 3/4, d= 19 mm.
- Arena fina de granulometría pasante por malla No. 4 o de 4,75 mm.

ESTRATEGIA 3: DRENAJE ESPINA DE PESCADO

9

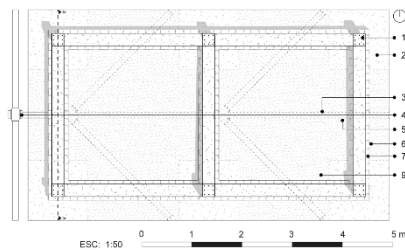
## Anexo 6: Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Hoja 8 y 9 – estrategias.

Fuente: Propia. Elaboración: Propia.

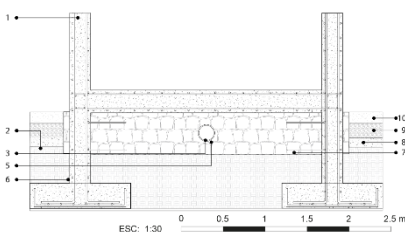
## CONSIDERACIONES

La disposición de este sistema suele utilizarse en terrenos de construcción pareada, siendo una de las más eficaces para recolectar agua de distintos espacios. Ubicado entre los cimientos, puede instalarse a nivel de la base de la cadena de amarre. Aunque es posible que ataviese el muro de piedra, se recomienda evitarlo para asegurar su efectividad y durabilidad.

## PLANTA DRENAJE ESPINA DE PESCADO



## SECCIÓN A-A DRENAJE ESPINA DE PESCADO



ESTRATEGIA 3: DRENAJE ESPINA DE PESCADO

10

# DRENAJE CON GEOTEXTIL

## Método Constructivo.

- El proceso constructivo del sistema de drenaje en terrenos con niveles freáticos elevados comienza con la evaluación detallada del terreno. Se lleva a cabo un estudio geotécnico para determinar las características del suelo, el nivel freático y la topografía del sitio. Este análisis permite identificar áreas con mayor retención de agua y potenciales problemas de infiltración, obteniendo información sobre la permeabilidad del suelo, la capacidad de drenaje y las características hidrogeológicas.
- En base a los resultados del estudio, se diseña el sistema de drenaje, seleccionando el tipo adecuado de geotéxtil y otros materiales, como tuberías perforadas y agregados granulares. Se calculan las dimensiones de las zanjas, la pendiente necesaria y la capacidad de las tuberías para manejar el volumen de agua.
- La preparación del terreno implica limpiar el área de trabajo, eliminando materiales sueltos, escombros y vegetación que puedan interferir con la construcción del sistema de drenaje. Luego, se excavan zanjas conforme al diseño establecido, garantizando que tengan la profundidad y pendiente adecuadas para facilitar el flujo de agua hacia los puntos de desague.
- En el fondo de la zanja se coloca una base de agregado granular de 1/2" o una capa de hormigón de limpieza, que proporciona una superficie estable para la instalación de las tuberías de drenaje. Se verifica que la pendiente de la base sea correcta para facilitar el flujo de agua, conectando las tuberías a un sistema de desague o sumidero adecuado.
- A continuación, se despliega el geotéxtil en el fondo y los lados de las zanjas, extendiéndolo más allá de los bordes para permitir su posterior pliegue y cubrimiento. Las uniones del geotéxtil se solapan al menos 30 cm para asegurar la continuidad y evitar la entrada de partículas finas. Se coloca una capa de material granular, como grava o piedra triturada, sobre el geotéxtil y las tuberías de drenaje. Este material se compacta adecuadamente para mantener su posición y funcionalidad. El geotéxtil se pliega sobre la capa superior de material granular, creando una barrera que previene la entrada de tierra y escombros en el sistema de drenaje.
- Posteriormente, se rellena la zanja con el material de excavación o un material adecuado, compactándolo correctamente para evitar asentamientos futuros y asegurar la estabilidad del terreno coincidiendo con el nivel del suelo circundante, garantizando una superficie uniforme.
- Finalmente, es necesario realizar una limpieza final del área de trabajo, asegurando que el sitio quede ordenado y retirando cualquier material sobrante. Se inspecciona el sistema de drenaje para asegurar que todas las conexiones estén correctamente selladas y que el flujo de agua sea eficiente, sin obstrucciones ni puntos de acumulación. Este proceso detallado garantiza que el sistema de drenaje funcione de manera eficiente, protegiendo las estructuras futuras de problemas de humedad y asegurando la estabilidad del terreno en áreas con niveles freáticos elevados (Cavilanes, 2020).

ESTRATEGIA 4: DRENAJE CON GEOTEXTIL

11

## Anexo 7: Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Hoja 10 y 11 – estrategias.

Fuente: Propia. Elaboración: Propia.

• TIPO DE HUMEDAD A RESOLVER

El drenaje con geotextil se utiliza tanto en la fase de construcción como en la fase posterior a la construcción para mejorar la gestión del agua en el suelo. Este sistema ayuda a reducir el porcentaje de humedad del suelo y la cantidad de agua en el sustrato producidos por el nivel freático o filtraciones, lo que permite resguardar la integridad de la construcción.

• ISOMETRÍA DRENAJE CON GEOTEXTIL EN ZAPATA AISLADA

1. Armado de columna, hierro corrugado, e=10mm.
2. Armado de columna, hierro corrugado, e=10mm.
3. Fundación de columna, hormigón armado 200 kgf.
4. Fundación de viga de cimentación, hormigón armado 210 kgf.
5. Armado de viga de cimentación, hierro corrugado, e=12mm.
6. Armado de viga de cimentación, hierro corrugado, e=12mm.
7. Muro exterior de piedra, h=0.40, h=0.50.
8. Fundación de zapata, hormigón armado 200 kgf.
9. Armado de zapata superior, hierro corrugado, e=12 mm.
10. Armado de zapata inferior, hierro corrugado, e=12 mm.
11. Siste de tubería, hormigón 180 kgf.
12. Tubería PVC.
13. Grava 3/4.
14. Geotextil.
15. Material impermeabilizante, lona asfáltica.
16. Hormigón de Empiezo 180 kgf, e=5cm.
17. Tierra natural.
18. Fundación de suelo exterior, e=10cm.
19. Agregado fino.
20. Monto de arena fina.
21. Armado de contrapiso superior, hierro corrugado, e=12mm.
22. Armado de contrapiso inferior, hierro corrugado, e=10mm.
23. Fundación de contrapiso.
24. Impermeabilizante.
25. Relleno de material granular, ripio de 3/4.
26. Relleno de material granular, piedra canto rodado.
27. Acabado interior de muro.
28. Muro de ladrillo.
29. Acabado exterior de muro.

ESTRATEGIA 4: DRENAJE CON GEOTEXTIL

• ISOMETRÍA DRENAJE CON GEOTEXTIL EN CIMENTACIÓN CORRIDA

• CONSIDERACIONES

Es una solución implementada antes de la construcción que envuelve la cimentación, impidiendo las afecciones causadas por la humedad proveniente del suelo. Este sistema puede variar según los materiales utilizados, lo que permite ajustar tanto los costos como la efectividad.

• PLANTA

ESTRATEGIA 4: DRENAJE CON GEOTEXTIL

## Anexo 8: Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Hoja 12 y 13 – estrategias.

Fuente: Propia. Elaboración: Propia.

