



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Propuesta de diseño de un drenaje pluvial para evitar las
inundaciones en la cuenca Monterrico, urbanización Miraflores,
Castilla – 2023**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Yovera Risco, Richard Javier (orcid.org/0000-0002-0289-5755)

ASESOR:

Dr. Alzamora Román, Hermer Ernesto (orcid.org/0000-0002-2634-7710)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

PIURA – PERÚ

2023

Dedicatoria

A Dios por su ayuda en cada momento de mi vida, a todos los que me apoyaron en esta tarea y especialmente a mis padres, hijos, familia y amigos por brindarme su apoyo incondicional en la vida diaria y académica. A nuestros docentes que me brindaron sus conocimientos durante estos años de vida universitaria y ayudaron en este nuevo logro profesional.

Agradecimiento

A mis docentes UCV, que han aportado a lo largo de nuestra vida profesional conocimientos, enseñanzas que nos han formado como unos estudiantes consolidados.

A nuestra casa de estudios, por albergarnos y forjarnos las bases de nuestras vidas profesionales.

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	iii
Índice de gráficos y figuras.....	iv
Resumen.....	v
Abstract.....	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	11
3.2. Variables y operacionalización	12
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	15
3.5. Procedimientos	16
3.6. Método de análisis de datos	16
3.7. Aspectos éticos.....	17
IV. RESULTADOS	17
V. DISCUSIÓN	65
VI. CONCLUSIONES.....	67
VII. RECOMENDACIONES	68
REFERENCIAS.....	69
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1	Valor en coordenadas UTM de las poligonales de la Zona en estudio....	21
Tabla 2	Ficha registro topográfico	21
Tabla 3	Ficha de recolección de dimensiones del drenaje	34
Tabla 4	Relación detallada de calicatas ejecutadas.....	42
Tabla 5	Pruebas de mecánica de suelos	43
Tabla 6	Resumen de valores de ensayos	45
Tabla 7	Suelos expansivos.....	50
Tabla 8	Estación meteorológica	53
Tabla 9	Precipitación máximas estación Miraflores (2016 – 2023), datos parciales.....	54
Tabla 10	Coeficientes de escorrentía - Método racional	59
Tabla 11	Datos de la cuenca Monterrico	62
Tabla 12	Cálculo Tiempo concentración (Tc)	63
Tabla 13	Coeficiente de escorrentía – Método racional	63
Tabla 14	Cálculo de caudal de escurrimiento.....	64

Índice de gráficos y figuras

Figura 1 Ubicación de la zona en estudio – Línea del Dren Pluvial.....	19
Figura 2 Plano de ubicación de la zona en estudio – Línea del Dren Pluvial	20
Figura 3 Perfil longitudinal del Dren Pluvial existente.....	34
Figura 4 Perfil longitudinal proyección de drenaje.....	35
Figura 5 Promedio anual	58
Figura 6 Ejemplo de área tributaria	60

Resumen

Este proyecto en resumen tiene como objetivo general proponer el diseño de un drenaje de aguas pluviales, que permita evitar las inundaciones en la cuenca Monterrico, Urbanización Miraflores, Castilla - 2023. La metodología que se utilizó en la investigación es aplicada, de nivel descriptiva y con diseño de investigación pre experimental, la población corresponde a las calles 16, 19 y 22 de la II Etapa de la Urbanización Miraflores del distrito de Castilla, Provincia y Departamento de Piura, donde se obtuvo por medio de las fichas de registro topográfico, los puntos previo levantamiento topográfico en campo y elaboración de planos, teniendo en cuenta la Norma CE. 040; lográndose determinar que el drenaje existente el cual descarga por gravedad es insuficiente e incluso ha colapsado en el último evento de lluvias registradas, la pendiente y perfil longitudinal del área donde se proyectará el nuevo drenaje pluvial, con una pendiente de -0.12 por ciento y una longitud de 419.670 m. El gráfico de análisis, creado con el programa informático AutoCAD Civil3D, indica que si existe una pendiente de salida por gravedad, también se realizó el estudio de suelos consistente en hacer calicatas para obtener las muestras necesarias e inmediatamente transportarlas al laboratorio de mecánica de suelos y analizarlas con diversos ensayos para conocer sus propiedades químicas y físicas del suelo; asimismo, de la mano con los datos de SENAMHI se obtuvo información de las precipitaciones que han ocurrido en la ciudad de Piura.

Palabras clave: Drenaje, pluvial, inundaciones.

Abstract

In summary, the general objective of this project is to propose the design of a storm water drainage system to prevent flooding in the Monterrico basin, Urbanización Miraflores, Castilla - 2023. The methodology used in the research is applied, descriptive and with a pre-experimental research design, the population corresponds to the streets 16, 19 and 22 of the II Stage of the Miraflores Urbanization of the district of Castilla, Province of Piura, where it was obtained by means of the topographic record cards, the points previous topographic survey in the field and elaboration of plans, taking into account the CE Norm. 040; it was determined that the existing drainage, which discharges by gravity, is insufficient and has even collapsed in the last recorded rainfall event, the slope and longitudinal profile of the area where the new storm drainage will be projected, with a slope of - 0.12 percent and a length of 419.670 m. The analysis graph, created with the AutoCAD Civil3D software, indicates that there is a gravity outlet slope. A soil study was also carried out, consisting of digging pits to obtain the necessary samples and immediately transport them to the soil mechanics laboratory and analyze them with various tests to determine the chemical and physical properties of the soil; also, information on the rainfall that has occurred in the city of Piura was obtained from SENAMHI data.

Keywords: Drainage, pluvial, floods.

I. INTRODUCCIÓN

La acumulación de aguas por causas diversas que llenan espacios que usualmente no tienen la presencia de éstas; ya sean por las lluvias, las crecidas de ríos, lagos, mares, entre otros, generan las inundaciones (RAE, 2022), el cual es un problema que se presenta en los diferentes lugares del mundo. Según la UNAM, (2023, Abril 23) en su portal actualizado hace referencia al Centro Nacional de Comunicaciones, Secretaría de Gobernación al referirse a las inundaciones, como las consecuencias de intensas lluvias que se dan en las regiones del país, que por su duración e intensidad, en escaso tiempo pueden generar inundaciones, van a afectar a la población que tienen sus viviendas ubicadas de manera inadecuada en estas zonas, generando desastres, por lo cual se hace necesario realizar la evacuación de las mismas de manera urgente, pues su permanencia puede tener diversas consecuencias, tanto en las estructuras domiciliarias como en la salud de la población que ahí se asienta, ya que su permanencia lo convierte en un criadero de insectos que van a ocasionar enfermedades como el dengue, la malaria y Chikungunya, entre otros, los cuales pueden convertirse en pandemias, pues según los informes del Ministerio de Salud publicado en Diario El comercio, (mayo, 10 del 2023) donde se declara 21 fallecidos y más de 20 mil contagios, y los hospitales se han visto desbordados por pacientes contagiados por dengue.

El problema surge en el crecimiento poblacional sin planificación, en el cual, para ubicarse, muy poco o nada se ha tenido en cuenta los fenómenos lluviosos que dejan aniegos en las calles, llegando en muchos casos a generar inundaciones en zonas bajas, donde no se ha considerado La Norma de Drenaje Pluvial del Perú, CE. 040 (2021) donde se establecen las normas generales de diseño para el desarrollo de proyectos de drenaje pluvial, y se indica que toda habilitación urbana donde existen precipitaciones frecuentes de 10 mm en 24 horas debería tener obligatoriamente un sistema de alcantarillado, (Biblioteca Nacional de Chile, Noviembre 2018).

Esta problemática no solo es en nuestro país, pues según estudios realizados, tanto Ecuador como Chile tienen estos problemas que de a poco vienen tratando de solucionar.

El contexto donde se implementa el presente estudio corresponde a la Región Piura, Perú, donde cada año ya sea con lluvias estacionales o generadas por el fenómeno el niño, la zona conocida como “cuenca Monterrico” de la segunda etapa de la urbanización Miraflores en el distrito de Castilla en Piura alcanza altos niveles de agua, con una masa de 0.78 m³/s, los cuales por no tener un buen drenaje y salida por gravedad, tiene que ser retirado mediante cisternas, los cuales se realizan en largos tiempos, afectando la calidad de vida de las familias que en esta zona se asientan, entre los cuales, quienes sufren mayormente las consecuencias son los niños y ancianos.

Además de la salud de la población, también se ve afectada la infraestructura familiar y urbana, donde las pistas y veredas son las más afectadas, haciendo en muchos casos, inaccesible el traslado en estas zonas.

Esta situación que por muchos años se vienen repitiendo en los veranos lluviosos, debe erradicarse, por el bien de la salud de la población y la calidad de vida de la comunidad, siendo necesario el diseño de sistemas que permitan evacuar las aguas lluvias y en consecuencia evitar las inundaciones que mucho daño viene haciendo a los pobladores de la urbanización Miraflores y de la comuna piurana, pues es una zona transitable hacia diferentes puntos del distrito.

En este sentido, este estudio tiene su justificación práctica en la medida que se propondrá el diseño de un sistema de evacuación de aguas pluviales desde la zona de influencia y llevarlas éstas hacia el canal Biagio Arbulú de Castilla, por gravedad y/o Impulsión, toda vez que los estudios topográficos lo confirman según los cálculos realizados in situ con el apoyo de ingenieros

especializados en topografía, habiéndose identificado una cota de inicio del terreno de 28.23 m.s.n.m. y su cota de llega de 29.95 m.s.n.m; el mismo que tiene la capacidad para poder recibir y conducir dichas aguas a las zonas más bajas del distrito, sin afectar otros sectores de la población.

Tiene como relevancia social, la solución de un problema de impacto múltiple en la medida que va a evitar las inundaciones que afecta la infraestructura familiar y comunal, así como la salud física y psicológica en la comunidad y la contaminación del medio ambiente. Beneficiando a una población de 166,684 Habitantes (INEI, Censo 2017).

Asimismo, tiene una justificación metodológica, pues estaría dejando los lineamientos que se puede seguir para evitar por completo las inundaciones en la zona de estudio, asimismo las estrategias para el diseño del sistema de evacuación de aguas pluviales, a una zona donde no esté afectando a otras comunidades.

También tiene una justificación legal, pues se sustenta en La Norma Técnica de Drenaje Pluvial del Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú, CE.040 (2021).

Como hipótesis general

De acuerdo a lo expresado surge la interrogante: ¿Cómo diseñar un drenaje pluvial para evitar las inundaciones en la cuenca Monterrico de la urbanización Miraflores, Castilla - 2023?, lo cual para dar respuestas a esta interrogante se propone las preguntas operativas:

¿Qué características presenta la cuenca Monterrico de la urbanización Miraflores, Castilla - 2023?

¿Qué criterios se debe considerar para determinar las características físico – mecánicas de los materiales que conforman el terreno de fundación?

¿Qué criterios se debe considerar para determinar los parámetros

hidrológicos y diseñar un drenaje pluvial para direccionar la evacuación de las aguas de lluvias fuera sin afectar a otras urbanizaciones?

¿Cómo evitar las inundaciones de la cuenca Monterrico de la urbanización Miraflores, mediante el drenaje pluvial?

Todo esto nos lleva a formular como objetivo general:

Proponer el diseño de un drenaje de aguas pluviales, que permita evitar las inundaciones en la cuenca Monterrico, Urbanización Miraflores, Castilla - 2023.

Asimismo, como objetivos específicos se propone:

Identificar las características de la cuenca Monterrico de la urbanización Miraflores, Castilla - 2023.

Establecer las características físico – mecánicas de los materiales que conforman el terreno de fundación.

Determinar las características hidrológicas de la cuenca Monterrico de la urbanización Miraflores, Castilla - 2023.

Elaborar un diseño de drenaje pluvial para evitar las inundaciones en la cuenca Monterrico de la urbanización Miraflores, Castilla - 2023.

II. MARCO TEÓRICO

El problema de las inundaciones, como se ha presentado líneas arriba, no solamente se da en nuestro contexto, pues hay diversos estudios que se han realizado tratando de brindar soluciones a este problema, por lo cual luego de una exhaustiva investigación bibliográfica se han encontrado diversos estudios, como el trabajo presentado por Castro O. Daniel A. (2013) en Sinaloa – México, quien en su estudio realizado sobre la aplicación de concreto permeable para el diseño de drenaje pluvial, una de sus conclusiones es que un área adecuada de concreto permeable puede utilizarse para disminuir de manera efectiva un volumen de precipitación pluvial en Sinaloa, el mismo que puede replicarse en otras zonas.

En el mismo contexto, se ubicó el estudio realizado por Trapote J. Arturo (2016) publicado en su artículo en el Journal of engineering and technology, DOI 1022507, denominado Gestión de las aguas pluviales en entornos urbanos mediante técnicas de Drenaje Sostenible, quien propone el uso de los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) llegando a la conclusión que los SUDS disminuyen la cantidad y caudal punta de la escorrentía urbana, lográndose resolver la carencia hidráulica de los colectores de las redes de los drenajes urbanos; debido a la impermeabilización del suelo por el crecimiento urbano. Asimismo, afirma que, para cualquier cuenta, se puede constatar que las reducciones porcentuales del coeficiente de escorrentía (δC) por efecto de la implementación de SUDS simbolizan disminuciones significativas del caudal de escorrentía (δQ) que se genera en la cuenca. Por último, también concluye que, en cualquier cuenca urbana, reducir significativamente el coeficiente de escorrentía (δC) involucra la disminución de la probabilidad de ocurrencia de precipitaciones y en consecuencia, bajan el riesgo de inundación por desbordamiento del colector de drenaje.

Siguiendo el hilo, se tiene el trabajo denominado Propuesta de diseño del alcantarillado pluvial, contemplando técnicas de drenaje urbano sostenible,

presentado por Loria V Luis (2020) quien luego de realizar los estudios necesarios para el diseño de su propuesta, concluye que el área de estudio tiene bajas pendientes, aprovechándose las transversales para poder configurar las redes secundarias, quienes descargan a dos colectores principales. También se concluye que, según los resultados analizados, la localidad de Juanito Mora no tendría fuertes impactos negativos por las inundaciones debido a las lluvias ordinarias por contar con techos verdes y pavimentos permeables, y con la construcción de un alcantarillado pluvial utilizando SUDS, 1200 familias se verían beneficiadas, mejorándose la calidad de vida y condiciones de salud de éstas. De la misma manera, afirma que, para los aspectos generales de la red, se debe poner mucha atención al área impermeable, siendo necesario realizar una buena caracterización del área.

En el ámbito nacional, se encontró la tesis de Geldres R. Mario (2020) para obtener el título profesional de ingeniero civil, referente a una propuesta de sistema de drenaje pluvial urbano del distrito de Iquitos. Luego de contrastar sus resultados con otros estudios, llega a concluir que el sistema de alcantarillado del distrito de Iquitos, por ser un sistema combinado, le limita la capacidad para drenar las aguas lluvias generadas por una sobrecarga de aguas que van a afectar a la comunidad.

En el contexto regional se tiene el trabajo de investigación, realizado por Ballesteros Ch. Alvaro (2020) en la Universidad César Vallejo de Piura, sobre un sistema urbano de drenaje sostenible como alternativa al drenaje pluvial urbano de Miraflores, quien entre sus conclusiones afirma que, Miraflores tiene una topografía plana con algunas depresiones que limitan la evacuación de las aguas, agravando la situación la presencia de micro relieves que se convierten en zonas de inundación temporales. Asimismo, concluye que en Miraflores existen zonas por debajo de los 34 m.s.n.m, donde hay lugares con depresiones que se inundan con las lluvias ya sean leves o intensas, y es difícil de drenar sus aguas. Esto hace necesario elaborar propuestas efectivas para la evacuación de las aguas lluvia.

Otro estudio realizado en este contexto corresponde a Hernández J. Manuel (2018) en la universidad de Piura sobre el diseño de un drenaje pluvial y la evaluación del impacto ambiental en la urbanización el Chilcal en Piura, entre sus hallazgos, concluye que la cuenca del Chilcal, por contar solo con alcantarillado sanitario no puede tener la capacidad para la evacuación pluvial necesaria, el cual se demostró por el cálculo de flujos de esorrentía. Asimismo, se afirma que el diseño que se presenta, va a permitir que el agua lluvia que ingresa al Chilcal, en su zona más baja no genera inundación, lo cual se confirmó mediante el análisis del escurrimiento interno posterior a su captación, dado que el sector más importante experimentaría una altura de flujo de agua de 20 cm por las calles, el cual si puede permitir el tránsito vehicular y peatonal.

El estudio tiene como variables Drenaje pluvial e inundaciones, lo cual en lo que corresponde a Drenaje Pluvial,

1.1. DRENAJE PLUVIAL

1.1.1. Definición

Servicio fundamental que forma parte esencial de la infraestructura de cualquier zona poblada, Está compuesto por una serie de sistemas que captan, trasladan, almacenan y evacuan las aguas pluviales a un cuerpo receptor destinado a tal fin. DL 1356 (2018).

1.1.2. Características

Según Rejiglass FRP® (2019), algunas de las características del drenaje pluvial que contribuyen a su correcto funcionamiento son las siguientes:

- Elimina los desechos y el agua extra de la ciudad.
- Su finalidad principal es transportar aguas pluviales y residuales a zonas donde no pongan en peligro la salud humana ni los bienes.
- Previene la propagación de enfermedades.
- Evita que se acumule agua contaminada.
- Transporta agua contaminada y recoge agua de lluvia.