• SECCIÓN A-A

• SECCIÓN B-B

ESTRATEGIA 4: DRENAJE CON GEOTEXTIL

Para los cálculos, se toma como referencia una cimentación con el nivel freático a 110 m de profundidad, con un ancho de zanja para el dren de 0.40 m y un largo de 1 m.

Especificación de espesores de materiales:

- Replanteo de hormigón simple e= 0.10m.
- Cama de grava 3/4 e= 0.50m.
- Cama de arena e= 0.20 m

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DRENAJE PERIMETRAL, PARALELO, ESPINA DE PESCADO Y DRENAJE CON GEOTEXTIL					
ITEM.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P UNITARIO	P TOTAL
1	Desbroce y limpieza del terreno	m <sup>2</sup>	0.6	6.33	3.8
2	Replanteo y nivelación	m <sup>2</sup>	0.6	3.4	2.04
3	Excavación de zanjas	m <sup>3</sup>	0.44	4.45	1.96
4	Compacción y nivelación	m <sup>2</sup>	0.4	0.72	0.29
5	Impermeabilizante en lámina	m <sup>2</sup>	1.6	4.64	7.42
6	Replanteo de hormigón simple 140 kg/cm <sup>2</sup>	H/m <sup>3</sup>	0.04	116.29	4.65
7	Tubería corrugada 331 mm	Ml	1	13.32	13.32
8	Geotextil	m <sup>2</sup>	2.3	6.72	15.45
9	Cama de grava 3/4	m <sup>3</sup>	0.2	27.91	5.58
10	Cama de arena fina	m <sup>3</sup>	0.08	13.75	1.1
11	Relleno de zanja	m <sup>3</sup>	0.12	6.38	0.77
12	Desalajo de materiales hasta 8km, incluye transporte y cargado manual	m <sup>3</sup>	0.44	9.61	4.23
1	Desbroce y limpieza del terreno	m <sup>2</sup>	0.6	6.33	3.8
PRECIO					60.61
VALORES Y ACCESORIOS VARIABLES				20%	12.1221
VALOR TOTAL POR M <sup>2</sup>					\$72.73

• NOTA:

Todos los valores económicos incluyen mano de obra y material, el costo total puede variar con los distintos agregados descritos en la sección 2 de este capítulo y con la profundidad a la que se encuentre el nivel freático.

ESTRATEGIA 4: DRENAJE CON GEOTEXTIL

## Anexo 9: Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Hoja 14 y 15 – estrategias.

Fuente: Propia. Elaboración: Propia.

# MURO PANTALLA

## Método Constructivo.

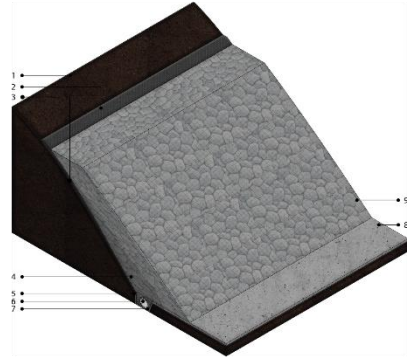
- Para iniciar se debe compactar y nivelar la superficie a cubrir.
- Una vez realizada la compactación y limpieza de la superficie se procede a generar el canal que se encontrará bajo el muro pantalla, ubicado en la parte baja de la pendiente o en el medio de la excavación. La zanja suele ser de forma trapezoidal para facilitar una recolección canalizada hacia el drenaje, y generalmente tiene una profundidad de 0.25 a 0.40 m. Este canal puede ser revestido con concreto para formar una carcasa resistente (puede incluir malla de refuerzo o no).
- Para crear una capa protectora se coloca una capa de geotextil en toda la superficie que estará en contacto con el muro pantalla, suele estar sujeta con clavos en la superficie como método preventivo.
- Una vez asegurada la malla, se procede a colocar una capa de grava gruesa con granulometría entre 20 a 40 mm y un grosor de 10 cm siendo esta la base para colocar el dren futuro, evitando así el contacto directo con el suelo, ya que este puede erosionar y taponar la tubería perforada.
- Se procede a colocar la tubería perforada en el canal. Esta puede ir envuelta con una malla geotextil para evitar taponamientos en las perforaciones o puede instalarse sin la malla, pero con la condición de que la capa de relleno o recubrimiento tenga una granulometría mayor a las perforaciones de la tubería.
- Posteriormente, se tapa el canal con grava de granulometría más gruesa que las perforaciones del tubo hasta el nivel 0 o de cadena de amarre.
- Una vez realizado el drenaje se coloca una capa de piedra de canto rodado combinado con aristas vivas y una malla hexagonal simulando un muro de gaviones.
- Como proceso preventivo se sugiere instalar armaduras de refuerzo verticalmente en la excavación, vinculadas con el refuerzo horizontal en la parte superior del muro, sin embargo este puede ser retenido con amarres de alambre número 18 entre cada canastilla que conforma la estructura del muro pantalla.
- En este tipo de estructura no es recomendable generar una capa de concreto entre los espacios, ya que se busca una filtración completa evitando el desplazamiento superficial del agua hacia la parte baja del muro, ya que este podría crear una saturación del espacio posterior de la construcción a proteger.
- Por último, para proteger el muro contra la erosión y agentes externos, se pueden aplicar recubrimientos especiales o sistemas de impermeabilización según las necesidades del proyecto, sin embargo es recomendable dejarlo descubierto para un desfogue total al interior del muro donde se ubica el sistema de canalización (Peck et al, 2009).

ESTRATEGIA 5: MURO PANTALLA

## TIPO DE HUMEDAD A RESOLVER

Esta solución se aplica tanto antes como después de la construcción, y se considera de carácter superficial y como método definitivo. Se utiliza especialmente en topografías con grandes pendientes o taludes. Su propósito consiste en evitar que la humedad proveniente del nivel freático y la gravedad en la topografía, llegue a la base de la zona de construcción. De este modo, su función principal es prevenir problemas de humedad por capilaridad y nivel freático, contribuyendo a la integridad y durabilidad de la estructura (Peck et al, 2009).

## ISOMETRÍA MURO PANTALLA



1. Suelo natural filtrante.
2. Capa de concreto fino  $e=2$  cm.
3. Doble malla geotextil de polipropileno con secciones de  $mm=0.2$ .
4. Muro de gaviones con canto rodado y aristas vivas con granulometría de 15 a 20 cm.
5. Canal de hormigón  $140 \text{ kg/cm}^2, e=5$  cm.
6. Tubería lisa de PVC - policloruro de vinilo, con perforaciones de diámetro 2 mm,  $d=$  tubería 24 cm,  $e=5$  mm.
7. Replanteo de hormigón  $140 \text{ kg/cm}^2$ .
8. Vereda de concreto  $e=5$  cm.
9. Malla hexagonal galvanizada de alambre No.18.

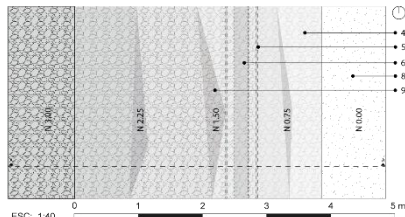
## Anexo 10: Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Hoja 16 y 17 – estrategias.

Fuente: Propia. Elaboración: Propia.

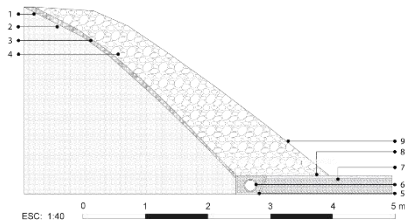
## CONSIDERACIONES

Esta estrategia se utiliza comúnmente para evitar deslizamientos de tierra provocados por la saturación en el terreno o talud. Sirve como método drenante, siempre y cuando cuente con un canal de recolección y desfogue del agua acumulada desde la superficie. Es importante destacar que, al ser similar a la construcción de muros de gaviones, este sistema tiende a ocupar mucho espacio en el terreno.

## PLANTA MURO PANTALLA



## SECCIÓN A-A MURO PANTALLA



ESTRATEGIA 5: MURO PANTALLA

Para los cálculos, se toma como referencia un muro pantalla ubicado en un talud de 1:40 m de profundidad, con un ancho de zanja para el dren de 0.40 m y un tergo de 1m.

## Especificación de espesores de materiales:

- Capa de mortero  $e=0.05$ m.
- Capa replanteo de hormigón  $140 \text{ kg/cm}^2 e=10$  cm.
- Cama de grava  $3/4 e=0.30$ m.
- Cama de arena espesor  $e=0.20$  m

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS MURO PANTALLA

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	Desbroce y limpieza del terreno	m <sup>2</sup>	1	6.33	6.33
2	Replanteo y nivelación	m <sup>2</sup>	1	3.4	3.4
3	Excavación de talud y zanja	m <sup>3</sup>	1.4	4.45	6.23
4	Compactación y nivelación	m <sup>2</sup>	1	0.72	0.72
5	Tubería corrugada 331 mm	MI	1	13.32	13.32
6	Geotextil	m <sup>2</sup>	2.4	6.72	16.13
7	Mortero cemento: cementina: arena 1:1:4	m <sup>3</sup>	0.08	124.33	9.95
8	Replanteo de hormigón 140 kg/cm <sup>2</sup>	H/m <sup>3</sup>	0.04	116.29	4.65
9	Relleno de grava 3/4	m <sup>3</sup>	0.12	27.91	3.35
10	Muro de canto rodado con malla hexagonal	m <sup>3</sup>	0.5	53.52	26.76
PRECIO					86.1856
VALORES Y ACCESORIOS VARIABLES					20%
VALOR TOTAL POR M2 DE INSTALACIÓN					103.42

## NOTA:

Todos los valores económicos incluyen mano de obra y material, el costo total puede variar con los distintos agregados descritos en la sección 2 de este capítulo y con la profundidad a la que se encuentre el nivel freático.

18

VALOR ESTRATEGIA 5: MURO PANTALLA

## Anexo 11: Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Hoja 18 y 19 – estrategias.

Fuente: Propia. Elaboración: Propia.

# MURO DE CONTENCIÓN

## Método Constructivo.

- En la parte posterior del muro de contención se dispone un material impermeabilizante con el objetivo de proteger la estructura del contacto directo con el suelo. En ocasiones, se utiliza una combinación de materiales impermeabilizantes para incrementar la protección y la durabilidad del muro frente a las filtraciones y la humedad del terreno circundante.
- Una vez que el muro de contención está adecuadamente protegido, se procede a la creación de un sistema de drenaje en su parte posterior. Este sistema tiene como propósito evacuar el agua acumulada detrás del muro, evitando la acumulación de presión hidrostática. Para ello, se coloca una capa de tierra natural de aproximadamente 40 cm de altura sobre la base del muro. No obstante, esta altura puede variar según los cálculos estructurales y las especificaciones del diseño.
- Sobre la capa de tierra natural se vierte una capa de hormigón, la cual actúa como soporte estructural para la tubería de PVC que se instala posteriormente. Este hormigón asegura la estabilidad de la tubería y garantiza que esta permanezca en su posición correcta durante el funcionamiento del sistema de drenaje.
- Una vez instalada la tubería de PVC, se procede a cubrirla con una malla de geotextil. Esta malla no solo envuelve la tubería, sino también la base de hormigón y los laterales de la zanja en la que se ubica el sistema de drenaje.
- Encima del geotextil, se deposita material granular grueso, como grava de ¾ de pulgada, que mejora la capacidad de filtrado del sistema. Este material es luego envuelto con el excedente de la malla de geotextil, lo que asegura que se mantenga en su lugar y continúe protegiendo el sistema de drenaje.
- A continuación, se vierte sobre el geotextil una capa de material granular más fino, o bien, una mezcla de materiales con diferentes granulometrías. Esta disposición crea un sistema de filtrado eficiente.
- En el nivel superior, a ras del suelo, es recomendable aplicar una capa final que puede consistir en material sintético o material granulométrico. Esta capa ofrece un acabado estético. Paralelamente, ayuda a prevenir la erosión y garantiza un mejor rendimiento del drenaje a largo plazo.
- Es esencial considerar la forma trapezoidal del drenaje, ya que esta configuración geométrica optimiza la capacidad del sistema para captar y dirigir una mayor cantidad de agua hacia la tubería. De esta manera, se minimiza el riesgo de que el agua se filtre por otros espacios hacia el muro de contención.

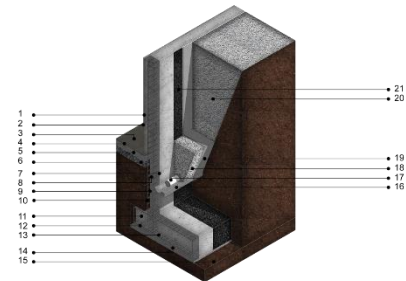
ESTRATEGIA 6: MURO DE CONTENCIÓN

20

## TIPO DE HUMEDAD A RESOLVER

Se utiliza en la construcción de espacios deprimidos, o de contacto directo con suelo elevado, se realiza en la fase de construcción, para contrarrestar las fuerzas de empuje del suelo. Dado a que el nivel superior del suelo y la profundidad de la excavación para los cimientos, el nivel freático es elevado por lo que es necesario el uso de un sistema de drenaje que permita la correcta evacuación del agua subterránea.

## ISOMETRÍA MURO DE CONTENCIÓN



- Mortero vertical: e=1.5cm.
- Acabado de pared.
- Acabado de piso.
- Mortero para piso, e=1.5cm.
- Fundición de contrapiso.
- Relevo de material granular.
- Fundición de muro corrido de hormigón armado 240 kg.
- Armado de muro corrido, hierro corrugado, e=10 mm.
- Armado de muro corrido, hierro corrugado, e=12 mm.
- Armado de muro corrido, hierro corrugado, e=14 mm.
- Fundición base de muro corrido de hormigón armado 240 kg.
- Armado de base inferior hierro corrugado, e=12 mm.
- Armado de base superior hierro corrugado, e=12 mm.
- Hormigón de limpieza 80 kg/m<sup>3</sup> en 5cm.
- Tierra natural.
- Base de tubería, hormigón simple 180 kg/m<sup>3</sup>.
- Tubería PVC.
- Grava ¾.
- Geotextil.
- Grava de menor tamaño.
- Lamina plástica.
- Fundición de casera, hormigón de 240 kg.
- Armado de casera, hierro corrugado e=10mm.
- Armado de casera, hierro corrugado, e=10mm.
- Muro corrido de piedra, b=0.40 h=0.50.