1.1.3. Normatividad y/o marco legal

- Resolución Ministerial N°126-2021-VIVIENDA
- Norma Técnica CE.040 Drenaje Pluvial del Reglamento Nacional de Edificaciones
- Norma E.050 Suelos y Cimentaciones

1.2. INUNDACIONES

1.2.1. Definición

En lo que se refiere a la variable inundaciones, según (1) Arreguín-Cortés, López y Marengo, (2016) citan al IPCC (Panel Intergubernamental del Cambio Climático) para definir la inundación, como el rebose de los límites del encausamiento de una corriente u otro de agua, o el acumulamiento del agua sobre zonas que normalmente no están sumergidas. Estas inundaciones pueden ser urbanas, cuando el aniego es producto de una falla en el sistema de alcantarillado, otras son las pluviales, que se caracterizan porque el agua acumulada es el resultado de precipitaciones sobre esta zona, y no es de otros lugares, como por ejemplo de las partes altas de la zona; las costeras, se vinculan con el deslizamiento de glaciares.

El mismo autor, manifiesta que los tipos de inundaciones depende de varios factores, los cuales no siempre son coincidentes para cada caso, como los escasos sistemas de drenaje adecuados o el inadecuado manejo de los mismos, las precipitaciones pluviales, los deshielos de las zonas altas, las características de drenaje de las cuencas, la deforestación, las urbanizaciones no planificadas, los ciclones y las mareas, los deslizamientos que modifican los cauces de los ríos, entre otros, lleva a diseñar diferentes formas de atención para amenguar los impactos.

Arreguín-Cortés, et, al (1) sostiene que las inundaciones generan complicados costos, el mismo que se debe a los daños que ocasiona el fenómeno tanto en las zonas urbanas, como el campo, la industria y el comercio, al atentar contra la infraestructura tanto doméstica como vial especialmente, acueductos, líneas eléctricas, puentes, sistemas de distribución y tratamiento de las aguas, las instituciones educativas y de salud, y a la vida de los moradores, que están vinculados a las actividades de infraestructura, así como los bienes y servicios que se vería afectadas, por la pérdida del trabajo, ya sea temporal o para siempre, o en las actividades que están vinculada a las cadenas de producción. Uno de los principales factores de las inundaciones son las precipitaciones pluviales.

Las precipitaciones, (2) según Chereque, Wendor, teniendo como premisa que la fuente principal de la humedad que va a generar las precipitaciones son las evaporaciones que se dan en las superficies de los océanos, los va a definir como toda forma de humedad que tiene su origen en las nubes y llegan a la superficie de la tierra, presentándose en forma de lluvias, las granizadas, garúas o nevadas.

Para calificar los tipos de lluvia, afirma que, en los Estados Unidos, la lluvia se identifica como ligera, con la caída de hasta 2.5 mm/h, moderada de 2.5 hasta 7.6 mm/h y fuerte cuando supera los 7.6 mm/h.

El autor antes citado, organiza los tipos de precipitaciones en tres grupos, de acuerdo al factor que ocasiona el enfriamiento de las nubes que hace factible la producción de precipitaciones significativas. Estos grupos son: precipitaciones convectivas, orográficas y ciclónicas.

La primera denominada Precipitaciones convectivas que se ocasionan por el ascenso del aire cálido menos pesado que el aire frío del entorno, lo cual ocasiona de manera puntual unas precipitaciones manifestadas en ligeras lloviznas y aguaceros. Asimismo, las precipitaciones orográficas se generan por el ascenso del aire cálido hacia las partes altas montañosas, cayendo las lluvias en la zona donde se generan las nubes, como es el caso de la selva alta en el Perú, se da en las zonas más lluviosas, donde las nubes que la generan se ubican en la selva baja. Por último, las precipitaciones ciclónicas se ocasionan cuando se encuentran nubes de diferentes temperaturas, siendo las nubes de mayor temperatura las que se impulsan hacia las partes más altas, de donde se van a precipitar.

Para medir la intensidad de la precipitación, según el autor que se viene citando, señala tres especímenes de estos instrumentos, entre los cuales se tiene el pluviómetro simple, que es un recipiente que permite medir en milímetros y décimos de milímetro, siendo necesario que las dimensiones de estos instrumentos se normalicen para hacer medidas en diferentes localidades y luego compararlas.

Así mismo se tiene el pluviómetro registrador también denominado pluviógrafo, quien nos da la intensidad de lluvia que se adquiere durante las precipitaciones. Medir esta intensidad es importante para poder elaborar los diseños de las obras hidráulicas. Por último, los pluviómetros totalizadores, se hacen uso en la medida que se necesite conocer la pluviometría ya sea cada mes, o estación en zonas de difícil acceso.

1.2.2. Hidrología

El estudio de la ocurrencia, distribución, circulación y características físicas, químicas y mecánicas del agua en los océanos, la atmósfera y en la superficie de la Tierra se conoce como hidrología. Se incluye el balance de las masas glaciares, así como la precipitación, la escorrentía, la humedad del suelo y la evapotranspiración INSIVUMEH (2023).

1.2.3. Cuenca

Una cuenca es una región cuyas aguas desembocan todas en un río, lago o cuerpo de agua; esta categoría de cuencas se denomina "cuencas hidrográficas".

Una cuenca hidrográfica es una región de la superficie terrestre donde, si fuera impermeable, las gotas de lluvia serían forzadas por las corrientes a escurrirse hacia el mismo punto de salida. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (2019).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1 Tipo de investigación

Según Sierra (2001), los tipos de investigación son los siguientes:

- **Por su finalidad**

La investigación es aplicada en el sentido de que se basa en la investigación teórica y práctica para lograr los objetivos planteados.

- **Por su amplitud**

El estudio corresponde al microcampo, ya que se estima como tramo principal las calles 16, 19 y 22 y sus calles adyacentes, dentro de la II Etapa de la Urb. Miraflores del distrito de Castilla, Provincia de Piura.

- **Por su naturaleza**

Este estudio es empírico, gracias al conocimiento previo de la extensa circulación de agua de lluvia en las calles 16, 19 y 22 y tramos adyacentes, a través de observaciones directas in situ.

3.1.2 Diseño de investigación

El estudio sigue un diseño de tipo no experimental de orden transversal y descriptivo secuencial.

No es experimental, porque no se manipulan las variables de estudio; es transversal porque se realiza en un momento dado para obtener datos; y es descriptivo porque cada variable se mide por separado.

3.2. Variables y operacionalización

3.2.1 Variable dependiente: Inundación

- **Definición conceptual:** Suceso natural que sucede cuando no hay drenaje adecuado y sube el nivel del agua, provocando un desbordamiento que cubre las zonas aledañas.

- **Definición operacional:** Comprende el resultado de lluvias fuertes o continuas que sobrepasan la capacidad de absorción del suelo y la capacidad de carga de los ríos, riachuelos y áreas costeras”, los mismos que se medirán utilizando el pluviómetro y el caudal en m³/s [sin fecha] [consultado el 4 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.oas.org/DSD/publications/Unit/oea65s/ch13.htm#:~:text=Las%20inundaciones%20son%20el%20resultado,cauce%20e%20inunde%20tierras%20adyacentes.>

3.2.2 Variable independiente: Drenaje pluvial

- **Definición conceptual:** Tiene por objetivo evitar la creación de fuentes de contaminación ambiental y asegurar el desarrollo regular de las actividades en los centros poblados, consiste en evitar la acumulación de agua de lluvia, así como el deterioro de las edificaciones e infraestructuras existentes. (Norma CE.040, 2021).
- **Definición operacional:** consiste en recolectar, mover y evacuar el agua de lluvia que cae sobre un área urbana a un cuerpo receptor de agua. (Norma CE.040, 2021), el mismo que se valorará teniendo en cuenta una escorrentía de 0.78 m³/s.

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

3.3.1. Población

La población corresponde a las calles 16, 19 y 22 de la II Etapa de la Urbanización Miraflores del distrito de Castilla, Provincia de Piura.

3.3.2. Muestra

Por simplicidad, la muestra correspondió a una muestra no probabilística. Por tanto, la muestra pertenece a las calles 16, 19 y 22 de la II Etapa de la Urbanización Miraflores, así como también, la muestra correspondió a algunos tramos cercanos a las calles estimadas en la II Etapa de la Urbanización Miraflores del distrito de Castilla, Provincia de Piura.

3.3.3. Muestreo

Para el proyecto de investigación y el posterior desarrollo del mismo se optó por un muestreo no probabilístico por ser considerado como una técnica, lo que permite que el modelo del indagador presente juicios para evitar una selección aleatoria (Vega, 2014, p. 16). Los criterios establecidos por la normativa ayudaron a sustentar la elaboración del estudio de investigación porque permiten obtener resultados precisos. Por otro lado, se planteó realizar la investigación con el fin de diseñar un drenaje pluvial que potenciará la movilidad de quienes habitan en la II Etapa de la Urbanización Miraflores. Es importante resaltar que la Norma CE.040 en todo momento se tuvo en cuenta, ya que plantea lo que se debe hacer para implementar un diseño que ofrezca las condiciones adecuadas. En contraste con todo lo anterior, el proyecto consistió en realizar una serie de pruebas con el fin de recopilar información que nos permita diseñar un sistema de drenaje.

3.3.4. Unidad de análisis

(Serbia, 2020). Afirma que sirve para que sea más fácil concentrarse en la muestra que se está examinando. Es crucial tener en cuenta que los requisitos de la muestra es parte del mecanismo de estudio.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se utilizaron una variedad de métodos e instrumentos para recopilar datos, entre ellos:

3.4.1. Técnicas

Los métodos que se utilizaron en el estudio fueron los siguientes:

- **Observación:** Se pudo verificar in situ los diferentes comportamientos que presentaba la escorrentía del pavimento durante los eventos de lluvia. Además, fue posible conocer el estado del sistema de drenaje pluvial en la parte baja de las calles 16, 19 y 22 de la II Etapa de la Urbanización Miraflores del distrito de Castilla, Provincia de Piura.
- **Inspección:** Todas las estructuras de drenaje pluvial existente fueron cuidadosamente examinadas considerando las funciones de las calles 16, 19 y 22 de la II Etapa de la Urbanización Miraflores Piura, del distrito de Castilla, Provincia de Piura.
- **Levantamiento topográfico:** El trabajo topográfico, se realizó in situ, con el objeto de obtener información actualizada de la zona en estudio para poder desarrollar alternativas de proyección de un drenaje pluvial; aplicando metodologías adecuadas, que permitan proponer una solución.
- **Muestra de suelos:** Se procedió hacer calicatas para obtener las muestras necesarias e inmediatamente transportarlas al laboratorio de mecánica de suelos y analizarlas con diversos ensayos para conocer sus propiedades químicas y físicas del suelo.

3.4.2. Instrumentos

Los instrumentos utilizados en este estudio son los siguientes:

- Ficha de registro topográfico.
- Ficha de registro hidrológico.
- Ficha de recolección de dimensiones del drenaje.

3.5. Procedimientos

El propósito de este análisis exploratorio es diseñar un proyecto de drenaje pluvial en la II Etapa de la Urbanización Miraflores, que proporcionaría un mejor acceso de tráfico a la zona. Durante la realización de este trabajo, primero se identificó el área de influencia, luego se realizó un levantamiento topográfico, tomando en cuenta coordenadas, secciones longitudinales, planos topográficos y desniveles.

Segundo, se realizó el estudio de suelos consistente en hacer calicatas para obtener las muestras necesarias e inmediatamente transportarlas al laboratorio de mecánica de suelos y analizarlas con diversos ensayos para conocer sus propiedades químicas y físicas del suelo.

Tercero, se consultó información del SENAMHI obteniendo información sobre la cantidad e intensidad de las precipitaciones en nuestra ciudad. Finalmente, como último procedimiento y teniendo en cuenta todos los datos obtenidos anteriormente se logró diseñar un sistema de drenaje pluvial como solución al problema planteado.

3.6. Método de análisis de datos

Los datos obtenidos en este estudio serán manipulados y procesados, mediante una serie de software y/o programas de computadoras especializados; así como sus respectivas interpretaciones.

Es preciso mencionar que todos los datos obtenidos en el levantamiento topográfico se obtuvieron con equipos especiales para la búsqueda de curvas de nivel y sus perfiles longitudinales, y los levantamientos mecánicos de suelos, en los cuales se tomaron muestras de calicatas, así mismo los datos para los estudios hidrológicos serán obtenidos a través de SENAMHI. De la misma forma se empleó diferentes programas de computadora (Autodesk Civil3D) para un mayor orden y procesamiento de datos obteniendo resultados óptimos.

3.7. Aspectos éticos

Siendo respetuosos de la autenticidad del contenido de la investigación, así como respetar los derechos de autor de la investigación recopilada; asegurando que los resultados obtenidos consideran principios morales y éticos al término de la investigación, asegurando la transparencia en el desarrollo del proyecto. Considerando que nos basamos en la Norma Técnica CE 040 para Drenaje Pluvial, que permite entender la parte técnica del proyecto, a su vez se tuvo en cuenta la “Guía de elaboración de trabajos conducentes a grados y títulos” 2023, emitida y aprobada por la Universidad César Vallejo, asegurando teóricamente los derechos de autor de las referencias bibliográficas de acuerdo con la norma ISO0690; no obstante asegurar la adaptación al cambio climático y promover ciudades sostenibles y resilientes.

IV. RESULTADOS

Castilla es uno de los nueve distritos que conforman la Provincia de Piura, geográficamente forma parte del departamento del mismo nombre y una de las ocho Provincias que conforman el Departamento de Piura.

Geográficamente, el distrito de Castilla está situado al oeste del distrito de Piura, capital regional del mismo nombre, a una distancia de 32 metros sobre el nivel del mar y entre los 5°11' 5" y los 80°57' 27" del meridiano de Greenwich. Situado en una llanura costera arenosa.

- **Ubicación Política**

Departamento : Piura
Provincia : Piura
Distrito : Castilla
Localidad : Cuenca Ciega Urbanización Miraflores.

A fin de cumplir con el Objetivo General, que es proponer el diseño de un drenaje de aguas pluviales, que permita evitar las inundaciones en la cuenca Monterrico, de la Urbanización Miraflores, Castilla - 2023; se emplearon diversos procedimientos y técnicas, así como utilizar instrumentos que conllevaron al cumplimiento de los objetivos específicos planeados en el presente proyecto de investigación.

4.1. Estudio topográfico

Para cumplir con el **primer objetivo específico** que consistió en identificar las características de la cuenca Monterrico de la urbanización Miraflores, Castilla - 2023. Se obtuvieron los resultados siguientes:

El trabajo topográfico, se realizó in situ, con el objeto de obtener información actualizada de la zona en estudio para poder desarrollar alternativas de proyección de un drenaje pluvial; aplicando metodologías adecuadas.

Los trabajos topográficos, han permitido contar con alturas de niveles absolutas, basándonos en métodos topográficos convencionales y utilizando los equipos de medición electrónica, asimismo han permitido contar con la posición real de cada punto tomado en el sistema de coordenadas planas y geodésicas.

La línea del drenaje pluvial está proyectada pasar atrás del colegio Carlota Ramos de Santolaya (entre la calle 21 y la Av. Andrés Avelino Cáceres, desembocando en el canal Biaggio Arbulú, se ubica en la urbanización Miraflores, en el distrito de Castilla, en el departamento y provincia de Piura (ver figura 1).

Figura 1 Ubicación de la zona en estudio – Línea del Dren Pluvial

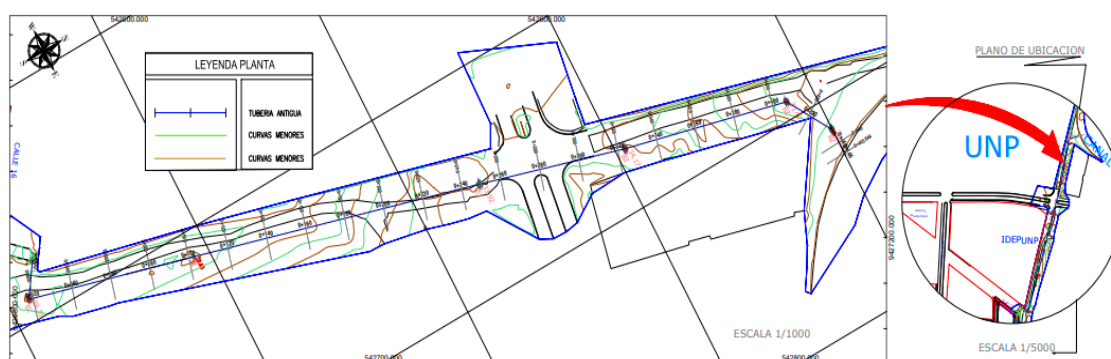


Fuente: Elaboración propia, 2023.

- **Levantamiento topográfico**

El levantamiento topográfico del tramo comprendido consta de un área de 419 m lineales aproximadamente.

Figura 2 Plano de ubicación de la zona en estudio – Línea del Dren Pluvial



Fuente: Elaboración propia, 2023.

- **Sistema de coordenadas**

De acuerdo con la Carta del Instituto Geográfico Nacional Hoja N°23-e, el sistema de coordenadas utilizado para los proyectos de topografía se conoce como Sistema de Coordenadas UTM (Universal Transversal Mercator), con Datum WGS84.

- **Poligonal básica de apoyo**

La poligonal abierta ubicada a lo largo de la calle s/n del tramo a intervenir, Consta de dos vértices que se construyen de manera ordenada y ventajosa, como se muestra en el plano. (Tabla 1), comprende un circuito de dos vértices formados.