ESTRATEGIA 6: MURO DE CONTENCIÓN

21

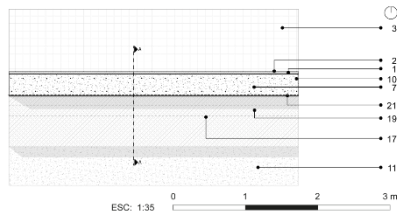
## Anexo 12: Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Hoja 20 y 21 – estrategias.

Fuente: Propia. Elaboración: Propia.

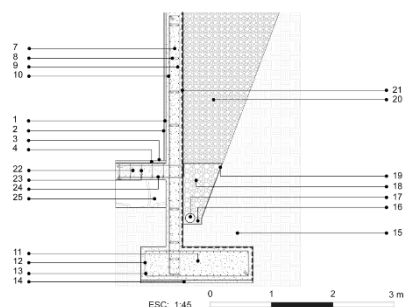
## CONSIDERACIONES

El sistema de drenaje es una solución que se implementa conjuntamente con la construcción del muro de contención durante la fase inicial del proyecto. Esta solución debe llevarse a cabo considerando todas las especificaciones necesarias. Es imprescindible impermeabilizar la superficie donde se ubica el drenaje para prevenir problemas de humedad causados por la capilaridad de los materiales.

## PLANTA MURO DE CONTENCIÓN



## SECCIÓN A-A, MURO DE CONTENCIÓN



ESTRATEGIA 6: MURO DE CONTENCIÓN

22

Para los cálculos se toma como referencia una cimentación con el nivel freático a 4.2 m de profundidad, con un ancho de base de 0.40 para la zanja, con un ancho de 1m en la parte superior un largo de 1 m.

## Especificación de espesores de materiales:

- Relevo de material natural e=0.40m.
- Replanteo de hormigón simple e= 0.10m.
- Camá de grava ¾ e= 1.20m.
- Camá de arena espesor en 2.40m.
- Relevo de Zanja e=0.10m.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DRENAJE MURO DE CONTENCIÓN					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	Impermeabilizante en lámina	m <sup>2</sup>	6,60	4,64	30,62
2	Rollono de tierra natural	m <sup>3</sup>	0,16	6,38	10,208
3	Replanteo de hormigón simple 140 kg/cm <sup>2</sup>	H/m <sup>3</sup>	0,04	116,29	4,65
4	Tubería corrugada 331 mm	Ml	1,00	13,32	13,32
5	Geotextil	m <sup>2</sup>	6,15	6,72	41,33
6	Camá de grava ¾	m <sup>3</sup>	0,60	27,91	16,75
7	Camá de arena fina	m <sup>3</sup>	1,92	13,75	26,40
8	Rollono de zanja	m <sup>3</sup>	0,09	6,38	0,57
9	Desalaje de materiales hasta 8km, incluye transporte y cargado	m <sup>3</sup>	3,20	9,61	30,75
PRECIO					165,4166
VALORES Y ACCESORIOS VARIABLES				20%	33,08332
VALOR TOTAL POR M2					198,50

## NOTA:

Todos los valores económicos incluyen mano de obra y material, el costo total puede variar con los distintos agregados descritos en la sección 2 de este capítulo y con la profundidad o la que se encuentre el nivel freático.

VALOR ESTRATEGIA 6: MURO DE CONTENCIÓN

23

## Anexo 13: Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Hoja 22 y 23 – estrategias.

Fuente: Propia. Elaboración: Propia.

# MURO PERFORADO

## Método Constructivo.

Este proceso consiste en colocar tuberías que atraviesan muros de contención, ya sea de hormigón armado o de piedra, durante la fase de construcción.

- En el caso de los muros de hormigón armado, tras la colocación del armado de hierro del muro de contención, se fijan las tuberías de manera transversal, asegurando una pendiente adecuada que facilite el drenaje por gravedad, de acuerdo con el diseño y cálculo estructural. Posteriormente, se asegura la hermeticidad de las tuberías y se protegen contra posibles obstrucciones durante el vertido del hormigón.
- El hormigón se vierte en capas sucesivas alrededor de la armadura y las tuberías de drenaje, compactando adecuadamente cada capa para evitar vacíos y garantizar la integridad estructural. La construcción se realiza en etapas, permitiendo que cada capa se cure antes de añadir la siguiente, hasta alcanzar la altura proyectada.
- En el lado interior del muro, se coloca un material filtrante, como grava, alrededor de los tubos de drenaje para evitar la obstrucción por partículas del suelo. Luego, se rellena el área detrás del muro con material de excavación o adecuado, compactándolo en capas para evitar asentamientos y garantizar la estabilidad del muro.
- Se aplica un acabado impermeabilizante en el lado exterior del muro para protegerlo de la infiltración de agua, prolongando su vida útil y manteniendo su integridad estructural. Todas las aberturas de drenaje deben ser visibles y accesibles para facilitar el mantenimiento y la inspección periódica del sistema.

- En el caso de los muros de contención de piedra, el proceso es similar, aunque las tuberías se instalan en cada capa durante la construcción, prestando especial atención a las fuerzas de presión que podrían afectarlas. Una vez finalizado el muro, se aplican las mismas consideraciones técnicas mencionadas en el caso del muro de hormigón armado.
- Esta estrategia también se emplea como una solución parcial en casos donde un muro se encuentra en contacto directo con el suelo y no cuenta con un sistema de drenaje previo. Para esto, se realiza un estudio preliminar para evaluar la viabilidad de perforar sin comprometer la resistencia del muro ni su armadura estructural.
- Utilizando equipos adecuados, se perfora el muro y se instalan tuberías en los orificios, asegurando su correcta instalación y sellado para permitir un drenaje efectivo del suelo. Se verifican las perforaciones para asegurar que no afecten la integridad estructural del muro, realizando ajustes si es necesario para mantener su estabilidad.
- Como medida complementaria se coloca en la base del muro una zanja o canal que permite la captación del agua que caen de las perforaciones (Yañez, 2008).

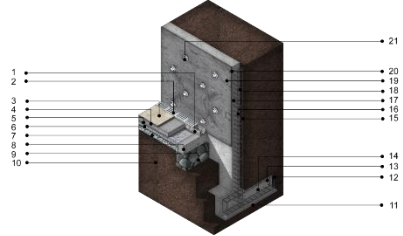
ESTRATEGIA 7: MURO PERFORADO

24

## TIPO DE HUMEDAD A RESOLVER

Es una solución aplicada generalmente después de una construcción al presentar problemas de acumulación de agua en patios o internamente, es considerado una solución permanente y debe ser diseñada para soportar cargas en la mayoría de casos, ya que suele estar ubicada en accesos de alto tráfico o parqueaderos. Se caracteriza por resolver problemas de capilaridad, filtración y acumulación.

## ISOMETRÍA MURO PERFORADO



- Canal de concreto para alto tráfico, e= 5 cm.
- Rejilla de hierro fundido, e= 2 cm.
- Acabado de piso.
- Mortero para piso.
- Fundición de contrapiso.
- Repleno granular 3/4.
- Bellido granular de canto rodado.
- Fundición de viga de cimentación.
- Muro corrido de piedra, b=0.40; h=0.50.
- Tierra natural.
- Hormigón de Impkcoz 180 kgf, e=5 cm.
- Armado de base, inferior hierro corrugado, e= 12 mm.
- Armado de base, superior hierro corrugado, e= 12 mm.
- Fundición base de muro corrido de hormigón armado 240 kgf.
- Armado de muro corrido, hierro corrugado, e= 12 mm.
- Armado de muro corrido, hierro corrugado, e= 14 mm.
- Fundición de muro corrido de hormigón armado 240 kgf.
- Armado de muro corrido, amarré hierro corrugado, e= 12 mm.
- Acabado de muro.
- Mortero de muro.
- Tapón PVC.
- Tubería lisa PVC.
- Armado de viga de cimentación, hierro corrugado, e= 10 mm.
- Armado de viga de cimentación, hierro corrugado, e= 12 mm.

ESTRATEGIA 7: MURO PERFORADO

25

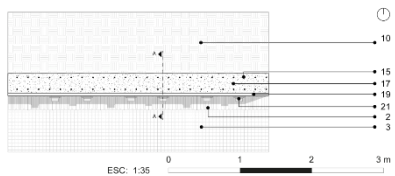
## Anexo 14: Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Hoja 24 y 25 – estrategias.

Fuente: Propia. Elaboración: Propia.

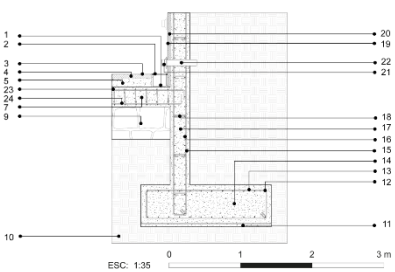
## CONSIDERACIONES

Es una solución que se aplica en el proceso de construcción del muro de contención, no obstante también puede ser aplicada como una medida correctiva para drenar el exceso del agua del sustrato, para ello se necesita realizar un estudio para ubicar de manera correcta los tubos sin que afecten la resistencia del muro.

## PLANTA MURO PERFORADO



## SECCIÓN A-A MURO PERFORADO



ESTRATEGIA 7: MURO PERFORADO

26

Para los cálculos se toma como referencia una el nivel freático que se encuentra tras un muro construido de 3m de alto y tomando una sección longitudinal de 3m. Paralelamente se calcula la implantación de una zanja de recolección de agua ubicado a lo largo de la base del muro.

Especificación de espesores de materiales:

- Ancho de muro 0.30m.
- Profundidad del canal 0.15m.
- Ancho del Canal 0.15m.
- Tuberías de PVC de 100mm.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS MURO PERFORADO					
ITEM.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	Picado de muro	m3	0.32	1.5	0.48
2	Tubería	MI	3.2	6.28	20.1
3	Riscane	m2	0.08	0.8	0.06
4	Picado de suelo	m3	0.68	13.32	8.99
5	Canal de hormigón	m3	0.03	6.72	0.18
6	Impermeabilizante	m2	2.1	4.54	9.53
7	Rejilla de hierro fundido 3'0.15'0.02 m	Unj	1	130	130
8	Desajigo de residuos	m3	1	20	20
PRECIO					189.3464
VALORES Y ACCESORIOS VARIABLES				20%	37.8692
VALOR TOTAL POR M2					227.21

## NOTA:

Todos los valores económicos incluyen mano de obra y material, el costo total puede variar con los distintos agregados descritos en la sección 2 de este capítulo y con las especificaciones técnicas de los muros.

VALOR ESTRATEGIA 7: MURO PERFORADO

27

## Anexo 15: Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Hoja 26 y 27 – estrategias.

Fuente: Propia. Elaboración: Propia.

# ZANJA O CANAL

## Método Constructivo.

- Antes de iniciar, se debe mencionar de la existencia de tres escenarios posibles en esta solución, siendo el primero donde ya exista una construcción, el segundo cuando apenas se comienza la construcción y el último caso cuando existe la construcción pero se puede generar la rejilla en un espacio lateral a la obra:
- En caso de que ya exista la construcción, se debe buscar la superficie horizontal afectada por acumulación de agua, procediendo a verificar no estar cerca de espacios que afecten a la estructura del objeto, ya que existe la chapa de compresión en la losa de contrapiso, es por ello que en este escenario se recomienda hacer una rejilla pequeña como sumidero en el centro de la acumulación para evitar la mayor afectación posible; posteriormente se debe identificar la fuente más cercana para el desfogue o conexión de canalización. Una vez realizado el estudio se realiza un trazo perfecto para generar el corte liso.
- En el segundo escenario se genera la zanja antes del fundido de contrapiso, para generar las conexiones necesarias y buscar una complementación estructural entre la zanja y el contrapiso.
- En la última escena es posible la excavación y suele ser utilizada en entradas de casas con superficies de suelo natural o de grava.
- Para todas las escenas el punto principal es identificar el área o zona a instalar el canal para el trazado adecuado en el mismo.
- Se genera el canal que tendrá una profundidad de 25 a 40 cm por un ancho desde 25 a 50 cm, en casos de sumideros estos suelen tener medidas menores para colocar inicialmente la conexión con tuberías de desfogue.
- Una vez creadas las instalaciones se procede a verter una capa de grava que cubre a la tubería hasta dejar solo la superficie de conexión.
- Cuando la capa de grava esté nivelada se coloca una capa de geotextil en toda la superficie que estará en contacto con la grava y el canal de concreto a instalar.
- Una vez asegurada la mallita, se procede a colocar una capa de concreto, este puede ser un canal prefabricado o generado con una mallita interna para una correcta función y evitar desplazamientos futuros por la compresión del material.
- Cuando el canal esté liso y seco, como sugerencia se coloca una capa de pintura impermeabilizante para proteger la superficie del objeto.
- Por último, se tapa el canal con una rejilla de fácil acceso para futuros mantenimientos del canal, ya que materiales granulométricos pueden tapar el canal.
- Se destaca que el canal puede tener una conexión de tubería o un desfogue por pendiente, para evitar acumulaciones superficiales (Echeverry, 2024).

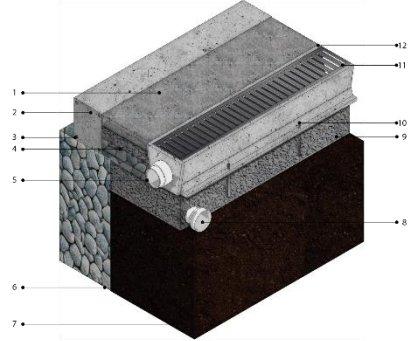
ESTRATEGIA 8: ZANJA O CANAL

28

## TIPO DE HUMEDAD A RESOLVER

Es una solución aplicada generalmente después de una construcción al presentar problemas de acumulación de agua en patios o internamente, es considerado una solución permanente y debe ser diseñada para soportar cargas en la mayoría de casos, ya que suele estar ubicada en accesos de alto tráfico o parqueaderos. Se caracteriza por resolver problemas de coplandad, filtración y acumulación (Cuadros & Vargas, 2022).