Partiendo de la base, que normalmente está formada por los dos primeros vértices de la poligonal, las referencias de cada vértice de la poligonal vienen dadas por el valor de las coordenadas de su ubicación. Se han considerado sectores de rápido y fácil acceso. Se utilizó un GPS de precisión media. No utilizamos el Wincheo de referencias porque la información descrita en el campo se puede eliminar fácilmente. Además, las empresas de servicios en las zonas urbanas prohíben pintar en sus postes o buzones.

Tabla 1 Valor en coordenadas UTM de las poligonales de la Zona en estudio.

PUNTO POLIGONAL	COORDENADAS		COTA
	ESTE	NORTE	
BM - A	542543.9817	9426810.921	29.6075 m
BM - B	542543.3387	9426809.985	29.6113 m

Fuente: Elaboración propia, 2023.

- **Relleno topográfico**

Usando estaciones totales de 5 segundos, que tienen una capacidad de almacenamiento de hasta 5000 puntos de llenado, se continuó realizando el levantamiento topográfico absoluto basado en la información de la poligonal de apoyo ajustada matemáticamente. Estos puntos de relleno fueron trasladados para el procesamiento digital del terreno para poder obtener el levantamiento topográfico a escala 1/500. (Tabla 2). Cada grupo de datos se modificó para tener en cuenta tanto la altura como las porciones de los vértices de la poligonal.

Las diversas posiciones de las partes que lo constituyen, tanto en planimetría como en altimetría, han sido posibles gracias al relleno topográfico del área de estudio.

Tabla 2 Ficha registro topográfico

FICHA: REGISTO TOPOGRAFICO				
	PROPUESTA DE DISEÑO DE UN DRENAJE PLUVIAL PARA EVITAR LAS INUNDACIONES EN LA CUENCA MONTERRICO, URBANIZACIÓN MIRAFLORES, CASTILLA – 2023			
	AUTOR:	YOVERA RISCO, Richard Javier		
1. DATOS GENERALES				
1.1 REGION: PIURA		1.2 PROVINCIA: PIURA		1.3 DISTRITO: CASTILLA
2. DATOS PARA EVALUACION DEL SISTEMA				
ITEM	DESCRIPCION	SI	NO	N/A
2.1	ALCANTARILLAS	X		
2.2	CUNETAS		X	

3. PUNTOS				
PUNTOS	ESTE (X)	NORTE (Y)	COTA	DETALLE
1	542560.1933	9426811.43	29.4786	DREN
2	542566.2803	9426818.061	29.431	DREN
3	542569.7168	9426821.775	29.3546	DREN
4	542571.8435	9426821.729	29.3669	DREN
5	542572.7836	9426823.121	29.3427	DREN
6	542575.8206	9426821.082	29.3599	DREN
7	542569.9477	9426814.456	29.3656	DREN
8	542564.3426	9426808.282	29.4477	DREN
9	542574.2015	9426821.875	29.3363	CAJA
10	542573.4949	9426820.857	29.3503	CAJA
11	542572.2914	9426821.672	29.3598	CAJA
12	542572.9824	9426822.715	29.334	CAJA
13	542574.7263	9426821.185	29.3307	CAJA
14	542575.2515	9426820.826	29.3362	CAJA
15	542574.3485	9426820.638	29.3368	CAJA
16	542563.2791	9426814.958	29.6385	SARD
17	542566.2184	9426818.125	29.6777	SARD
18	542569.2251	9426821.469	29.6703	SARD
19	542569.2281	9426821.529	29.8912	SARD
20	542569.6622	9426821.897	29.8856	SARD
21	542571.741	9426821.865	29.885	SARD
22	542572.7758	9426823.346	29.9199	SARD
23	542576.0014	9426821.119	29.8937	SARD
24	542573.9274	9426818.625	29.9071	SARD
25	542573.8686	9426818.61	29.6112	SARD
26	542570.0261	9426814.388	29.632	SARD
27	542566.406	9426810.425	29.6626	SARD
28	542561.8106	9426787.529	29.367	PIST
29	542559.1016	9426787.984	29.3881	PIST
30	542556.3952	9426788.18	29.3849	PIST
31	542557.1644	9426800.018	29.3306	PIST
32	542559.7403	9426799.839	29.3374	PIST
33	542562.4621	9426799.683	29.342	PIST
34	542562.7917	9426805.897	29.3302	PIST
35	542558.0794	9426809.166	29.3438	PIST
36	542555.0725	9426811.223	29.3525	PIST
37	542553.4049	9426809.096	29.3861	PIST
38	542551.8535	9426806.879	29.3805	PIST
39	542544.5343	9426811.8	29.4052	PIST
40	542546.1163	9426814.096	29.4061	PIST
41	542547.6245	9426816.306	29.4004	PIST
42	542543.9817	9426810.921	29.6075	V

43	542543.3387	9426809.985	29.6113	V
44	542550.6541	9426804.935	29.5963	V
45	542551.3249	9426805.865	29.5911	V
46	542552.175	9426805.321	29.5859	V
47	542552.7864	9426806.228	29.5725	V
48	542554.9197	9426804.415	29.5775	V
49	542556.6033	9426801.688	29.5688	V
50	542557.1507	9426800.072	29.5244	V
51	542554.6372	9426800.173	29.5837	V
52	542553.3302	9426797.159	29.6001	V
53	542564.2229	9426787.265	29.5576	V
54	542564.2529	9426787.254	29.8054	V
55	542565.4302	9426787.163	29.8115	V
56	542566.1468	9426799.669	29.797	V
57	542564.9854	9426799.753	29.7764	V
58	542564.8734	9426799.781	29.5348	TN
59	542565.7341	9426803.832	29.7351	TN
60	542567.872	9426803.192	29.7884	TN
61	542569.4543	9426807.277	30.0912	TN
62	542573.2079	9426811.673	30.2725	TN
63	542571.5729	9426813.142	29.8014	TN
64	542574.3933	9426816.335	29.8142	TN
65	542575.1407	9426816.092	30.2444	TN
66	542578.4871	9426814.308	30.4405	TN
67	542583.103	9426820.645	30.3969	TN
68	542579.7584	9426820.429	30.4861	TN
69	542576.9804	9426822.221	30.2757	TN
70	542571.4054	9426826.251	30.205	TN
71	542567.0246	9426828.995	30.1596	TN
72	542561.2982	9426820.749	29.7914	TN
73	542557.671	9426815.575	29.7356	TN
74	542552.4042	9426816.029	29.5999	TN
75	542548.7455	9426818.112	29.4901	TN
76	542550.6885	9426820.211	29.5697	TN
77	542572.3792	9426821.68	28.2458	CF
78	542573.5048	9426820.945	28.2158	CF
79	542574.1183	9426821.855	28.239	CF
80	542575.1393	9426820.831	28.2252	CF
81	542574.7509	9426821.106	28.2228	CF
82	542574.4342	9426820.648	28.2149	CF
83	542574.8321	9426820.379	28.2292	CF
84	542574.78	9426820.755	28.6594	ESCOR

85	542575.0205	9426820.602	29.1479	LT
86	542589.6807	9426810.56	29.6953	BZ
87	542583.5163	9426817.894	30.4014	TN
88	542579.798	9426813.555	30.4502	TN
89	542576.5206	9426809.044	30.4301	TN
90	542583.5212	9426806.042	30.5272	TN
91	542585.102	9426810.902	30.4422	TN
92	542587.1977	9426815.618	30.4039	TN
93	542579.8332	9426820.512	30.5658	LP
94	542581.0797	9426820.925	30.6894	LP
95	542576.8404	9426749.515	31.1066	ACCESO
96	542570.1252	9426751.528	31.0604	ACCESO
97	542570.8918	9426764.142	31.0143	ACCESO
98	542580.9376	9426763.909	31.068	ACCESO
99	542583.1615	9426772.381	31.1081	ACCESO
100	542572.3303	9426774.871	30.9592	ACCESO
101	542572.9466	9426783.778	30.8939	ACCESO
102	542583.8804	9426784.291	31.1107	ACCESO
103	542584.6142	9426794.525	30.956	ACCESO
104	542574.2576	9426796.212	30.6141	ACCESO
105	542575.9679	9426803.998	30.5546	ACCESO
106	542583.7701	9426803.488	30.6464	ACCESO
107	542585.173	9426811.069	30.426	ACCESO
108	542578.7837	9426814.33	30.4702	ACCESO
109	542583.3029	9426820.259	30.3912	ACCESO
110	542588.6204	9426817.442	30.4104	ACCESO
111	542591.8656	9426824.914	30.5297	ACCESO
112	542586.5312	9426826.882	30.3202	ACCESO
113	542589.1353	9426833.405	30.3245	ACCESO
114	542594.0535	9426831.122	30.4728	ACCESO
115	542595.9322	9426838.985	30.3457	ACCESO
116	542591.5425	9426840.043	30.3652	ACCESO
117	542592.7096	9426848.231	30.3299	ACCESO
118	542597.5595	9426847.323	30.2859	ACCESO
119	542599.0734	9426855.466	30.3167	ACCESO
120	542594.6646	9426856.09	30.324	ACCESO
121	542605.0944	9426852.339	30.2013	TN
122	542612.3966	9426848.667	30.3714	TN
123	542605.3986	9426845.755	30.2705	TN
124	542611.5218	9426844.07	30.4208	TN
125	542608.3468	9426837.31	30.252	TN
126	542602.9704	9426838.318	30.1905	TN

127	542600.2473	9426830.361	30.3099	TN
128	542606.9848	9426826.149	30.443	TN
129	542598.5174	9426821.779	30.5067	TN
130	542603.5505	9426819.85	30.5608	TN
131	542589.5866	9426810.327	29.7286	BZ
132	542588.6668	9426806.138	30.2634	TN
133	542591.6124	9426809.61	30.2921	TN
134	542590.9355	9426813.581	30.1534	TN
135	542586.641	9426810.456	30.0481	TN
136	542590.6419	9426800.779	31.0809	TN
137	542597.8556	9426799.347	31.0909	TN
138	542589.625	9426810.282	28.4738	FBZ
139	542590.149	9426792.467	31.1622	TN
140	542596.338	9426789.808	31.2819	TN
141	542596.1626	9426780.333	31.2514	TN
142	542590.9384	9426780.265	31.2132	TN
143	542589.3886	9426772.74	31.2565	TN
144	542597.0965	9426771.326	31.0876	TN
145	542595.8432	9426761.335	31.059	TN
146	542587.3738	9426760.364	31.0994	TN
147	542568.6658	9426803.164	30.4453	TN
148	542569.1364	9426798.463	30.6029	TN
149	542572.0339	9426795.788	30.64	TN
150	542572.4027	9426813.519	30.4453	TN
151	542594.7251	9426856.075	30.3126	ACCESO
152	542595.5424	9426861.818	30.2312	ACCESO
153	542600.6394	9426860.714	30.2322	ACCESO
154	542606.8109	9426858.455	30.2328	TN
155	542611.0221	9426857.646	30.3357	TN
156	542612.9427	9426869.128	30.2189	TN
157	542608.7636	9426870.288	29.9642	TN
158	542602.6241	9426871.033	30.1643	ACCESO
159	542597.5251	9426871.861	30.1683	ACCESO
160	542600.2782	9426882.649	30.1819	ACCESO
161	542604.8769	9426881.772	30.2063	ACCESO
162	542608.0762	9426881.266	30.6569	TN
163	542613.2515	9426878.8	30.4293	TN
164	542607.127	9426892.009	30.2199	ACCESO
165	542603.8131	9426893.011	30.2173	ACCESO
166	542611.7946	9426890.704	29.5553	TN
167	542606.8068	9426901.431	30.2631	ACCESO
168	542610.376	9426900.324	30.2883	ACCESO

169	542612.9977	9426898.041	30.3549	TN
170	542617.0176	9426896.489	30.4058	TN
171	542611.5811	9426913.016	30.4004	ACCESO
172	542614.5053	9426912.807	30.474	ACCESO
173	542618.6353	9426911.825	30.5327	TN
174	542621.1244	9426910.129	30.6777	TN
175	542612.5328	9426922.78	30.5341	ACCESO
176	542616.1143	9426922.306	30.5892	ACCESO
177	542619.7035	9426922.223	30.6042	TN
178	542619.0322	9426934.331	30.6636	ACCESO
179	542614.9226	9426935.761	30.6689	ACCESO
180	542621.955	9426946.018	30.8558	ACCESO
181	542617.5121	9426947.746	30.8045	ACCESO
182	542620.8363	9426959.043	31.1248	ACCESO
183	542625.4819	9426957.885	31.125	ACCESO
184	542630.2261	9426958.603	31.1231	TN
185	542634.0182	9426958.629	31.1235	TN
186	542633.5469	9426971.453	32.1132	ACCESO
187	542627.3337	9426974.281	31.9414	ACCESO
188	542633.8352	9426983.518	32.55	ACCESO
189	542639.5686	9426981.197	32.7058	ACCESO
190	542645.034	9426979.956	32.9075	TN
191	542648.9852	9426978.454	33.0023	TN
192	542642.5812	9426990.375	33.0799	ACCESO
193	542637.863	9426991.697	32.9056	ACCESO
194	542642.6943	9427002.505	33.6698	ACCESO
195	542646.4242	9427000.016	33.6133	ACCESO
196	542650.9401	9427012.822	34.0866	ACCESO
197	542646.5928	9427013.956	33.9935	ACCESO
198	542649.3502	9427025.574	33.931	ACCESO
199	542655.3977	9427024.159	34.0477	ACCESO
200	542657.4265	9427034.566	34.0455	ACCESO
201	542650.9625	9427035.544	33.9122	ACCESO
202	542651.312	9427033.216	33.9185	BZ
203	542612.1686	9426891.923	29.63	BZ
204	542612.1724	9426891.936	28.5802	FBZ
205	542592.6785	9426869.194	31.2537	LP
206	542582.0067	9426824.838	31.2368	LP
207	542599.8781	9426898.992	31.077	LP
208	542632.8651	9427020.778	35.1873	LP
209	542624.7553	9426991.177	35.7983	LP
210	542611.6472	9426943.378	31.7303	LP

211	542637.8905	9427039.063	35.1156	LP
212	542651.0916	9427033.169	28.4599	FBZ
213	542650.9527	9427013.502	34.1135	ACCESO
214	542646.8671	9427014.864	34.0367	ACCESO
215	542650.6421	9427026.804	34.0259	ACCESO
216	542654.393	9427026.079	34.1109	ACCESO
217	542656.0274	9427040.544	34.0978	ACCESO
218	542649.8769	9427041.95	34.0901	ACCESO
219	542649.6566	9427052.412	34.172	ACCESO
220	542656.6534	9427051.331	34.2013	ACCESO
221	542651.6735	9427031.881	33.8842	SARDINEL
222	542651.4126	9427031.984	33.8661	SARDINEL
223	542651.8446	9427032.705	33.9677	SARDINEL
224	542651.7346	9427032.727	33.9731	SARDINEL
225	542652.0636	9427033.585	33.9862	SARDINEL
226	542651.9679	9427033.61	33.981	SARDINEL
227	542652.9652	9427036.903	34.0233	SARDINEL
228	542652.8586	9427036.952	34.0241	SARDINEL
229	542654.5467	9427042.853	34.1618	SARDINEL
230	542654.4673	9427042.866	34.1619	SARDINEL
231	542655.1425	9427044.774	34.2626	SARDINEL
232	542655.0455	9427044.815	34.2576	SARDINEL
233	542655.5498	9427045.84	34.2697	SARDINEL
234	542655.5059	9427045.884	34.2698	SARDINEL
235	542656.0868	9427046.646	34.2623	SARDINEL
236	542656.0354	9427046.718	34.2626	SARDINEL
237	542656.6513	9427047.454	34.2755	SARDINEL
238	542656.5693	9427047.527	34.2757	SARDINEL
239	542658.0645	9427048.87	34.3097	SARDINEL
240	542658.0309	9427048.94	34.3099	SARDINEL
241	542658.9499	9427049.553	34.3241	SARDINEL
242	542659.0028	9427049.488	34.324	SARDINEL
243	542659.7938	9427049.99	34.334	SARDINEL
244	542659.8344	9427049.893	34.3337	SARDINEL
245	542660.9707	9427050.409	34.3436	SARDINEL
246	542661.011	9427050.318	34.3431	SARDINEL
247	542662.283	9427050.642	34.3529	SARDINEL
248	542662.2999	9427050.567	34.3524	SARDINEL
249	542663.2576	9427050.699	34.3741	SARDINEL
250	542663.2356	9427050.63	34.3735	SARDINEL
251	542664.1701	9427050.575	34.3522	SARDINEL
252	542664.2118	9427050.79	34.2502	SARDINEL

253	542666.3363	9427050.265	34.3637	SARDINEL
254	542666.415	9427050.526	34.2514	SARDINEL
255	542669.9177	9427049.798	34.3923	SARDINEL
256	542669.8876	9427050.015	34.2944	SARDINEL
257	542673.4457	9427049.288	34.4376	SARDINEL
258	542673.5558	9427049.532	34.339	SARDINEL
259	542677.2189	9427048.768	34.4764	SARDINEL
260	542677.3405	9427049.03	34.3727	SARDINEL
261	542666.888	9427040.98	34.5157	PA
262	542668.3314	9427040.322	34.6439	PL
263	542663.8471	9427030.462	34.4429	PL
264	542656.1146	9426999.835	34.0367	PL
265	542645.6967	9427029.267	33.7585	TN
266	542636.733	9427031.433	33.7784	TN
267	542632.8061	9427017.307	33.7924	TN
268	542642.2263	9427014.079	33.8911	TN
269	542630.9477	9427007.587	33.9186	TN
270	542640.6196	9427004.684	34.5133	TN
271	542639.8478	9427000.703	33.1636	TN
272	542628.4988	9427003.201	32.7218	TN
273	542635.1705	9426988.595	32.6852	TN
274	542625.4541	9426991.268	32.5492	TN
275	542627.9974	9426976.712	31.9638	TN
276	542622.3635	9426979.181	31.8732	TN
277	542621.4982	9426965.073	31.2327	TN
278	542619.031	9426967.828	31.1502	TN
279	542616.7474	9426953.452	30.7107	TN
280	542615.1339	9426954.416	30.701	TN
281	542660.67	9427042.001	34.1474	TN
282	542665.6274	9427041.147	34.3429	TN
283	542663.5971	9427032.758	34.328	TN
284	542656.533	9427031.121	34.1153	TN
285	542656.1143	9427023.913	34.0788	TN
286	542662.6344	9427021.103	34.34	TN
287	542660.1861	9427011.411	34.0925	TN
288	542653.1144	9427013.138	34.1111	TN
289	542649.6572	9427003.706	33.8057	TN
290	542656.9405	9427000.84	33.7925	TN
291	542653.4441	9426992.42	33.5028	TN
292	542646.5588	9426994.281	33.2632	TN
293	542643.7831	9426984.197	32.8714	TN
294	542652.4254	9426982.332	33.2214	TN

295	542652.0921	9426970.391	32.8155	ACCESO
296	542652.4848	9426978.445	33.1173	ACCESO
297	542648.4825	9426977.946	32.9458	ACCESO
298	542647.8616	9426982.59	33.0875	ACCESO
299	542643.094	9426983.353	32.8393	ACCESO
300	542642.0434	9426976.491	32.6421	ACCESO
301	542637.9909	9426975.553	32.4748	ACCESO
302	542642.3186	9426985.77	32.8268	ACCESO
303	542641.0011	9426986.711	32.9078	ACCESO
304	542631.2013	9426969.627	31.9099	ACCESO
305	542636.3297	9426973.812	32.3352	ACCESO
306	542642.0786	9427034.237	33.8759	TN
307	542644.6617	9427041.145	34.1154	TN
308	542642.4811	9427043.074	34.2053	TN
309	542648.0255	9427046.089	34.1354	TN
310	542639.7396	9427045.838	34.1466	LP
311	542593.3706	9427052.524	33.2822	LP
312	542612.7371	9427098.137	33.6375	LP
313	542639.8082	9427094.149	34.2655	LP
314	542652.5893	9427092.345	34.3265	LP
315	542653.0615	9427090.883	34.3212	PMT
316	542655.5388	9427092.203	34.259	SARDINEL
317	542654.0923	9427086.822	34.2842	SARDINEL
318	542653.5134	9427084.832	34.2861	SARDINEL
319	542651.5997	9427081.325	34.2636	SARDINEL
320	542648.8872	9427078.34	34.258	SARDINEL
321	542645.2799	9427076.204	34.1574	SARDINEL
322	542641.195	9427075.079	34.0689	SARDINEL
323	542637.1343	9427075.231	34.0364	SARDINEL
324	542632.5495	9427075.84	33.9087	SARDINEL
325	542626.9027	9427076.659	33.7848	SARDINEL
326	542631.0512	9427077.241	33.8861	V
327	542634.8823	9427076.869	33.9772	V
328	542638.5604	9427076.627	34.0601	V
329	542642.1127	9427076.869	34.1125	V
330	542644.6985	9427077.782	34.1724	V
331	542647.6997	9427079.602	34.2631	V
332	542649.564	9427081.372	34.2877	V
333	542651.163	9427083.805	34.3028	V
334	542652.0568	9427085.427	34.2926	V
335	542653.6912	9427091.183	34.2985	V
336	542652.8754	9427090.982	34.3212	V

337	542639.5757	9427092.745	34.2442	V
338	542643.2621	9427090.688	34.3732	PMT
339	542690.2168	9427067.631	34.4259	SARDINEL
340	542682.1862	9427068.771	34.3532	SARDINEL
341	542670.7354	9427070.381	34.3363	SARDINEL
342	542668.6739	9427071.001	34.3146	SARDINEL
343	542666.0927	9427073.029	34.1924	SARDINEL
344	542664.401	9427076.686	34.1513	SARDINEL
345	542664.6755	9427080.149	34.1396	SARDINEL
346	542666.6636	9427087.136	34.1512	SARDINEL
347	542667.2837	9427089.438	34.1858	SARDINEL
348	542666.1063	9427090.519	34.1565	PISTA
349	542662.3059	9427091.137	34.142	PISTA
350	542658.0059	9427091.672	34.1369	PISTA
351	542630.3137	9427069.355	33.8317	SARDINEL
352	542640.9492	9427067.822	34.0071	SARDINEL
353	542643.5695	9427065.844	34.0283	SARDINEL
354	542643.8717	9427063.547	34.0761	SARDINEL
355	542640.7668	9427060.69	33.987	SARDINEL
356	542631.4056	9427061.89	33.8548	SARDINEL
357	542627.5937	9427055.824	33.813	SARDINEL
358	542637.6385	9427054.254	33.9704	SARDINEL
359	542641.077	9427052.165	34.0406	SARDINEL
360	542642.9535	9427046.521	34.1019	SARDINEL
361	542642.2616	9427049.625	34.2175	V
362	542640.699	9427049.855	34.1969	V
363	542629.5726	9427051.404	33.9917	V
364	542630.0404	9427053.241	33.9844	V
365	542637.1262	9427052.205	34.1236	V
366	542641.2308	9427051.593	34.1916	V
367	542691.2738	9427060.84	34.4556	SARDINEL
368	542674.9454	9427063.132	34.3188	SARDINEL
369	542664.8149	9427064.409	34.2517	SARDINEL
370	542661.8591	9427061.03	34.2287	SARDINEL
371	542665.4298	9427057.114	34.2823	SARDINEL
372	542675.0316	9427055.827	34.3554	SARDINEL
373	542690.961	9427053.598	34.482	SARDINEL
374	542687.7762	9427047.354	34.4676	SARDINEL
375	542673.1611	9427049.418	34.3376	SARDINEL
376	542663.4667	9427050.755	34.2609	SARDINEL
377	542653.9501	9427071.374	34.1768	EJE
378	542652.4519	9427060.707	34.1654	EJE

379	542650.8873	9427053.735	34.1845	EJE
380	542655.2995	9427077.012	34.1513	EJE
381	542678.201	9427081.652	35.0026	LP
382	542682.1388	9427080.732	35.6096	LP
383	542679.4113	9427077.765	35.126	PMT
384	542681.9405	9427079.776	35.6834	LP
385	542669.4034	9427075.029	35.0808	BZ
386	542671.9935	9427104.843	34.1725	BZ
387	542671.9808	9427104.83	28.3728	FBZ
388	542681.4326	9427099.21	34.6346	LP
389	542642.8951	9427063.827	35.0472	PL
390	542636.2364	9427064.979	35.0133	PMT
391	542618.6211	9427067.304	36.4376	PL
392	542675.7335	9427084.052	39.2162	PA
393	542685.5341	9427117.294	34.204	LP
394	542659.3577	9427096.788	34.0416	TROCHA
395	542666.8132	9427095.814	34.0081	TROCHA
396	542669.6402	9427109.902	33.7324	TROCHA
397	542662.2412	9427112.317	33.9261	TROCHA
398	542665.386	9427127.033	33.5303	TROCHA
399	542672.3005	9427125.322	33.4132	TROCHA
400	542675.5004	9427138.062	33.0573	TROCHA
401	542669.251	9427139.967	33.076	TROCHA
402	542672.4804	9427153.714	32.5598	TROCHA
403	542678.5545	9427152.206	32.5205	TROCHA
404	542682.085	9427165.718	32.0168	TROCHA
405	542676.7063	9427167.082	31.9557	TROCHA
406	542680.1247	9427181.589	31.4185	TROCHA
407	542685.2366	9427179.893	31.4532	TROCHA
408	542690.356	9427194.458	31.0047	TROCHA
409	542684.6272	9427195.753	31.0522	TROCHA
410	542688.7415	9427209.833	30.8398	TROCHA
411	542694.1707	9427207.71	30.7523	TROCHA
412	542696.5633	9427221.097	30.5188	TROCHA
413	542692.2068	9427222.126	30.6684	TROCHA
414	542696.5761	9427236.658	30.5118	TROCHA
415	542701.0586	9427235.205	30.3726	TROCHA
416	542704.1318	9427247.599	30.2801	TROCHA
417	542699.8342	9427248.945	30.3793	TROCHA
418	542679.2208	9427145.914	32.993	ARBOL
419	542675.3741	9427120.616	33.84	ARBOL
420	542680.8725	9427114.322	34.0393	ARBOL

421	542688.4722	9427128.637	34.5227	LP
422	542691.9953	9427143.096	33.8757	LP
423	542696.6175	9427161.104	32.9066	LP
424	542692.9462	9427146.928	33.4598	LP
425	542700.3774	9427176.616	33.1827	LP
426	542674.2292	9427095.037	34.4324	TN
427	542678.2721	9427110.187	34.0477	TN
428	542674.0368	9427111.46	33.9001	TN
429	542678.2781	9427127.313	33.6091	TN
430	542683.6094	9427126.265	33.8539	TN
431	542686.6402	9427141.165	32.8858	TN
432	542681.3043	9427142.539	32.8638	TN
433	542684.196	9427159.742	32.3554	TN
434	542689.3771	9427158.057	32.3081	TN
435	542688.2986	9427178.679	31.6178	TN
436	542692.1145	9427178.203	31.5424	TN
437	542661.1841	9427123.833	35.3697	LP
438	542667.2495	9427145.882	34.9469	LP
439	542677.4911	9427183.257	33.0549	LP
440	542652.6309	9427092.542	35.9337	LP
441	542686.7002	9427127.489	34.718	PA
442	542685.525	9427119.775	40.3378	PL
443	542689.6694	9427146.545	34.3582	PMT
444	542712.7971	9427277.863	30.0031	CANAL
445	542710.9698	9427264.045	29.9823	CANAL
446	542711.2699	9427244.273	29.9828	CANAL
447	542713.7788	9427229.655	29.977	CANAL
448	542719.1624	9427213.676	29.9593	CANAL
449	542728.9964	9427195.207	29.9437	CANAL
450	542738.4127	9427183.055	29.9904	CANAL
451	542748.9902	9427172.731	29.9684	CANAL
452	542762.3708	9427162.982	29.9742	CANAL
453	542774.7579	9427154.595	29.9932	CANAL
454	542772.4978	9427152.538	30.0395	TN
455	542763.5582	9427158.367	30.0611	TN
456	542754.4599	9427163.501	30.2064	TN
457	542740.7486	9427173.209	30.2183	TN
458	542728.0805	9427182.745	30.384	TN
459	542714.529	9427191.377	30.4965	TN
460	542701.5512	9427197.763	30.7993	ACCESO
461	542739.8065	9427169.728	31.458	LP
462	542704.213	9427193.005	31.1942	LP

463	542685.5693	9427212.618	32.2204	LP
464	542690.6204	9427230.984	32.0784	LP
465	542702.7786	9427275.248	31.757	LP
466	542709.8964	9427301.188	31.8249	LP
467	542705.2814	9427280.985	31.8629	PMT
468	542691.5383	9427223.748	30.6864	TROCHA
469	542689.2142	9427216.01	30.7512	TROCHA
470	542685.3307	9427203.653	30.9842	TROCHA
471	542688.9536	9427189.419	31.1102	TROCHA
472	542694.0756	9427195.026	30.8961	TROCHA
473	542698.4795	9427196.819	30.8263	TROCHA
474	542714.4941	9427285.663	30.0588	TROCHA
475	542700.601	9427255.662	30.3734	TROCHA
476	542707.8953	9427260.624	30.2329	TROCHA
477	542728.194	9427256.731	30.026	CANAL
478	542728.3767	9427261.5	30.03	CANAL
479	542729.4059	9427270.703	29.9726	CANAL
480	542732.6745	9427228.002	29.9103	CANAL
481	542737.9225	9427215.25	29.9856	CANAL
482	542748.2411	9427199.016	29.93	CANAL
483	542757.874	9427188.71	29.9278	CANAL
484	542691.6183	9427205.423	30.8291	TN
485	542684.8534	9427189.694	31.1588	TN
486	542697.7954	9427214.586	30.5572	TN
487	542699.0091	9427225.092	30.4526	TN
488	542697.3223	9427231.596	30.4516	TN

Fuente: Elaboración propia, 2023.

- **Trabajo de gabinete (AutoCAD Civil 3D)**

Por lo consiguiente, se realizó el trabajo de gabinete, en la cual se extrajo los puntos a través del programa de computadora AutoCAD Civil3D; a fin de diseñar el plano de planta existente con sus pendientes de -0.39%, -0.08%, -0.08%, -0.12%, -0.33, -0.60 y -4.21 respectivamente (Figura 3), así como el perfil longitudinal de la zona proyectada por donde se evacuará las aguas con sus respectivas secciones transversales donde se determinó las pendientes de -0.21%, -0.21%, -0.20%, -0.21% y -0.20% respectivamente, con una longitud de 419,670 m (Figura 4). Para la obtención de estos valores se utiliza la técnica de observación de gráficos (Figura 3).

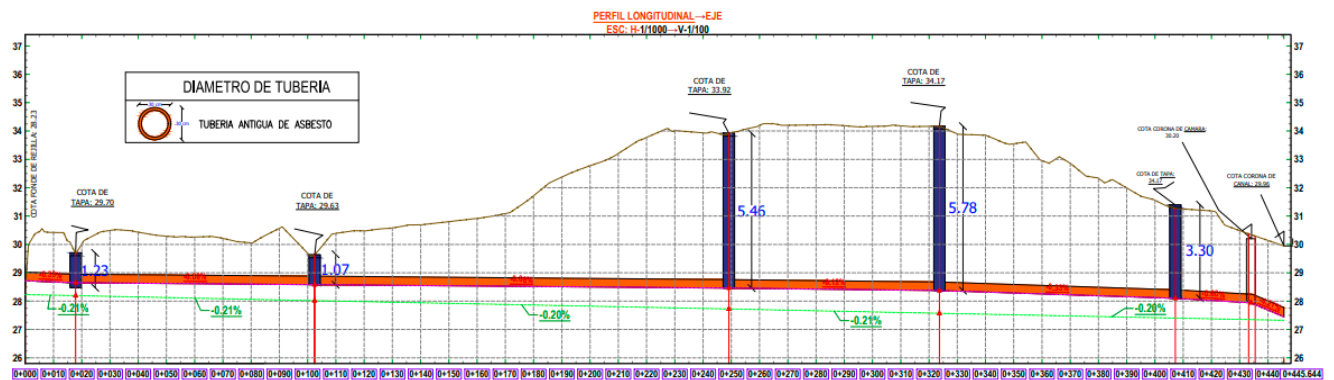
Tabla 3 Ficha de recolección de dimensiones del drenaje

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DIMENSIONES DEL DRENAJE										
ELEMENTOS	CALLE						DRENAJE			
CALLE ESTUDIO / PARÁMETROS	CDRAS	PENDIENTE	SECCIONES TRANSVERSALES	ALTURA INCLUIDA VEREDA	ANCHO	ALTO	TIPO	ANCHO	ALTURA	PENDIENTE HACIA SALIDA
REJILLA PLUVIAL	1	-0.39%	0+000 - 0+017.853	1.23	10	1.23	DRENAJE	0.3	0.3	-0.39%
BZ - 01	1	-0.08%	0+017.854 - 0+102.463	1.07	10	1.07	DRENAJE	0.3	0.3	-0.08%
BZ - 02	1	-0.08%	0+102.464 - 0+249.132	5.46	10	5.46	DRENAJE	0.3	0.3	-0.08%
BZ - 03	2	-0.12%	0+249.133 - 0+323.685	5.78	10	5.78	DRENAJE	0.3	0.3	-0.12%
BZ - 04	2	-0.33%	0+323.686 - 0+407.203	3.30	10	3.30	DRENAJE	0.3	0.3	-0.33%
CAMARA DE BOMBEO	2	-0.60%	0+407.204 - 0+433.953	2.41	10	2.41	DRENAJE	0.3	0.3	-0.60%
CANAL	2	-4.21%	0+433.954 - 0+445.644	2.50	10	2.50	DRENAJE	0.3	0.3	-4.21%

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS:

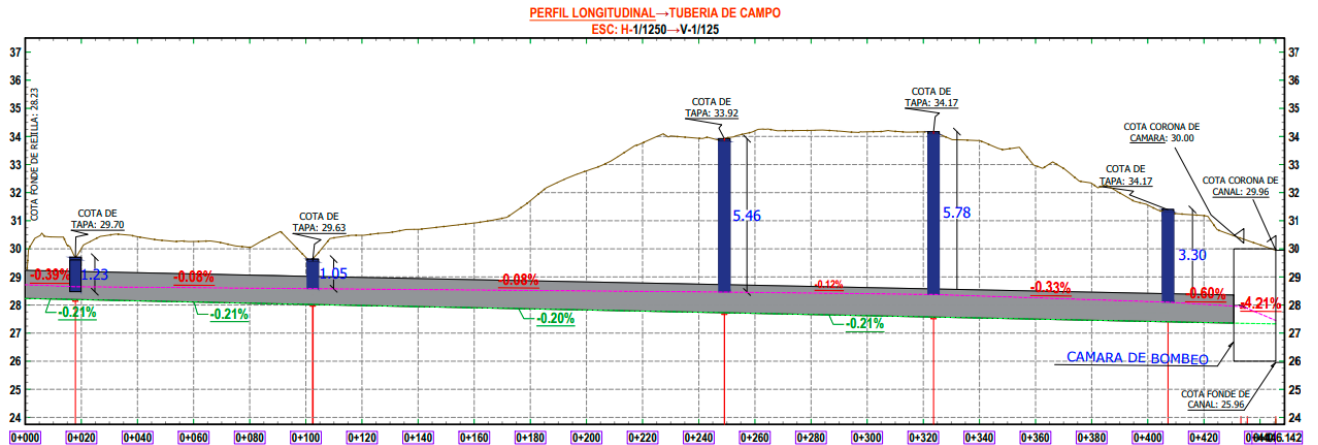
Fuente: Elaboración propia, 2023

Figura 3 Perfil longitudinal del Dren Pluvial existente



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Figura 4 Perfil longitudinal proyección de drenaje



Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.2. Estudio de suelos

En el **segundo objetivo específico**, establecer las características físico - mecánicas de los materiales que conforman el terreno de fundación, donde se está proyectando diseñar un sistema de drenaje pluvial para evitar las inundaciones en la cuenca Monterrico, ubicado en la urbanización Miraflores, distrito de castilla y provincia de Piura.