## ISOMETRÍA ZANJA O CANAL



- Hormigón de apoyo de entrada vehicular de 140 kgf/cm<sup>2</sup>.
- Hormigón en columnas y vigas de amarre de 210 kgf/cm<sup>2</sup>.
- Varillas de hierro  $\phi$  12 mm.
- Grava granulométrica 3/4,  $d=15$  cm.
- Conexión de PVC - policloruro de vinilo 90°, 2 empalmes.
- Muro corrido de piedra - canto rodado con granulometría de 15-20 cm.
- Suelo natural.
- Codo PUSH de PVC - policloruro de vinilo 90°,  $e=5$  mm.
- Grava granulométrica 3/4,  $d=19$  mm.
- Varillas de anclaje de 12 mm.
- Rejilla metálica  $e=2$  cm.
- Canal de concreto para alto tráfico,  $e=5$  cm.

ESTRATEGIA 8: ZANJA O CANAL

29

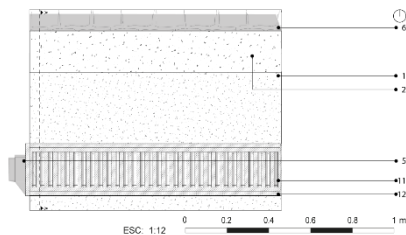
## Anexo 16: Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Hoja 28 y 29 – estrategias.

Fuente: Propia. Elaboración: Propia.

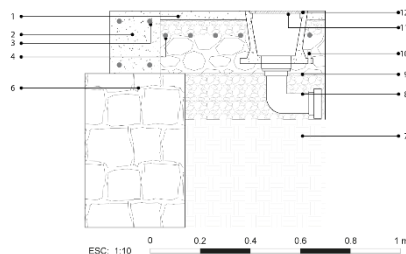
## CONSIDERACIONES

Esta solución es la más utilizada en patios y accesos debido a su eficacia y versatilidad. En ella, se pueden emplear desde canales prefabricados hasta sistemas de goteo con grava. Actualmente, el sistema de drenaje se coloca a unos 30 cm de la superficie y se cubre con grava para proporcionar un toque estético, comúnmente integrado en el diseño de jardines.

## PLANTA ZANJA O CANAL



## SECCIÓN A-A ZANJA O CANAL



ESTRATEGIA 8: ZANJA O CANAL

30

Para los cálculos, se toma como referencia una profundidad de 0.40 m de profundidad zanja y de 0.40 de profundidad de conexión de tuberías, con un ancho de zanja para el dren de 0.40 m y un largo de 1 m, constando con instalación de conexión.

## Especificación de espesores de materiales:

- Replanteo de hormigón simple  $e=0.10$ m.
- Relleno de grava 3/4  $e=0.40$ m.

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS ZANJA O CANAL

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P UNITARIO	P TOTAL
1	Destroce y Limpieza del Terreno	m <sup>2</sup>	1.00	6.33	6.33
2	Replanteo y Nivelación	m <sup>2</sup>	1.00	3.40	3.40
3	Excavación de Zanja	m <sup>3</sup>	0.50	4.45	2.23
4	Compactación y nivelación	m <sup>2</sup>	1.00	0.72	0.72
5	Canal de concreto 13	m	1.00	23.66	23.66
6	Conexión desfogue de PVC	u	1.00	7.05	13.32
7	Camá de grava 3/8	m <sup>3</sup>	0.50	27.91	13.96
8	Mortero cemento : cementina : arena 1:1:4	m <sup>3</sup>	0.5	124.33	62.16
9	Relleno de zanja	m <sup>3</sup>	0.25	6.38	1.60
10	Desajolo de materiales hasta 8km, incluye transporte y cargado manual	m <sup>3</sup>	0.20	9.61	1.92
PRECIO					129.292
VALORES Y ACCESORIOS VARIABLES					20%
VALOR TOTAL POR M <sup>2</sup>					165.15

## NOTA:

Todos los valores económicos incluyen tanto la mano de obra como los materiales. El costo total puede variar en función de los distintos agregados descritos en la sección 2 de este capítulo, así como de la profundidad a la que se encuentre el nivel freático. Cabe destacar que, en esta metodología, es posible fabricar una rejilla utilizando varillas soldadas.

VALOR ESTRATEGIA 8: ZANJA O CANAL

31

## Anexo 17: Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Hoja 30 y 31 – estrategias.

Fuente: Propia. Elaboración: Propia.

## DRENAJE SIMPLE

Método Constructivo.



- El proceso inicia con una excavación de zanjas a la profundidad indicada por el técnico.
- Se realiza la compactación de su base.
- Se funde una capa de hormigón de limpieza.
- Colocación del geotextil antes de agregar el material granular.
- Verter el material granular, luego se cubre el material granular con el excedente del geotextil, envolviéndolo adecuadamente.
- Finalmente, se coloca el material común sobre el geotextil para completar el proceso (Gavilanes, 2020).

**• VENTAJAS**

- Propiedad de resistencia a cargas y deformaciones.
- Capacidad de filtración y resistencia química.

**• DESVENTAJAS**

- Impacto ambiental por material sintético de polipropileno.
- El precio varía según el tipo, siendo desde 1,50 dólares americanos el m<sup>2</sup>.

**• CONSIDERACIONES**

Puede ser instalado únicamente con el agregado sin la implementación de la tubería o el geotextil.

Se puede implementar junto con el agregado o el uso de tuberías.

Se puede implementar junto al agregado o el uso de geotextil (Gavilanes, 2020).

**• VALOR DEL MATERIAL**

El costo de la instalación se ve afectado por el material adicional implementado en el drenaje al momento de rellenar la zanja. Si se utiliza únicamente ripio de 3/4 en una excavación de b = 0,4m, h = 0,6m y un a = 1m, el valor promedio es de \$5,40. En caso de agregar únicamente una tubería, el valor añadido asciende a \$13,60.

Por último, si el drenaje cuenta únicamente con ripio y la malla geotextil, el valor estimado es de \$6,72. El relleno con ripio y el uso de tubería tiene un valor de \$9,00, mientras que el relleno con ripio y uso de geotextil tiene un valor de \$2,12. Cabe señalar que estos precios referenciales no incluyen mano de obra ni transporte.




ESC: 1:20 0 0,50 1m

ALTERNATIVA 1: DRENAJE SIMPLE

32

## TUBERÍA LISA

Método Constructivo.



- El proceso inicia con una excavación de zanjas a la profundidad indicada.
- Se realiza la compactación de su base.
- Se funde una capa de hormigón de limpieza.
- Colocación del geotextil antes de agregar el material granular.
- Verter el material granular.
- Luego, se cubre el material granular con el excedente del geotextil, envolviéndolo adecuadamente, para finalmente rellenar la zanja o canal.

**• VENTAJAS**

- Propiedad de resistencia a cargas y deformaciones.
- Capacidad de filtración y resistencia química.

**• DESVENTAJAS**

- Impacto ambiental por material sintético de polipropileno.
- El precio varía según el tipo, siendo desde 1,50 dólares americanos el m<sup>2</sup>.

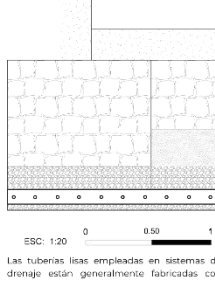
**• CONSIDERACIONES**

Puede ser instalado con agregados o cubriendo tuberías y superficies drenantes (Llorente, 2003).