Por ello es necesario la definición del perfil estratigráfico del suelo, análisis de sus propiedades físico-mecánicas, determinación de su capacidad de soporte y análisis ante algún requerimiento de mejoramiento y/o estabilización de suelos, ya sea por su baja capacidad de soporte, alto contenido de agentes químicos agresivos al paquete estructural del pavimento, Nivel Freático y por su clasificación SUCS; además de la verificación de sus condiciones de estabilidad, todo ello para poder definir la clase de terreno de fundación que permita diseñar una estructura de pavimento adecuada a dichas características. Para dar cumplimiento se procedió con los siguientes resultados.

4.2.1. Geología

4.2.1.1. Geología regional

La geología regional de la zona de interés, está integrada por unidades geológicas del Cenozoico de formaciones sedimentarias de edad Terciaria, cubiertas por unidades de edad Cuaternaria, correspondientes a las denominadas Geoformas de terrazas aluviales; destacando la presencia de la formación Zapallal de origen marino, textura pelítica y naturaleza argílica.

En el punto más al norte de la cuenca de Sechura se encuentra la ciudad de Piura. Su estratigrafía corresponde a una secuencia de sedimentos dispuestos en rocas alternas, que van desde el Cuaternario Reciente hasta el Terciario Mioceno Superior, ubicados sobre rocas Cenozoicas con basamento en el Complejo Metamórfico Costero.

4.2.1.2. Geomorfología

En la zona de interés Geomorfológicamente se distinguen las unidades denominadas Planicies y/o Llanuras Aluviales, conformando parte de la fisiografía de la cuenca correspondiente a un valle.

Pequeñas elevaciones y una topografía moderada caracterizan esta zona y sus áreas de crecimiento urbano, las cuales están compuestas por depósitos de arena de grano medio a fino. Adicionalmente, muestra áreas con depresiones, que pueden inundarse durante fuertes lluvias (información de la Municipalidad distrital de Castilla - Defensa Civil).

Además de la existencia del Drenaje 1308, que recibe agua de las quebradas, así como escorrentías superficiales, también cuenta con pequeñas quebradas (Quebrada El Gallo y Quebrada Tacalá), que transportan grandes volúmenes de agua en épocas de lluvias intensas y se convierten en colectores de escorrentías superficiales. pobladas en las zonas cercanas a la zona de estudio. En algunas zonas del distrito existen pequeños taludes que, en épocas de lluvias intensas, se convierten en escurrimientos y, como consecuencia del volumen de agua y de la naturaleza y consistencia de los suelos predominantes, dan lugar a la formación de cangrejas en algunas calles, que contribuyen a la inestabilidad de las viviendas.

4.2.1.3. Estratigrafía

En el área de interés se exponen rocas estratigráficamente diversas con edades que van desde el Paleozoico hasta el Reciente o Cuaternario y compuestas principalmente por rocas sedimentarias y metamórficas cubiertas por depósitos consolidados contemporáneos.

- Formación Zapallal (Ts-Za)

Depósito sedimentario argílico, de origen marino, formado por procesos de transgresiones marinas, y sedimentado secuencialmente hasta alcanzar clasificación de Suelo de Consolidación Rocosa; se ha identificado que está conformado por horizontes de mayor potencia de partículas arcillosas consolidadas de textura pelítica, coloración variante de gris-verdosa, se halla intercalado con horizontes de areniscas de grano fino-medio a grueso cuyo color es pardo-amarillento así como también lutitas intensamente meteorizadas.

Esta formación se haya expuesta a procesos de erosión a lo largo del cauce del río.

- **Cuaternario**

Depósitos Fluviales (Qr-fl): Se acumulan a lo largo del fondo y los márgenes del río Piura y están compuestos de arena gris claro en la parte superior y arena de color marrón amarillento más cerca del fondo del río. A medida que el lecho del río se hace más profundo, el grado de compacidad aumenta de bajo a medio. Se observa la presencia de lentes arcillosos de color pardo claro a pardo de plasticidad media y buena distribución areal. Así como los materiales limo-arcillosos tienen su mayor amplitud en las regiones de planicies y valles, los depósitos más significativos se encuentran en el lecho del río Piura.

Depósitos Eólicos (Qr-e): Estas arenas limitadas sueltas y grises son el resultado de la reelaboración de materiales aluviales y fluviales por el viento y se depositan aguas arriba. Se encuentran principalmente en la orilla derecha del río Piura en el sector de los Ejidos - Puente Cáceres, así como en la sección sur del sector de la integración de Puente Bolognesi - Puente. Estas son acumulaciones de arena de espesor variable, algunas de las cuales están bloqueadas por una densa vegetación.

Depósitos Aluviales (Qr-al): Las principales áreas agrícolas están ubicadas cerca de las áreas de las antiguas terrazas del río Piura, y este tipo de material es generalmente una intercalación de limo de color marrón claro con arena de grano fino a marrón amarillento, con presencia de raíces de árboles y plantas menores. Similar a esto, hay presentes pequeñas lentes de arcilla, que varían en color de marrón claro a marrón oscuro dependiendo de la cantidad de humedad presente.

4.2.2. Geología local

Localmente muestra una secuencia de sedimentos del extremo sur de la cuenca de Sechura que están compuestos por depósitos de arenas limosas con intercalaciones de arenas de grano medio a fino en la superficie y la presencia de delgados horizontes arenoso-arcillosos en profundidad.

El área de estudio está situada sobre una superficie suavemente ondulada que se asemeja parcialmente al valle del río Piura. El suelo está compuesto por arenas grises de grano fino que son en algunas áreas ferruginosas, no particularmente compactas o densas, y en otras, hay pequeños lentes de suelos limo-arenosos a limo-arcillosos más compactos.

4.2.3. Geodinámica externa

La evaluación de los efectos de las fuerzas naturales provocadas por la modificación de la superficie terrestre como resultado de influencias externas, como, por ejemplo, es parte de la geodinámica externa: la acción pluvial, eólica, marítima, etc.; así como también agentes climatológicos.

La presencia de fenómenos de geodinámica externa en la ciudad de Piura se acentúa en los meses de mayores precipitaciones pluviales en la región Norte (Enero – Abril), estos periodos lluviosos se traducen en el aumento de la energía de las aguas y activación de los cauces, por lo tanto los efectos de denudación de los materiales geológicos se acentúan durante estos meses produciendo gran arrastre de sedimentos de la parte alta a la baja tanto del valle principal como también de sus tributarios. Según esta perspectiva, las inundaciones en las zonas depresivas, las precipitaciones e infiltraciones en el subsuelo, los procesos erosivos por acción fluvial (formación de “cangrejos”), los

procesos de erosión y deposición de arenas de grano fino por acción del viento, los procesos de hinchamiento y contracción del suelo, la licuefacción de arenas, etc. son los principales fenómenos que se dan en el área de estudio.

La mayoría de los cimientos de las edificaciones se han planificado sobre depósitos de arenas de grano fino a medio y sobre arenas pobremente graduadas con limo, baja compactidad y resistencia a la penetración, baja humedad, y hacia el fondo, presencia de pequeños horizontes de arcillas arenosas. Para aminorar sus efectos sobre la ciudad, es necesario implementar todas las medidas de prevención y mitigación adecuadas.

- **Peligros geológicos**

La acción pluvial es el principal agente que condiciona los peligros más frecuentes que se presentan a lo largo del tramo estudiado, ocasionando temas de erosión, desgaste y filtraciones por escorrentía y drenaje en épocas de intensas precipitaciones pluviales y en presencia del Fenómeno El Niño (FEN); además del peligro de Inundación Pluvial en presencia del FEN en aquellas áreas registradas como zonas inundables y peligros de inundación fluvial sólo en áreas sujetas a desbordes especialmente en los terrenos de pendiente más bajas próximos a la margen del río Piura, por aumento del cauce del río Piura durante el Fenómeno El Niño.

Cabe mencionar que SENAMHI resalto que durante el período lluvioso FEN del 1998 (enero) la ciudad de Piura registró el máximo de lluvia de hasta 173.6 mm, mientras que el 2017 (marzo) 81.5 mm. Estos peligros van a afectar directamente a la infraestructura si no se toman las medidas de prevención adecuadas de drenaje y los mantenimientos periódicos necesarios.

4.2.4. Metodología

La metodología utilizada para llevar a cabo el estudio consistió fundamentalmente en la realización de sondeos de exploración a cielo abierto (tajos de prueba) a lo largo del tramo para realizar investigaciones de campo. En cada caso, se obtuvieron muestras representativas y luego estas muestras se analizaron en un laboratorio. Finalmente, con la información recabada en ambas fases, se realizaron las tareas de gabinete para luego registrar los hallazgos del estudio en forma escrita y gráfica.

4.2.4.1. Trabajo de campo

El trabajo de campo, que tuvo lugar en mayo de 2023, implicó la excavación manual de pozos en el exterior en secciones representativas de las calles bajo investigación. Las calicatas que se excavaron tenían una profundidad mínima de 1.50 m.

En cada levantamiento (pozo) se registraron las características de las sustancias que componen el perfil estratigráfico de la vía, tales como tipo de suelo, contenido de humedad, plasticidad, color, etc. Según la norma ASTM D2488-06, para la recolección de la información en campo se utilizaron formatos propios creados especialmente para este fin.

De cada sondeo realizado se tomaron muestras representativas en cantidad suficiente para realizar los ensayos de laboratorio necesarios para conocer las propiedades físicas de los suelos de fundación. También se tomaron muestras para las pruebas Proctor y CBR, que permitieron determinar la densidad natural correspondiente.

El número de muestras, profundidad y descripción de las calicatas ejecutadas se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4 Relación detallada de calicatas ejecutadas

Calicata	Estrato	Profundidad (m) A cielo abierto	Ubicación (coordenadas)	Nivel Freático (m)
1	ANTROPICO	0,00 - 0,60	17M 542513.29 m E 9426844.65 CALLE 16	NO
	SM	0,60 – 1,50		
	SM	1,50		
2	ANTROPICO	0,00 - 0,50	17M 542566.12 m E 9426802.98 CALLE 21	NO
	SM	0,50 – 1,50		
	SM	1,50		
3	ANTROPICO	0,00 - 0,55	17M 542597.33 m E 9426828.06	NO
	SM	0,55 - 1,50		
	SM	1,50		

Fuente: Elaboración propia

4.2.4.2. Trabajo de laboratorio

Para cada variación estratigráfica se realizaron pruebas de laboratorio de acuerdo con el Manual de pruebas de laboratorio (EM-2000). A través de pruebas físicas y mecánicas de las muestras perturbadas de cada exploración, el trabajo de laboratorio permitió determinar las propiedades del suelo. En el siguiente Cuadro 2 de "Pruebas de mecánica de suelos" enumera las diversas pruebas que se realizaron en las muestras recolectadas durante el trabajo de campo e incluye información sobre el nombre, el uso, el método de clasificación, el tamaño de la muestra y el objetivo de cada prueba.

Tabla 5 Pruebas de mecánica de suelos

NOMBRE DEL ENSAYO	USO	METODO MTC	ENSAYO ASTM	PROPOSITO DEL ENSAYO
Análisis Granulométrico por tamizado	Clasificación	E-107	D422	Para determinar la distribución del tamaño de partículas del suelo
Contenido de Humedad	Clasificación	E-108	D2216	Determinar el contenido de humedad del suelo.
Límite Líquido	Clasificación	E-110	D4318	Hallar el contenido de agua entre los estados Líquido y Plástico.
Límite Plástico	Clasificación	E-111	D4318	Hallar el contenido de agua entre los estados Plásticos y semi sólidos.
Índice Plástico	Clasificación	E-111	D4318	Hallar el rango de contenido de agua por encima del cual, el suelo está en un estado plástico.
Compactación Proctor Modificado	Diseño de espesores	E-115	D1557	Determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario de los Suelos (Curva de Compactación).
CBR	Diseño de espesores	E-132	D1883	Determinar la capacidad de carga. Permite inferir el módulo resiliente.

Fuente: Elaboración propia

a) Propiedades físicas

Se describen y explican los objetivos de cada una de las pruebas que se administrarán. Cabe señalar que las pruebas físicas se alinean con las que identifican los atributos físicos de los suelos y permiten la clasificación del suelo.

Análisis Granulométrico por tamizado (MTC E-107)

La granulometría, que se determina tamizando o pasando el árido por mallas de varios diámetros hasta el tamaño N°200 (0.074 milímetros de diámetro), es la distribución de las partículas del suelo según su tamaño. La prueba de sedimentación se usa para determinar la distribución granulométrica de la muestra debajo de ese tamiz.

Una curva granulométrica es producida por el análisis granulométrico, que traza el diámetro del tamiz versus el porcentaje total de material retenido o pasado, dependiendo del eje que se le va a dar al agregado.

Limite Líquido (MTC E-110) y Limite Plástico (MTC E-111)

La moldeabilidad de un suelo se conoce como su plasticidad. Esta depende de la cantidad de arcilla que contiene el material que pasa la malla N°200, porque es este material el que actúa como ligante.

Una sustancia puede existir en estado líquido, plástico o seco, dependiendo de la cantidad de humedad que contenga. Se dice que está en estado semilíquido cuando el agregado tiene un contenido de humedad específico y está tan húmedo que no se puede moldear. Cuando el suelo comienza a adquirir una consistencia que permite trabajarlo o moldearlo a medida que se le escurre el agua, aunque todavía esté húmedo, se dice que el suelo está en estado plástico.

Cuando el agua se elimina continuamente, el material finalmente pierde su capacidad de ser trabajado y se agrieta cuando se moldea, momento en el que se dice que está en un estado semiseco. El Límite Líquido (MTC E-1010) es el contenido de humedad en el que el agregado pasa de un estado semilíquido a un estado plástico, y el Límite Plástico (MTC E-11) es el contenido de humedad en el que el agregado pasa de un estado plástico a un estado semiseco.

Contenido de Humedad Natural (MTC E-108)

El contenido de humedad de una muestra, que se expresa como un porcentaje del peso del agua dividido por el peso del material seco, nos dice cuánta agua contiene.

Este valor es relativo en cierto sentido porque depende de las condiciones atmosféricas variables. Por lo tanto, es conveniente realizar esta prueba y comenzar a utilizar los resultados casi de inmediato para evitar distorsiones durante el proceso de cálculo.

Clasificación de Suelos por el Método SUCS y por el Método AASHTO

El tamaño de las partículas distingue los diversos tipos de suelo. Con frecuencia se combinan con dos o más tipos de suelo diferentes, que incluyen arena, grava, limo, arcilla y limo arcilloso, entre otros. El rango de tamaños de partículas (graduación) se establece de acuerdo con la consistencia de las pruebas utilizadas para establecer los límites de consistencia. El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), que divide el suelo en 15 grupos indicados por nombres y términos simbólicos, es uno de los sistemas más populares para clasificar el suelo.

La totalidad de muestras se analizaron; los resultados se presentan en los Anexos A y B "Registros de Excavación" y "Ensayos de Laboratorio de Suelos". En la Tabla 6: "Resumen de valores de ensayo MTC E-1 10, MTC E-1 11 y MTC E-1 08", se muestran los resultados del laboratorio, identificando la ubicación, la profundidad, Límite Líquido, Índice Plástico, Contenido de Humedad y clasificación de calicatas realizadas en mayo.

Tabla 6 Resumen de valores de ensayos

CALICATA	C-1	C- 2	C-3
Muestra	M – 1	M – 1	M - 1
Profundidad (m.)	0,60 – 1.50	0,50 - 1,50	0,55 - 1,50
% Pasa Malla N°4	99.34	98.99	100,00
% Pasa Malla N°200	23.8	27,0	13,1
% GRAVA	0,7	1,0	0,0
% ARENA	75.5	72,0	86,9

Límite líquido		21,13	21,77	22,73
Índice Plástico		NP	NP	2,32
Contenido de humedad %		4,4	4,2	5,3
Clasificación de Suelos "SUCS"		SM	SM	SM
Proctor	MDS (gr/cm ³)	1,76	1,77	1,798
	OCH (%)	--	--	--
CBR 0,1"	95%	11	--	--
	100%	--	--	--

Fuente: Elaboración propia

b) Propiedades Mecánicas

Las pruebas utilizadas para definir las propiedades mecánicas permiten el análisis de la resistencia o el comportamiento del suelo bajo sollicitaciones de carga.