**• VALOR DEL MATERIAL**

El costo de la instalación se ve afectado por el material de la tubería. Si se utilizan tuberías de PVC o policloruro de vinilo, el tiempo estimado de utilidad es de 75 a 100 años, debido a su mayor resistencia. Sin embargo, considerando esto, el costo por metro lineal de tubería lisa en PVC es de \$13,60, destacando que la tubería normalmente se comercializa en secciones de 6 ML, lo que resulta en un costo total de \$81,60. Precios referenciales no incluyen mano de obra ni transporte.

Las tuberías lisas empleadas en sistemas de drenaje están generalmente fabricadas con PVC o policloruro de vinilo, polietileno, o polipropileno. El PVC es comúnmente utilizado para instalaciones subterráneas, mientras que el polipropileno es adecuado para cargas pesadas. Todos estos materiales tienen una base plástica, lo que les otorga una vida útil que puede superar los 500 años. Sin embargo, su durabilidad puede verse comprometida por la exposición a agentes químicos y las cargas durante la instalación (Pantigoso, 2021).



ESC: 1:20 0 0,50 1m

ALTERNATIVA 2: TUBERÍA LISA


33

### Anexo 18: Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Hoja 32 y 33 – alternativas.

Fuente: Propia. Elaboración: Propia.

## TUBERÍA CORRUGADA

Método Constructivo.



- Excavación de zanjas a la profundidad correspondiente según el tipo de funcionalidad.
- Se genera la pendiente correspondiente al nivel de desflujeo deseado.
- Se compacta el suelo para crear una cama de hormigón simple de 0,05m de espesor.
- Colocar la tubería sola o envuelta, se recomienda que el diámetro sea 110 mm.
- Una vez generado el sistema de tuberías se cubre con grava, para posteriormente crear una capa arenosa de 0,10 m a 0,20 m.
- Por último se procede a cubrir la zanja con tierra.

**• VENTAJAS**

- Buena resistencia química.
- Ligera y de mejor filtración.
- Excelente resistencia mecánica.

**• DESVENTAJAS**

- La superficie corrugada reduce la capacidad de flujo.
- Susceptible o deformarse bajo carga.
- Su vida útil puede afectarse en suelos altamente abrasivos.

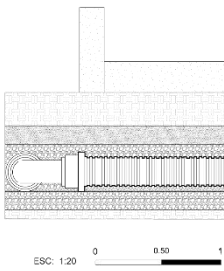
**• CONSIDERACIONES**

- Determinar el material más adecuado según cargas a resistir (HDPE, PP, o PVC).
- Diseñar el sistema con una pendiente suficiente para asegurar un flujo adecuado (Pantigoso, 2021).

**• VALOR DEL MATERIAL**

Si se utilizan tuberías de PVC o policloruro de vinilo, el tiempo estimado de utilidad es de 50 a 75 años para acciones de superficie corrugada. Varían su costo desde \$27,84 hasta \$17,77 por 6 ML. Considerando esto, el costo por ML de tubería corrugada en PVC es desde \$4,64 hasta \$19,62. Estos precios referenciales no incluyen mano de obra ni transporte.

Las tuberías corrugadas utilizadas en sistemas de drenaje están fabricadas generalmente con PVC o policloruro de vinilo, polietileno, o polipropileno. El PVC y el polietileno están diseñados para instalaciones subterráneas, mientras que el polipropileno es adecuado para cargas pesadas. La base de todos estos materiales es plástica, lo que les confiere una vida útil de 500 años (Llorente, 2003).




ESC: 1:20 0 0,50 1m

ALTERNATIVA 3: TUBERÍA CORRUGADA

34

## MORTERO IMPERMEABILIZANTE

Método Constructivo.



- Como paso inicial se excavan zanjas a la profundidad requerida, generalmente de 0,80 a 0,40 m de profundidad.
- Una vez realizada la zanja se compacta la base.
- Se vierte una capa de hormigón de limpieza.
- Con la capa de hormigón ya fraguada se aplica una capa de mortero impermeabilizante sobre la base y los lados donde se desea proteger de la humedad.
- Una vez seca la capa de impermeabilizante se coloca una tubería de drenaje perforada en el centro de la zanja, esta puede ser rodeada por geotextil o material granular.
- Se agrega material granular alrededor y sobre la tubería de drenaje, esta puede ser grava con granulometría de 3/4 para evitar el taponamiento de los orificios de la tubería.
- Para asegurar una correcta filtración se coloca grava de mayor granulometría y después una capa de arena.
- Finalmente, se cubre con una capa de tierra o césped para completar el proceso.

**• VENTAJAS**

- El mortero hidrófugo proporciona una excelente barrera contra la humedad.
- Alta resistencia y durabilidad debido a las propiedades hidrófugas.
- Protege el sistema de drenaje contra la infiltración de agua.

**• DESVENTAJAS**

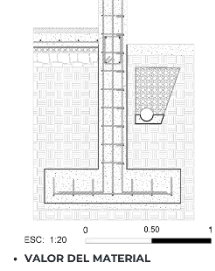
- El uso de mortero hidrófugo puede incrementar significativamente el costo del proyecto.
- Requiere una aplicación cuidadosa y uniforme del mortero hidrófugo.

**• CONSIDERACIONES**

- Mantenimiento: Generalmente, requiere menos mantenimiento debido a la impermeabilidad del mortero hidrófugo.
- Aplicaciones: Ideal para áreas con problemas graves de humedad y donde se necesita una solución de drenaje altamente eficaz (Morán, 2019).

**• VALOR DEL MATERIAL**

El mortero impermeabilizante se puede encontrar en el mercado en distintas presentaciones. Su precio referencial es de \$14,30 por m<sup>2</sup> en base al rendimiento promedio. Cabe señalar que estos precios referenciales no incluyen mano de obra ni transporte.



ESC: 1:20 0 0,50 1m

ALTERNATIVA 4: MORTERO IMPERMEABILIZANTE

35

### Anexo 19: Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Hoja 34 y 35 - alternativas.

Fuente: Propia. Elaboración: Propia.

## LÁMINAS PLÁSTICAS

**Método Constructivo.**

- Se procede a sellar fisuras y poros en cimentaciones o superficies a intervenir.
- Se limpia la superficie y se verifica que esto lo más nivelada posible.
- Se aplica un pegamento compatible con el PVC y no alterable ante la presencia de agua.
- Se colocan las láminas con un traslape de 10 a 20 cm.
- Por último se procede a llenar la zanja con el material deseado.

**VENTAJAS**

- Capacidad de adaptación por su flexibilidad.
- Facilidad de instalación.
- Puede usarse en espacios superficiales o subterráneos.

**DESVENTAJAS**

- El plástico con el tiempo se degrada y crea filtraciones.
- Precio más elevado que los métodos líquidos.
- La mala instalación crea filtraciones.

**CONSIDERACIONES**

Puede instalarse en cualquier superficie, pero se recomienda utilizar una capa de protección, como un geotextil, sobre las láminas de PVC para prevenir daños mecánicos durante el relleno (Morán, 2019).

**VALOR DEL MATERIAL**

El rollo de lámina plástica de 2 m de largo y 3 mm de espesor está a \$120, escogiendo el costo más alto por variables el costo por m<sup>2</sup> sería de \$60. Cabe señalar que estos precios referenciales no incluyen mano de obra ni transporte.