Ensayo de Proctor Modificado (MTC E-1 15)

La prueba de Proctor se utiliza para identificar el contenido de humedad óptimo en el que una compactación predeterminada da como resultado la máxima densidad seca del suelo. Antes de usar el agregado en el suelo, se debe realizar esta prueba para determinar la cantidad de agua que se debe agregar para lograr la mejor compactación.

Se investiga el contenido de agua inicial del impacto del suelo en este procedimiento de compactación y se descubre que este valor es crucial para el nivel final de compactación. Es cierto que a mayores contenidos de humedad se obtienen mayores pesos específicos secos, a partir de valores bajos, lo que conduce a una mejor compactación del suelo. Sin embargo, esta tendencia no dura indefinidamente; en cambio, cuando la humedad supera cierto valor, los pesos específicos secos obtenidos disminuyen, lo que conduce a una peor compactación de la muestra.

Es decir, hay un nivel de humedad inicial, denominado "óptimo", para un suelo dado y el procedimiento descrito que da como resultado el peso unitario seco más alto que se puede obtener.

Lo anterior puede explicarse en general tomando en consideración el hecho de que, a bajos contenidos de agua, en suelos finos del tipo de suelos arcillosos, el agua es capilar produciendo compresiones entre las partículas constituyentes del suelo que tiende a formar grumos difícilmente desintegrados e impiden la compactación. La tensión capilar en el agua se reduce a medida que aumenta el contenido de agua, mejorando los resultados de la misma cantidad de energía de compactación. Sin embargo, si el contenido de agua es tal que hay un exceso de agua libre, hasta el punto de casi llenar los vacíos del suelo, esto impide una buena compactación porque no puede moverse instantáneamente bajo el impacto del pistón.

California Bearing Ratio CBR (MTC E-132)

La resistencia al corte de un suelo en condiciones de densidad y humedad controladas con precisión se mide mediante el Índice de California (CBR).

Con la ayuda de curvas empíricas, se aplica a proyectos de pavimentación. La relación de la carga unitaria necesaria para insertar un pistón a la misma profundidad en una muestra tipo piedra rota se usa para expresarla como un porcentaje. Dentro de la muestra estándar, se calculan los valores de carga unitaria para las diversas profundidades de penetración.

c) Propiedades químicas

La cantidad de agentes agresivos en el hormigón hidráulico se puede calcular utilizando los ensayos para definir las propiedades químicas.

4.2.4.3. Trabajo de gabinete

Este informe técnico final ha sido elaborado en base a los hallazgos en Campo y Laboratorio e incluye un análisis del perfil estratigráfico, un cálculo de capacidad de soporte de CBR, conclusiones y recomendaciones. También se incluye un panel que sustenta la estratigrafía descubierta y anexos que contienen los resultados de las pruebas de campo y laboratorio.

4.2.4.3.1. Perfil Estratigráfico

De acuerdo a la exploración realizada a través de las calicatas que se realizaron en el mes de abril en periodos de fuertes lluvias, según se observa en el registro de estudio de exploración y en los resultados de laboratorio adjuntos; El perfil estratigráfico presenta las siguientes características:

Calicata 1:

0.00 – 0.60: Relleno antrópico, material de construcción.

0.60 – 1.50: Arena limosa mal gradada, color beige, estado muy húmedo, consistencia firme. Se clasifica según SUCS como un SM, espesor del estrato 1.50 m

No se evidencio nivel freático.

Calicata 2:

0.00 – 0.50: Relleno antrópico, material de construcción.

0.50 – 1.50: Arena limosa mal gradada, color beige, estado muy húmedo, consistencia firme. Se clasifica según SUCS como un SM, espesor del estrato 1.50 m

No se evidencio nivel freático.

Calicata 3:

0.00 – 0.55: Relleno antrópico, material de construcción.

0.55 – 1.50: Arena limosa mal gradada, color beige, estado muy húmedo, consistencia firme. Se clasifica según SUCS como un SM, espesor del estrato 1.50 m

No se evidencio nivel freático.

4.2.4.4. Presencia de nivel freático

En el trabajo de campo no se visualizó presencia de napa freática.

4.2.4.5. Mejoramiento de suelos a nivel de subrasante proyectada

Encontrar las áreas de suelos con baja capacidad portante o suelos con problemas particulares (expansión, blandura, etc.) es el objetivo principal, considerando las variaciones de altura de la subrasante proyectadas controladas por el diseño geométrico con respecto al nivel del suelo; y con sus respectivas dimensiones de largo, ancho y profundidad para su sustitución por suelos de mejores características físico-mecánicas.

Los siguientes criterios serán considerados para identificar los tramos de carretera que necesitan ser mejorados, son:

- Suelos de baja capacidad de soporte
- Presencia de materia orgánica
- Suelos expansivos (suelos de mediana y alta expansión)
- Suelos blandos.
- Licuefacción de Arenas

4.2.4.5.1. Suelos de baja capacidad de soporte

Según la norma CE.010 Pavimentos Urbanos, Ítem 5.7 mejoramiento de subrasante. Para una subrasante clasificada como muy pobre y pobre (CBR < 6 %) El material inadecuado se retira y se reemplaza con material de préstamo granular que tiene propiedades de soporte superiores.

4.2.4.5.2. Presencia de materia orgánica

Los suelos orgánicos tipo turba tienen una alta proporción de vacíos, una textura fibrosa o amorfa, un color marrón oscuro o negro, un olor orgánico y están compuestos principalmente de tejidos vegetales en diversas etapas de descomposición. Tienen un comportamiento mecánico muy crítico y son altamente consolidables debido a su mal diseño estructural.

Los pozos de prueba exploratorios no arrojaron material orgánico.

4.2.4.5.3. Suelos expansivos (suelos de mediana y alta expansión)

La expansión libre debe ser mínima porque los suelos de cimentación del pavimento proyectado no pueden exhibir ninguna expansión que pueda poner en peligro la integridad estructural del pavimento.

Tabla 7 Suelos expansivos

CALICATA	C-1	C- 2	C-3
Muestra	M - 1	M - 1	M - 1
Profundidad (m.)	0,60 – 1.50	0,50 - 1,50	0,55 - 1,50
% Pasa Malla N° 4	99.34	98.99	100,00
% Pasa Malla N° 200	23.8	27,0	13,1
% GRAVA	0,7	1,0	0,0
% ARENA	75.5	72,0	86,9
Límite líquido	21,13	21,77	22,73
Índice Plástico	NP	NP	2,32

Contenido de humedad %	4,4	4,2	5,3	
Clasificación de Suelos "SUCS"	SM	SM	SM	
Proctor	MDS (gr/cm3)	1,76	1,77	1,798
	OCH (%)	--	--	--
CBR 0,1"	95%	11	--	--
	100%			
EXPANSION DEL SUELO	BAJO	BAJO	BAJO	

Fuente: Elaboración propia

Los valores evaluados permiten concluir que los suelos de la sección de estudio, que conforman el terreno de cimentación, presentan un bajo grado de expansión.

4.2.4.5.4. Suelos blandos

Debido al hecho de que los suelos cohesivos pueden deformarse significativamente incluso bajo cargas relativas pequeñas, históricamente este tema se ha considerado de fundamental interés. Los suelos que se consideran blandos son aquellos clasificados en SUCS como CL.; de compresibilidad relativamente baja y suelos tipo CH, MH, OH y Pt; por ser francamente comprensibles. No se ha encontrado suelos del tipo CL de mediana a baja plasticidad en la vía en estudio.

La evaluación realizada llevó a la conclusión que necesita obras de mejora del suelo.

4.2.4.5.5. Licuefacción de Arenas

Un fenómeno conocido como licuefacción, que es la pérdida breve de la resistencia al corte de los suelos granulares como consecuencia de la presión intersticial generada en el agua contenida en ellos como consecuencia de una vibración violenta, puede ser provocado por vibraciones sísmicas en los

suelos granulares, especialmente los arenosos. Los grandes asentamientos que ocurren durante o justo después de un terremoto son el resultado de esta pérdida de resistencia del suelo. Sin embargo, un suelo granular debe exhibir simultáneamente las siguientes características para ser licuable en caso de un terremoto:

- Debe estar constituido por arena fina a arena fina limosa.
- Debe encontrarse sumergida (napa freática).
- Su densidad relativa debe ser baja.

En el caso de la zona en estudio si se presentan estas condiciones. Debido a la presencia de arenas limosas y arenas pobremente gradada con limo, se está considerando un cambio de textura del material para controlar el riesgo en un potencial problema de licuefacción de suelos en el área de influencia de la calicata N.º C-1, C-2, C-3.

4.3. Estudio hidrológico

Como **tercer objetivo específico**, que es determinar las características hidrológicas de la cuenca Monterrico de la urbanización Miraflores, Castilla 2023, los datos para esta ficha hidráulica, se tomó como referencia información de los últimos 8 años de las precipitaciones caídas dentro del área de estudio, a través del SENAMHI de la estación meteorológica Miraflores y fijar un rango en relación a las precipitaciones, temperatura Max-min, Humedad relativa y las lluvias a través de los años sucedidos a partir del Fenómeno del Niño, calculando los caudales máximos.

La zona de interés está comprendida en la cuenca hidrográfica del río Piura; son sus afluentes quienes descargan sus aguas finalmente al río continuando su cauce hacia el desierto de Sechura quien finaliza el trayecto de estas aguas en el Océano Pacífico.

La hidrología de la cuenca tiene especial importancia, dado que es el centro de convergencia de factores de riesgo ante una población vulnerable, especialmente durante la presencia del Fenómeno El Niño (FEN), vinculados al manejo del recurso hídrico.

La cuenca del río Piura se sitúa entre los 0 y 3600 msnm, se halla monitoreada a través de estaciones de la red de telemetría ubicadas estratégicamente a lo largo de la cuenca del río Piura, permitiendo hacer pronósticos con 72 horas de anticipación y 98% de certeza (cabe mencionar la existencia de puntos de monitoreo del registro de descargas en la Presa Los Ejidos y Puente Sánchez Cerro). Según datos históricos presenta un caudal medio anual de 36 m³/s, la cuenca presenta una extensión de 12216 km², el río Piura una extensión de 295 km.

Según el análisis realizado por SENAMHI (año 2003) respecto a la Precipitación Acumulada durante un periodo lluvioso normal se registró entre los 200 – 500 mm; mientras que durante el Fenómeno El Niño del 1997 -1998 se registraron valores de precipitación acumulada de 1200 – 1600 mm, además se registró una crecida del río Piura de 4424 m³/s.

- **Ficha de registro hidrológico**

Tabla 8 Estación meteorológica

Estación :	Miraflores	Tipo :	Convencional	Responsable :	SENAMHI
Departamento :	PIURA	Provincia :	PIURA	Distrito :	CASTILLA
Latitud :	5°10'31"	Longitud :	80°36'59.55"	Altitud :	34 msnm
Tipo :	MAP - Meteorológica	Código :	105100	Ciclo :	2016-2023

Fuente: Elaboración propia

- **Precipitaciones**

Tabla 9 Precipitación máximas estación Miraflores (2016 – 2023), datos parciales.

DÍA / MES / AÑO	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
01/03/2016	33.4	25	76.9	0
02/03/2016	37	25	81.4	5
03/03/2016	30.2	24.8	97.9	5.5
04/03/2016	34.6	24.2	88.8	62.3
05/03/2016	32.8	23	94.7	0
06/03/2016	34	25	89.5	9.3
07/03/2016	29.8	24	97.7	0
08/03/2016	35.6	23.6	81.5	0
09/03/2016	35	25	77.4	0
10/03/2016	35.2	25.2	73.8	0
11/03/2016	33.6	25	81.6	0
12/03/2016	35.2	24.2	77	0
13/03/2016	35.6	23.8	77	0
14/03/2016	35	25	74.8	0
15/03/2016	34.8	25.8	71.8	0
16/03/2016	35.8	25.2	71.4	0
17/03/2016	35.6	23.4	78.3	0
18/03/2016	36	24	70.3	0
19/03/2016	36.6	23.8	70.4	0
20/03/2016	35.8	24.6	68.9	0
21/03/2016	37.4	25.6	68.7	0
22/03/2016	37.2	25.2	68.9	0
23/03/2016	35.6	26.6	71.2	0
24/03/2016	35.8	23.8	72.1	0
25/03/2016	34.2	23.6	81.5	0
26/03/2016	35.8	24.8	71.7	0
27/03/2016	36.6	25.8	70.2	0
28/03/2016	35.2	25.6	73.7	0
29/03/2016	36.2	25.2	67.8	0
30/03/2016	36	25	76.7	0
31/03/2016	34.6	25.2	71.7	0
01/03/2017	34.6	24.2	81.5	1.3
02/03/2017	34	25.2	83.2	0
03/03/2017	33.8	25	85.7	14.4
04/03/2017	32.6	24.8	88.5	4.7
05/03/2017	32.8	24.8	91.2	21
06/03/2017	32.2	24	89	15
07/03/2017	34	24.2	86.2	37.5
08/03/2017	33	23.4	89.3	16.8
09/03/2017	30.2	24.8	93.4	0

10/03/2017	33	25	86.4	4.8
11/03/2017	35	23.4	88.4	26
12/03/2017	33.8	25	90.1	66
13/03/2017	33	23	87.8	16
14/03/2017	33.2	24	89.3	1
15/03/2017	33.2	25.8	85.6	25.2
16/03/2017	33.4	24.8	80.6	1.6
17/03/2017	34.2	24.6	77	13
18/03/2017	32.2	24.2	90.1	14.4
19/03/2017	32.6	24	83.8	8
20/03/2017	34.2	23.6	77	11
21/03/2017	34.6	24	78.9	81.5
22/03/2017	32.4	23.8	79.2	1.5
23/03/2017	33.2	24.8	75.3	3.7
24/03/2017	32	24.8	87.2	1
25/03/2017	31	25.4	87.9	80.6
26/03/2017	S/D	23	S/D	4.8
27/03/2017	33	24.8	82.7	0
28/03/2017	32.8	25	78	0
29/03/2017	31.6	25.8	85.1	0.5
30/03/2017	32	24.4	82.8	22.5
31/03/2017	33	23.8	79.9	5
01/03/2018	35.6	22	62.1	0
02/03/2018	35.2	22.8	61.8	0
03/03/2018	36	22.8	60.5	0
04/03/2018	34.6	23	59.3	0
05/03/2018	35.6	22.8	57.6	0
06/03/2018	35.2	22.6	58.6	0
07/03/2018	35.8	21.8	56.8	0
08/03/2018	36	23.4	60.3	0
09/03/2018	35.2	22.6	64.7	0
10/03/2018	35	22.8	61.5	0
11/03/2018	34.8	20.8	65.8	0
12/03/2018	35.2	20.2	62.6	0
13/03/2018	36.2	22	60.9	0
14/03/2018	36.4	21	59.5	0
15/03/2018	35.8	22.6	59.8	0
16/03/2018	36.2	25	58.2	0
17/03/2018	34.8	24.8	63.3	0
18/03/2018	35.2	24	65.8	0
19/03/2018	36	24.4	70.1	0
20/03/2018	34.8	22.6	74.1	0
21/03/2018	35.2	22	72.7	0
22/03/2018	35.6	21.2	61.7	0
23/03/2018	35.8	22.8	67.9	0
24/03/2018	36.2	22.8	60.2	0

25/03/2018	35.6	21.8	65.6	0
26/03/2018	32.6	20.8	72.8	0
27/03/2018	34.6	22.6	68.5	0
28/03/2018	34.4	22	65.9	0
29/03/2018	34.2	22	64.4	0
30/03/2018	34.6	22.2	67.1	0
31/03/2018	35.4	21.8	69.3	0
01/03/2019	36.8	25	62.5	2.8
02/03/2019	35.6	23.2	67	0
03/03/2019	36	24.8	66.8	0
04/03/2019	35.8	24.4	65	0
05/03/2019	37.4	25.4	65.5	0
06/03/2019	36.2	25.2	68.2	0
07/03/2019	35	23.8	65.5	0
08/03/2019	36.8	22.8	61.1	0
09/03/2019	36.4	23.8	61.2	0
10/03/2019	36.8	24	59.6	0
11/03/2019	38	25.2	60.9	0
12/03/2019	37.2	25.2	63	0
13/03/2019	37	24.8	61.7	3
14/03/2019	36.2	23.8	65.5	0
15/03/2019	37.2	24	60.6	0
16/03/2019	36	24.2	62.2	0
17/03/2019	36.4	24.2	61.7	0
18/03/2019	36	22.6	63.7	0
19/03/2019	35.2	23.2	59.2	0
20/03/2019	31.8	23.2	62.9	0
21/03/2019	35.8	22	63.6	0
22/03/2019	37.6	23.2	59.9	0
23/03/2019	34.8	23	60.5	0
24/03/2019	35.4	22.8	61.7	0
25/03/2019	36.2	22.8	63.3	0
26/03/2019	35	23.4	64.4	0
27/03/2019	34.2	22.4	64.5	0
28/03/2019	35.8	22.6	64.2	0
29/03/2019	33.8	22.8	67	0
30/03/2019	33.2	24.2	67.7	0
31/03/2019	35.2	21.2	63.8	0
01/03/2020	35.2	25.6	72.7	0
02/03/2020	36.8	24.4	67.6	0
03/03/2020	36.2	23.8	69.4	0
04/03/2020	37.2	24	72.7	0
05/03/2020	36.6	24.8	65.5	0
06/03/2020	37	24.6	65.7	0.3
07/03/2020	35.4	24.2	69	0
08/03/2020	35.6	24.8	70.3	0

09/03/2020	35.8	26	59.4	0
10/03/2020	37.6	24	63.2	0
11/03/2020	38.8	24.8	63.3	0
12/03/2020	35.2	25.2	69.1	0
13/03/2020	37.8	25	60.1	0
14/03/2020	35.4	24.8	72.2	0
15/03/2020	37.2	24.4	65.2	0
16/03/2020	37	25	64.5	0
17/03/2020	35.2	24.6	68.4	0
18/03/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
19/03/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
20/03/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
21/03/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
22/03/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
23/03/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
24/03/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
25/03/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
26/03/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
27/03/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
28/03/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
29/03/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
30/03/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
31/03/2020	S/D	S/D	S/D	S/D
01/03/2023	36.4	24.6	69.7	0
02/03/2023	35.4	25	60.7	0
03/03/2023	36.2	24.8	59.8	0
04/03/2023	35.4	24.2	63.6	0
05/03/2023	35.2	25.4	62.6	0
06/03/2023	35	25.2	69.6	23.8
07/03/2023	32.2	23.4	79.2	5.8
08/03/2023	32.8	23	78.7	7
09/03/2023	32	25	75.4	4
10/03/2023	30.8	23.8	85.3	44.6
11/03/2023	34.2	24	73.5	0
12/03/2023	32.8	25.6	76.2	0
13/03/2023	33.2	25.6	76.2	0
14/03/2023	34.2	24.8	73.1	0
15/03/2023	32	25.4	80.1	61
16/03/2023	33.6	23.8	71.7	0
17/03/2023	34.2	24	71	0
18/03/2023	34.4	24	70.2	0
19/03/2023	34	25.2	75	0
20/03/2023	34.2	25	73	0
21/03/2023	35	24.8	72.4	0
22/03/2023	35	25.8	70.6	7.8
23/03/2023	31.8	24.8	S/D	20.2

24/03/2023	31.8	S/D	85.5	94.5
25/03/2023	32.8	23.8	74.4	0
26/03/2023	33.2	24.2	69.5	0
27/03/2023	32.2	24.2	73.8	0
28/03/2023	32.8	24.4	72.1	8
29/03/2023	33.6	23.6	80.1	1
30/03/2023	33.4	24.2	83.6	13.3
31/03/2023	33.4	22.4	82.9	0

Fuente: SENAMHI / DRD 2023.