Puede tener una cara adhesiva o colocarse con un pegamento a fin al mismo y a la superficie con la que se va a aplicar, viene en rollo con formatos desde 1 m de ancho x 2 a 10 m de largo (Morán, 2019).

ESC: 1:20 0 0.50 1m

ALTERNATIVA 5. LÁMINAS PLÁSTICAS

36

## LÁMINA DRENANTE

**Método Constructivo.**

- Para tener acceso a los cimientos se excavan zanjas a la profundidad requerida y se compacta la base.
- Una vez la base este nivelada se vierte una capa de hormigón de limpieza.
- Cuando el hormigón este seco y sin grietas se coloca la lámina drenante en el fondo y a los lados donde se desea proteger de la humedad.
- Se agrega material granular sobre la lámina drenante.
- Se coloca una tubería de drenaje perforada en el centro del material granular. Se cubre la tubería de drenaje con más material granular hasta el nivel del suelo.
- Finalmente, se cubre con una capa de tierra o césped para completar el proceso.

**VENTAJAS**

- Facilita un drenaje eficiente del agua.
- Protege la tubería de drenaje de obstrucciones por sedimentos.
- Mayer resistencia y durabilidad comparado con sistemas sin lámina drenante.

**DESVENTAJAS**

- El uso de láminas drenantes puede incrementar el costo inicial del proyecto.
- Requiere más precisión en la instalación para asegurar que este adecuadamente colocada.

**CONSIDERACIONES**

- Requiere menos mantenimiento comparado con sistemas sin lámina drenante debido a su mayor eficiencia y protección contra obstrucciones.
- Ideal para áreas con alto riesgo de acumulación de agua y en proyectos donde se requiere una solución de drenaje de alta eficiencia (Navarro, 2017).

**VALOR DEL MATERIAL**

La lámina drenante se vende en rollos de 2 m de ancho y 20 m de largo, lo que permite cubrir una superficie de 40 m<sup>2</sup>. El rollo tiene un valor promedio de \$290, lo que da como resultado un precio de \$7.25 por m<sup>2</sup>. Cabe señalar que estos precios referenciales no incluyen mano de obra ni transporte.

ESC: 1:20 0 0.50 1m

ALTERNATIVA 6. LÁMINA DRENANTE

37

### Anexo 20: Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Hoja 36 y 37 – alternativas.

Fuente: Propia. Elaboración: Propia.

## IMPERMEABILIZACIÓN CON BREA

**Método Constructivo.**

- Se excavan zanjas a la profundidad requerida.
- Se compacta la base posteriormente se vierte una capa de hormigón de limpieza.
- Se aplica una capa de brea en las paredes y el fondo de la zanja para impermeabilizar.
- Después se coloca una tubería de drenaje perforada en el centro de la zanja.
- Alrededor y sobre la tubería de drenaje se agrega material granular.
- Finalmente, se cubre con una capa de tierra o césped para completar el proceso.

**VENTAJAS**

- Proporciona una excelente barrera contra la humedad y la infiltración.
- Alta resistencia y durabilidad debido a las propiedades impermeabilizantes de la brea.
- Protege el sistema de drenaje contra la humedad y la penetración del agua.

**DESVENTAJAS**

- El uso de brea puede incrementar significativamente el costo del proyecto.
- La aplicación de brea puede ser complicada y requiere precauciones especiales debido a su naturaleza pegajosa y tóxica.

**CONSIDERACIONES**

- Generalmente, requiere menos mantenimiento debido a la impermeabilidad de la brea.
- Ideal para áreas con problemas graves de humedad y donde se necesita una solución de drenaje altamente eficaz (Morán, 2019).

**VALOR DEL MATERIAL**

La brea se comercializa en varias presentaciones: galones, latas y tambores. El galón tiene un valor referencial de \$40 y un rendimiento de cobertura de 7.5 m<sup>2</sup>, lo que se traduce en un consumo aproximado de 0.5 litros por m<sup>2</sup>.

La brea es un material derivado del alquitrán, que se obtiene principalmente por la destilación de la hulla o de la madera. Es conocida por su consistencia viscosa y su color oscuro, y se utiliza en varios sectores industriales y de construcción debido a sus propiedades impermeabilizantes y adhesivas (Morán, 2019).

ESC: 1:20 0 0.50 1m

ALTERNATIVA 7. IMPERMEABILIZACIÓN CON BREA

38

## PINTURA ASFÁLTICA

**Método Constructivo.**

- Limpiar la superficie a intervenir.
- Reparar grietas y dejar secar.
- Passar la primera capa de pintura asfáltica según las recomendaciones del fabricante.
- Crear una segunda capa para una mayor cobertura de la superficie.
- Dejar secar y proceder a colocar una superficie protectora (láminas de PVC o la malla geotextil).

**VENTAJAS**

- Listo para usar.
- Alta adherencia en superficies con agua o humedad.
- Protege al hormigón de agentes agresivos de la atmósfera (CO<sub>2</sub>) y (sulfatos).

**DESVENTAJAS**

- El tiempo de secado puede ser prolongado.
- Requiere la aplicación de varias capas para asegurar una impermeabilización efectiva.
- Tiempo de utilidad corto.

**CONSIDERACIONES**

- Se recomienda colocar malla entre las capas de pintura para brindar un mayor soporte (Alayo, 2021).

**VALOR DEL MATERIAL**

El costo es dado por el envase contenedor de la pintura, sin embargo, un bote promedio está entre \$16 a \$25 en marcas de gama media, mientras que en marcas de gama alta el valor económico se encuentra entre los \$69 a \$103. Se destaca que no se puede dar un valor por m<sup>2</sup> debido a la cantidad de capas necesarias a aplicar según el caso.

La pintura asfáltica se emplea comúnmente en superficies de azoteas planas. Sin embargo, debido a la exposición solar, requiere mantenimiento anual. Este material se utiliza para impermeabilizar diversas superficies, aunque su costo puede ser elevado debido a la necesidad de aplicar varias capas. Es por ello, que es importante considerar su uso en cimentaciones, ya que estarán en constante erosión por el agua y los agentes químicos presentes en el suelo (Caprio, 2018).

ESC: 1:20 0 0.50 1m

ALTERNATIVA 8. IMPERMEABILIZACIÓN CON PINTURA ASFÁLTICA

39

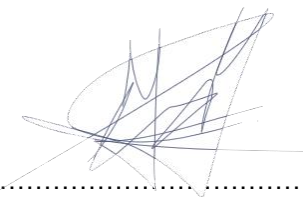
### Anexo 21: Guía de impermeabilización de cimientos y muros: Hoja 38 y 39 – alternativas.

Fuente: Propia. Elaboración: Propia.

## AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

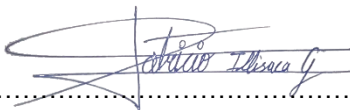
Nosotros, **Pamela Stephany Cabrera González** y **Kevin Patricio Illisaca Gallego** portadores de las cédulas de ciudadanía N.º 0150558773 y 0106824980. En calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “**Desarrollo de una guía de soluciones integradas para la prevención de patologías de humedad en cimientos y muros: El papel crucial del dren perimetral y geotextil en la ciudad de Cuenca**” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconocemos a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizamos a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **18 de septiembre de 2024**

F: 

Pamela Stephany Cabrera González

0150558773

F: 

Kevin Patricio Illisaca Gallego

0106824980