Figura 5 Promedio anual

Estación	Miraflores			
Parámetros	Precipitaciones			
Latitud	5° 10' 31"	Departamento	Piura	
Longitud	80° 36' 59.55"	Provincia	Piura	
Altitud	34 msnm	Distrito	Castilla	
Año	Temperatura (°C)		Humedad Relativa (%)	Precipitación (mm/día)
	Max	Min		Total
2016	26.82	18.98	65.35	0.04
2017	27.89	18.92	66.21	2.04
2018	31.03	19.93	74.36	0.01
2019	31.80	20.03	74.50	0.16
2020	36.00	23.90	66.80	0.04
Promedio	30.71	20.35	69.44	0.46
Máximo	36.00	23.90	74.50	2.04
Mínimo	26.82	18.92	65.35	0.01

Fuente: Avalo M y Ríos F, 2022.

4.4. Diseño de drenaje pluviales de la cuenca Monterrico

Por otro lado, para el **cuarto y último objetivo** de la presente investigación que es elaborar un diseño de drenaje pluvial para evitar las inundaciones en la cuenca Monterrico de la urbanización Miraflores, Castilla - 2023, obteniendo los siguientes resultados.

4.4.1. Conceptos básicos

4.4.1.1. Caudal de diseño

Según la Norma CE.040 (2021), dependiendo del tamaño de la cuenca a drenar, existen dos formas de calcular el caudal de diseño: Se utiliza el método racional si la cuenca es menor de 3 km², y el método del hidrograma unitario o modelos de simulación si la cuenca es mayor de 3 km². En consecuencia, se utilizará el método racional debido a que la cuenca de estudio tiene un área menor a 3 km². Se expresa en la siguiente ecuación.

$$Q = 0.278 * \sum_{j=1}^m C_j * I * A_j \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

Q: Caudal pico en m³/s

I: Intensidad de la lluvia de diseño en mm/hora

C_j: Coeficiente de escorrentía para la j-ésima subcuencas

A_j: Área de drenaje de la j-ésima de las subcuencas en Km²

m: Número de subcuencas drenadas por un alcantarillado

4.4.1.2. Coeficiente de escorrentía

Coeficiente que indica la parte de la lluvia que escurre superficialmente, es decir, cuánta agua de una cuenca escurre por la superficie.

Tabla 10 Coeficientes de escorrentía - Método racional

CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE	PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	25	50	100	500
AREAS DESARROLLADAS							
Asfalto	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto/Techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas veredas (jardines, parques,etc)							
Condicion pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)							

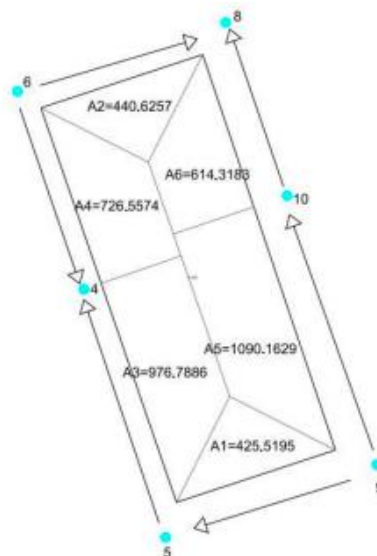
Plano, 0-2 %	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7 %	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente superior a 7 %	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Condición promedio (cubierta de pasto menor del 50 al 75 % del area)							
Plano, 0-2 %	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7 %	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente superior a 7 %	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60

Fuente: Norma técnica CE.040 (2021)

4.4.1.3. Áreas tributarias

Dado que el área de estudio es un área residencial, se han considerado como áreas tributarias diferentes superficies de conducción de agua de lluvia, como aceras, bermas, pavimento y techos de casas. Se tomó en cuenta de esta manera porque todas estas superficies aumentan significativamente la cantidad de agua que ingresa al sistema de drenaje pluvial, lo que facilita el cálculo del diseño de este sistema.

Figura 6 Ejemplo de área tributaria



Fuente: Cubas (2021)

4.4.1.4. Período de retorno de diseño

Dado el período de retorno irregular de la FEN y los diversos cambios climáticos que se están produciendo en este momento, existe cierta incertidumbre sobre la cantidad y frecuencia de lluvias que caerán en el futuro. Para nuestro caso se ha considerado un periodo de retorno (t_r) de 10 años, lo que detendría cualquier posible inundación provocada por la lluvia.

4.4.2. Diseño hidráulico

El diseño del sistema de drenaje pluvial urbano que se creará de acuerdo con esta propuesta implica una serie de estructuras de recolección, como drenaje a través de un Sumidero de rejilla en pista o calzada (Tipo S2), que se colocan en un área clave de la cuenca para que pueda recolectar efectivamente el agua de lluvia de esas áreas. Además, contará con elementos de conducción como tuberías corrugadas de 1000 mm que se encargarán de mover el agua recolectada por red principal hacia el noreste y conducirla por gravedad hacia el canal Biaggio Arbul.

4.4.2.1. Calcular caudal

Se procedió a calcular los caudales en la cuenca, según el método racional y poder realizar un análisis más completo y hacer sugerencias de soluciones específicas. Se calcula el coeficiente de escorrentía (C) para toda la cuenca, para lo cual se deben tener en cuenta los valores de las áreas tributarias que inciden en la cantidad de agua, así como los valores del coeficiente de escorrentía que correlaciona las características del suelo y el período de retorno.

4.4.3. Procedimiento

4.4.3.1. Intensidad de Precipitaciones

Norma CE.040 (2021), lo define como la capa de lluvia (precipitación pluvial) por unidad de tiempo sobre una superficie, se expresa (mm/h).

$$i_{(t,T)} = \frac{P_{(t,T)}}{t} \quad \text{Ecuación } 2$$

Donde:

$i_{(t,T)}$: Intensidad de la precipitación, de duración t y periodo de retorno

T

$P_{(t,T)}$: Profundidad de precipitación

Tr = 10 años

Duración = 1 hora

Intensidad = 22.2 mm/hora F.S.=1.5

Intensidad = 33.3 mm/hora

4.4.3.2. Tiempo de concentración (Tc)

Norma CE.040 (2021), la describe como la cantidad de tiempo que tarda una gota de lluvia en viajar desde el punto más lejano de la cuenca hasta el objeto de interés.

Tabla 11 Datos de la cuenca Monterrico

CUENCA MONTERRICO		
Área de la cuenca	0.040	km ²
Perímetro de la cuenca	0.820	km
Longitud del recorrido del agua	419.670	m
Cota máxima	28.700	msnm
Cota mínima	27.350	msnm

Fuente: Elaboración propia

Técnica de California Culverts Practice (1942)

$$t_c = 0.0195 * \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$$

Ecuación 3

Donde:

L= Máxima longitud de recorrido, en metros

H= Diferencia de elevación entre los puntos extremos de la cuenca, en metros.

Tabla 12 Cálculo Tiempo concentración (Tc)

NOMBRE	AREA (km ²)	Long.Cauce (m)	Cotas (m)	T.C.
Cuenca Monterrico	0.040	419.670	1.350	18.59

Considerar: 10 min

4.4.3.3. Coeficiente de escorrentía

Para nuestro caso, que se está empleando el método racional, se usaran los datos otorgados por la Norma Técnica CE.040, para un periodo de retorno (tr) de 10 años.

Tabla 13 Coeficiente de escorrentía – Método racional

CARACTERÍSTICA DE LA SUPERFICIE	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	25	50	100	500
ÁREAS DESARROLLADAS							
Asfáltico	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95	1,00
Concreto/Techo	0,75	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97	1,00
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)							
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano, 0 - 2%	0,32	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,58
Promedio, 2 – 7%	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53	0,61
Pendiente superior a 7%	0,40	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55	0,62
Condición promedio (cubierta de pasto menor del 50 al 75% del área)							
Plano, 0 - 2%	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Promedio, 2 – 7%	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pendiente superior a 7%	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60

Fuente: Norma técnica CE. 040 Drenaje pluvial

4.4.3.4. Cálculo del caudal de escurrimiento

$$Q = 0.278 * \sum_{j=1}^m C_j * I * A_j$$

Ecuación 4

Donde:

Q: Caudal pico en m³/s

I: Intensidad de la lluvia de diseño en mm/hora

C_j: Coeficiente de escorrentía para la j-ésima subcuencas

A_j: Área de drenaje de la j-ésima de las subcuencas en Km²

m: Número de subcuencas drenadas por un alcantarillado

Procesamos los caudales de la cuenca de acuerdo a su área, coeficiente de escorrentía e intensidad, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 14 Cálculo de caudal de escurrimiento

NOMBRE	Coeficiente escorrentía	Intensidad (mm/hora)	Área (km²)	Q (m³/s)
Monterrico (concreto/techo)	0.83	33.3	0.040	0.30

Fuente: Elaboración propia, 2023.

V. DISCUSIÓN

De acuerdo a la investigación de Avalo M. & Ríos F. (2022), determinaron que el terreno del área de estudio de acuerdo a su trabajo topográfico in situ y el análisis a través de programas de computadora CAD, concluyen que, si hay pendiente de salida, tanto en el dren como en la Avenida Integradora Norte la mismas que tienen una longitud de 275.23 m y 793.74 m, con el -0.19% y -0.25 % respectivamente. Por nuestra parte en la presente investigación se ha determinado que después de haber realizado el trabajo de campo en la zona de estudio y uso del programa CAD si existe pendiente de salida por gravedad con una pendiente de -0.12 % en una longitud de 419.670 m.

Según Jorge P. & Rodrigo B (2021), en su trabajo de investigación efectuaron la exploración de 19 calicatas a cielo abierto por donde se planea el piso, dren y laguna de retención a una profundidad máxima de 1.50 m, 5.00 m y 2.00 m respectivamente, encontrando el nivel freático a 2.80 m y 3.00 m de profundidad, con un suelo CL arcilloso inorgánico de plasticidad semidura media, SM-SC Arenas semi-sueltas, arcillosas y limosas con plasticidad media a baja y ML-CL. Arcillas limosas de consistencia semidura y poca plasticidad. Así mismo realizaron el CBR a seis calicatas al 95% del Proctor 180 D AASHTO Modificado. La estructura del pavimento se diseñó utilizando el método AASHTO con el valor más bajo (7,00%). De la misma forma para nuestra investigación se realizaron tres calicatas a una profundidad de 1.50 m obteniendo un material SM (Arena limosa grabada) y de los ensayos de CBR al 95%, en la calicata N°1 arrojó un resultado de 11, no presentando nivel freático.

Por otro lado, según Avalo M. & Ríos F. (2022), para determinar el caudal, a través de la ecuación Manning; obtuvieron como resultado un rango de precipitación de 0.53 (mm/día) y una precipitación máxima de 2.04 (mm/día) en un periodo de tiempo entre los años 2016 al 2020.

Por nuestro lado en nuestro proyecto de investigación para calcular el caudal, por la ecuación de Manning de la misma forma se identificó una precipitación máxima de 2.04 (mm/día) en el año 2017 en un periodo de tiempo del 2016 al 2023.

VI. CONCLUSIONES

- Previo al trabajo de campo se logró determinar que el drenaje existente el cual descarga por gravedad es insuficiente e incluso ha colapsado en el último evento de lluvias registradas, la pendiente y perfil longitudinal del área donde se proyectará el nuevo drenaje pluvial, con una pendiente de -0.12 por ciento y una longitud de 419.670 m. El gráfico de análisis, creado con el programa informático AutoCAD Civil3D, indica que si existe una pendiente de salida por gravedad.
- Se realizaron 3 calicatas en diferentes puntos a una profundidad hasta 1.5 m, calificando al material como SM (Arena limosa mal gradada) y de los ensayos de CBR, para determinar si el suelo necesita un mejoramiento, en la calicata N°1 se identificó que el CBR al 95% arrojó un resultado de 11. No presentó nivel freático.
- En relación al análisis de los resultados de la cuenca Monterrico, se logró identificar una precipitación máxima de 2.04 (mm/día). Estas precipitaciones a medida que transcurrieron los años del 2016 al 2023, estos datos hidrológicos sirvieron para determinar el caudal, utilizando la ecuación de Manning.
- Finalmente, para nuestro caso que es proponer el diseño de un drenaje pluvial, la Norma Técnica CE.040; sirvió de guía para diseñar esta solución que ayudará a prevenir el acopio de agua pluvial, así evitar el desgaste de las estructuras y edificaciones existentes, se utilizó el Método Racional para el cálculo del caudal pico debido a que el área que comprendía el objeto de estudio es menor a los 3 km², para una precipitación con un periodo de retorno (Tr) de 10 años, una intensidad (i) máxima de 88.35 mm/h para 10 minutos de duración y un caudal de escurrimiento de 0.78 m³/s.

VII. RECOMENDACIONES

- Para cumplir con el diseño de un drenaje pluvial, se propone evacuar el agua pluvial ingresando por una rejilla (sumidero tipo S2) en la calzada y por medio de tubos corrugados de 1000 mm se evacuarán las aguas pluviales por gravedad hasta una cámara de bombeo y esta a su vez al canal Biaggio Arbul, a través de una estación de bombeo de 8".
- Como una medida de política en los tres niveles de gobierno, toda inversión que conlleva a ejecutar proyectos (Educación, Salud, Transitabilidad, etc.) debe considerarse un sistema de drenaje, que permita reducir el impacto socio-económico que produce ante las avenidas de las aguas pluviales en los periodos lluviosos.
- La implementación de esta solución a través del Ministerio de Vivienda, Gobierno Regional y/o Gobierno Local, también debe considerar mecanismos de mantenimiento eficiente, que permita que este sistema de drenaje pluvial propuesto funcione a 100% en periodos lluviosos. También se debe implementar ordenanzas y/o leyes que conlleven a la conservación de esos proyectos y por ende alargar su vida útil de las mismas.
- Para investigaciones futuras sobre drenajes pluviales urbanos, se debe considerar todos los estudios hidrólogos históricos y con una mayor profundidad sobre las cuencas ciegas, empleando programas de computadora eficientes, que permitan obtener datos meteorológicos reales y con mucha precisión, para la toma de decisiones.

REFERENCIAS

LUIS ANDRES OROZ MERINO (2021). "EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA URBANIZACIÓN LAS RIVERAS CON LA NORMA OS.060 DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, CAJAMARCA 2021" (Tesis de Pregrado) Universidad Privada del Norte. Disponible en: https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/29950/1%20Tesis_%20Oroz%20Merino%20Luis.pdf?sequence=12&isAllowed=y

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. (2005). Fiberglass Pipe Design. Denver: Science and Technology.

NAVE, M. O. (2005). hyperphysics. Recuperado el 12 de Octubre de 2017, de hyperphysics web site: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/pber.html#beg>

OSORIO, S. (1 de Noviembre de 2010). Apuntes de Geotecnia con énfasis en laderas. Obtenido de geotecnia-sor.blogspot.com: <http://geotecnia-sor.blogspot.com/2010/11/consistencia-del-suelo.html>

PALACIOS RUIZ, A. (2008). ACUEDUCTOS, CLOACAS y DRENAJE (Segunda ed.). Caracas: Publicaciones UCAB.

PERALES MOMPALER, S. (1 de Junio de 2017). Sistema de Drenaje Sostenible (SuDS): experiencias del cambio de paradigma. Recuperado el 10 de Octubre de 2017, de Emaya Web site: <https://www.emaya.es/media/4046/presentaci%C3%B3n-dmma17-sara-perales.pdf>

PÉREZ, I. F. (2009). Diseño Asistido del Sistema de Sumideros de una Población. Tesis de Pregrado. Recuperado el 19 de Octubre de 2017

REDACCIÓN LA REPÚBLICA. (23 de Octubre de 2013). Es necesario que Trujillo cuente con un sistema de drenaje, según ingenieros. La República. Recuperado el 10 de Octubre de 2017, de <http://larepublica.pe/archivo/746705-es-necesario-que-trujillo-cuente-con-un-sistema-de-drenaje-segun-ingenieros> RNE. (2016). Lima: Megabyte.

ROCHA FELICES, A. (2007). Hidráulica de Tuberías y Canales. Lima, Perú: UNI.

RODRÍGUEZ DÍAZ , H. A. (2013). Drenaje Urbano Elementos de Diseño. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.

RPP. (24 de Marzo de 2017). Huamanga preparada para enfrentar lluvias con sistema de drenaje pluvial. Recuperado el 10 de Octubre de 2017, de RPP Noticias Web site: <http://rpp.pe/peru/ayacucho/sistema-de-drenaje-pluvial-evita-inundaciones-en-huamanga-noticia-1040294>

RPP. (23 de Octubre de 2017). Ligera lluvia de estación vuelve a ocasionar aniegos en Piura. RPP Noticias, pág. 1. Recuperado el 17 de 11 de 5, de <http://rpp.pe/peru/piura/ligera-lluvia-de-estacion-vuelve-a-ocasionar-aniegos-en-piura-noticia-1084289>

RUCKS, L., GARCÍA, F., KAPLÁN, A., PONCE DE LEÓN, J., & HILL, M. (2004). Propiedades Físicas del Suelo. Montevideo: Facultad de Agronomía.

SÁNCHEZ PACHÓN, C. (2010). Gestión sostenible del agua en el desarrollo urbano. En C. Sánchez Pachón, Gestión sostenible del agua en el desarrollo urbano. (pág. 29). Buenos Aires: FODECO.

SEGERER, C. D., & VILLODAS, R. (2006). Hidrología. Mendoza: Universidad Nacional de Cuyo.

FARÍAS, M., & RUIZ TESÉN, M. (2018). Determinación de ecuación Intensidad Duración-Frecuencia en presencia de ENSO y Niño Costero.Caso: ciudad Montero, E. (2004). Redes de alcantarillado sanitario: Drenaje de aguas de lluvias. La Paz, Bolivia. ANEPASA.

ESQUERRE GARCIA, MICHELL MAURICI Y SILVA, HECTOR WILLIAMS ,2019. TESIS "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO DE DRENAJE PARA LA CAPTACIÓN DE AGUAS DE LLUVIAS EN ZONAS URBANAS DEL NORTE DEL PERÚ". Disponible en: https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625617/EsquerreG_M.pdf?sequence=4&isAllowed=y

EL DRENAJE Y SU IMPORTANCIA PARA UNA CIUDAD SUSTENTABLE:" Trabajo presentado ante la Ilustre Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat por el Ing. José Ochoa Iturbe como requisito parcial para optar a su incorporación como individuo de número , sillón XXVII" Disponible en: http://www.acading.org.ve/info/publicaciones/TRABAJOS_INCORPORACION/TI_JOSE_OCHOA.pdf

GRANDA ACHA, RUDY ROLANDY. 2013. ANÁLISIS NUMÉRICO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL DE LA URB. ANGAMOS. (Tesis Pregrado) Disponible en: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1751/ICI_194.pdf?sequence=1

GARATE, J. Y RIOJA, J (2018). Diseño hidráulico y estructural del sistema de drenaje pluvial urbano del distrito de Cacatachi, Provincia de San Martín Región San Martín (tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Martín, San Martín, Perú.

HERNÁNDEZ, M., & JIMÉNEZ (2018). DISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL Y EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL EN URB. EL CHILCAL DE LA CIUDAD DE PIURA (Tesis de Pregrado). Universidad de Piura, Perú. Disponible en: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3714>

INDECI-OEA. (2009). Histograma de precipitación diaria en Estación Miraflores. Piura: Equipo técnico consultor INDECI-OEA de Piura. Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions.

INSTITUTO REGIONAL DE APOYO a la Gestión de los Recursos Hídricos. "SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO PIURA". Disponible en: <https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/34/ANA0000538.pdf?sequence=1&isAllowed=>

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL INDECI (2005). "PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN ANTE DESASTRES DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA". Disponible en. <http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/INDECI/CIUDAD ES%20SOSTENIBLES/Cajamarca/CAJAMARCA%20-%20MP%20-%20PUSAD.pdf>

JOSÉ CHAPA, 2020. EL DRENAJE PLUVIAL DE PIRA SOLO CUBRE EL 40%, Diario el Correo Piura. Disponible en : <https://diariocorreo.pe/edicion/piura/el-actual-drenaje-pluvial-de-piura-solo-cubre-el-40-929462/>

KATIA HUMPIRI PINEDA 2015. "ANÁLISIS SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES PARA EL MANTENIMIENTO DE VÍAS EN LA REGIÓN DE PUNO". Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/249337494.pdf> 72 ?

LUIS ANDRES OROZ MERINO (2021). "EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA URBANIZACIÓN LAS RIVERAS CON LA NORMA OS.060 DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, CAJAMARCA 2021" (Tesis de Pregrado) Universidad Privada del Norte. Disponible en: https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/29950/1%20Tesis_%20Oroz%20Merino%20Luis.pdf?sequence=12&isAllowed=y

ALBORNOZ SANZANA, SEBASTIÁN I. (2022) Con su tesis titulada: "AVANCES EN LA ESTIMACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE FALLA DE SISTEMAS DE

DRENAJE DE PRESAS DE RELAVES". Chile.
<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/185162/Avances-en-la-estimacion-de-la-probabilidad-de-falla-de-sistemas-de-drenaje-de-presas-de-relaves.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MURILLO, W. (2008). La investigación científica. [Consultado el 15 de junio del 2023]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos15/investigacion/investigacion.shtm>

MÁXIMO VILLÓN BÉJAR. 2006. Drenaje. 1 ed. Cartago. CR. Editorial Tecnológica de Costa Rica. 544 p. "Metodología de la Investigación." Disponible en: www.eumed.net/tesis-doctorales/2012/zll/metodologia-investigacion.html#:~:text=Observaci%C3%B3n%20Directa%3A%20los%20autores%20Hern%C3%A1ndez

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. (2008). Manuel para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de bajo volumen de tránsito. Lima: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.

NORMA TÉCNICA CE. 040 DRENAJE PLUVIAL DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, 2021. Lima, Perú.[fecha de consulta: junio de 2023] Disponible en: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366728/CE.040%20DRENAJE%20PLUVIAL_RM%20126-2021-VIVIENDA.pdf?v=1677250657

PESANTES, G. (2017). ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE DRENAJE FLUVIAL EN LA CARRETERA CENTRAL KM 473.50 AL KM 486.70 JUNÍN 2017 (Tesis de Pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Perú. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/32907>

PÉREZ, R. (2015). Diseño y Construcción de Alcantarillados Sanitario Pluvial y Drenaje de Carreteras. Bogotá: Andrea del Pilar Sierra.

PEDRO LÓPEZ-ROLDÁN Y SANDRA FACHELL (2015), "METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN SOCIAL CUANTITATIVA". Universidad Autónoma de Barcelona. Disponible en: https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2017/185163/metinvsocua_cap2-4a2017.pdf

ROJAS, P., & HUMPIRI, V. (2016). EVALUACIÓN, DISEÑO Y MODELAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA CIUDAD DE JULIACA CON LA APLICACIÓN DEL SOFTWARE SWMM (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno - Perú. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2975>

YÁÑEZ, E. (2014). EFICIENCIA DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA AV. ANGAMOS Y JR. SANTA ROSA (Tesis de Pregrado). Universidad Privada del Norte, Perú Disponible en: <https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/5484/escuderoperez%20%28abierto%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

GÓMEZ ROJAS, María. De la infraestructura a la promenade : Diseño urbano Avenida Padre Hurtado (ex Los Morros)- nuevo paseo público para la comuna de El Bosque Santiago, Chile: Universidad de Chile - Facultad de Arquitectura y Urbanismo, 2019 Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/172751>

CATERIANO. Fiorela y Menacho Luis con su tesis titulada: "Diseño de drenaje pluvial de la cuenca Ignacio Merino de Piura utilizando el software SWMM" Piura: universidad de Piura, Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil. Disponible en: http://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/11042/4093/1/ICI_278.pdf.

PEÑA LUNA MANUEL. (2022). Con su tesis titulada: Alternativas de solución al drenaje pluvial del canal vía Las Lomas en la provincia y departamento de Piura: Universidad de Piura, Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil. Disponible en: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/5670/ICI_2210.pdf?sequence=1&isAllowed=y 74

NEYRA CELI, D. & OLIVARES CASTILLO A. (2019) Con su tesis titulada: Análisis hidrometeorológico de la cuenca del río Piura durante El Niño Costero 2017: Universidad de Piura, Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil. Disponible en: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4161/ICI_285.pdf?sequence=1&isAllowed=y

SARDON, H.; LAVADO-CASIMIRO, W. Y FELIPE, O. (2022). Inventario de datos de eventos de inundaciones del Perú. Estudio Final. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú -SENAMHI. Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-99.pdf>

VISTA DE DRENAJE PLUVIAL SOSTENIBLE. Una alternativa de gestión del agua de lluvia en la Universidad de Sonora. (2020) Uanl.mx Disponible en: <https://contexto.uanl.mx/index.php/contexto/article/view/192/185>.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO (2023) Lluvias e inundaciones. Consultado en abril 2023. Disponible en: <https://www.unam.mx/medidas-de-emergencia/lluvias-e-inundaciones>.

RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ, JORGE. (2008). Estudio, análisis y diseño de secciones permeables de firmes para vías urbanas con un comportamiento adecuado frente a la colmatación y con la capacidad portante necesaria para soportar tráfico ligero (Tesis de doctorado). Recuperado de <http://hdl.handle.net/10803/10711>.

ROJAS Y HUMPIRI (2016), "Evaluación, diseño y modelamiento del sistema de drenaje de la ciudad de Juliaca con la aplicación del software SWMM". (Tesis para obtener el título profesional de Ingeniería Civil). Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2975>.

SANDRA MARCELA SÁNCHEZ DE SABAU, MIRIAN SABAU, LINDA MONTER, JORGE GONZÁLES Coneo. (September del 2017). A look at the sustainable draining systems: Criteria of sustainability and successful cases. International journal of

Sharma, D., Kansal, A. (2013). "Sustainable City: A Case Study of Stormwater Management in Economically Developed Urban Catchments". In: Luo Z. (eds). Design of Mechanism for Sustainability. Springer, Dordrecht. Recovered from https://doi.org/10.1007/978-94-007-5995-4_12.

UNIVERSITY OF ARKANSAS COMMUNITY DESIGN CENTER. (2010). LID, Low Impact Development. A design manual for urban areas. EEUU: Fay Jones School of Architecture. University of Arkansas Press.

VALLS, G Y PERALES, S. (2008). Integración de las Aguas Pluviales en el Paisaje Urbano: un Valor Social a Fomentar. I Congreso Nacional de Urbanismo y Ordenación del Territorio. Bilbao. Mayo 2008.

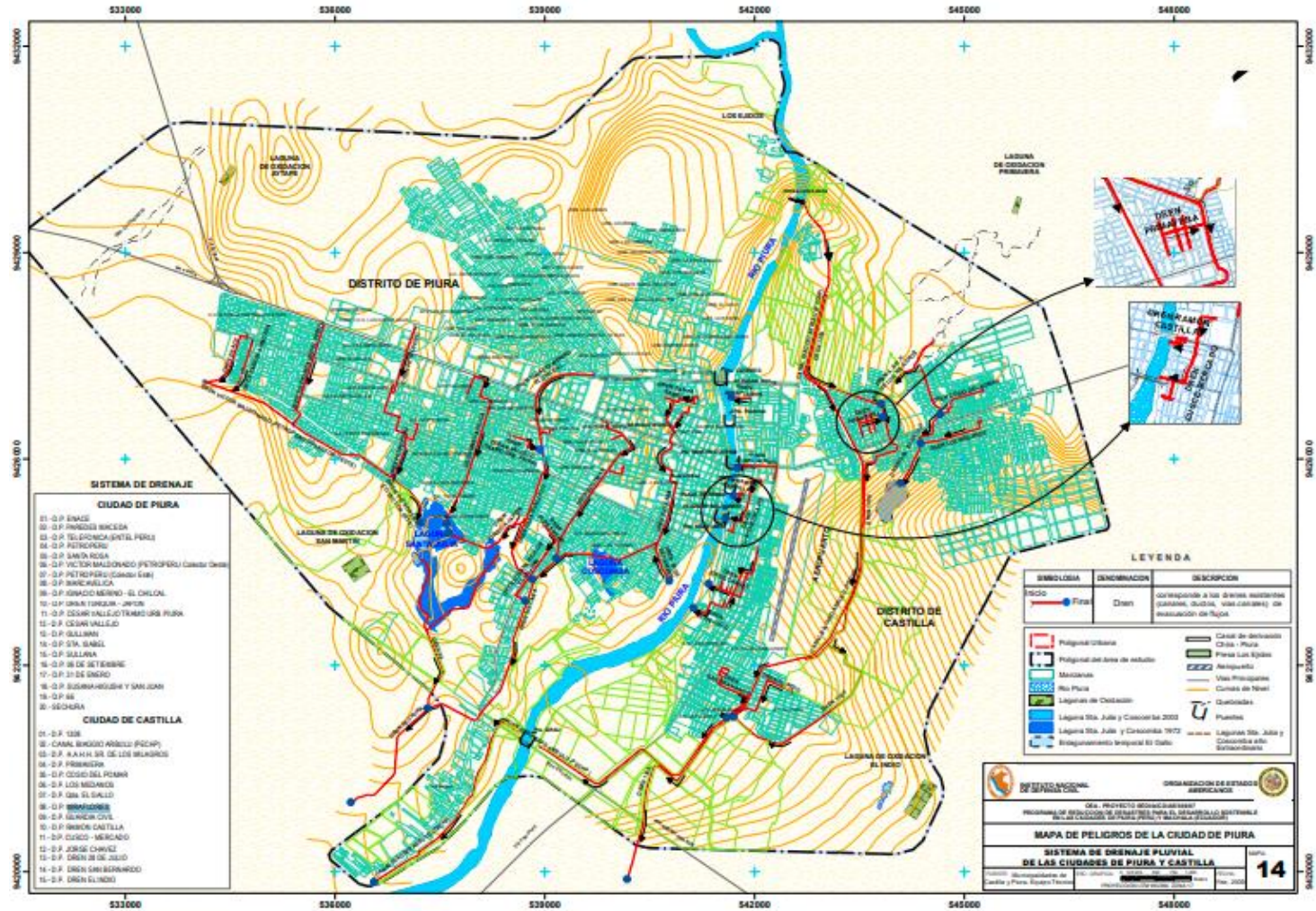
VILLON, M. (2004). Drenaje. Cartago, Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Agrícola. 544 pp.

ANEXOS

ANEXO N°1 : Matriz de Operacionalización de variables (Independiente)

Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Variable dependiente: Inundación	<p>“Comprende el resultado de lluvias fuertes o continuas que sobrepasan la capacidad de absorción del suelo y la capacidad de carga de los ríos, riachuelos y áreas costeras” [sin fecha] [consultado el 4 de mayo de 2023]. Disponible en: https://www.oas.org/DSD/publications/Unit/oea65s/ch13.htm#:~:text=Las%20inundaciones%20son%20el%20resultado,cauce%20e%20inunde%20tierras%20adyacentes.</p>	Infraestructura estratégica expuesta	Potencial de daño	Nominal
"IPCC (Panel Intergubernamental del Cambio Climático) define la inundación, como el rebose de los límites del encausamiento de una corriente u otro de agua, o el acumulamiento del agua sobre zonas que normalmente no están sumergidas” Arreguín-Cortés, López y Marengo, (2016)		Pérdidas económicas	Potencial de daño	Puntaje
		Pérdidas humanas	Tasa de mortalidad	Porcentaje
Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Variable independiente: Drenaje pluvial	<p>“Consiste en recolectar, mover y evacuar el agua de lluvia que cae sobre un área urbana a un cuerpo receptor de agua” (Norma CE.040, 2021)</p>	Viabilidad	Diagnostico situacional	Nominal
<p>“Tiene por objetivo evitar la creación de fuentes de contaminación ambiental y asegurar el desarrollo regular de las actividades en los centros poblados, consiste en evitar la acumulación de agua de lluvia, así como el deterioro de las edificaciones e infraestructuras existentes” (Norma CE.040, 2021)</p>		Estudios básicos	Estudio topográfico	Razón
			Estudio de mecánica de suelos	Razón
			Estudio hidrológico e hidráulico	Razón
		Diseño	Diseño hidrológico	Razón
			Diseño estructural	Razón

Sistema de drenaje pluvial de las ciudades de Piura y Castilla



FICHA: REGISTRO TOPOGRAFICO



PROPUESTA DE DISEÑO DE UN DRENAJE PLUVIAL PARA EVITAR LAS INUNDACIONES EN LA CUENCA MONTEERRICO, URBANIZACIÓN MIRAFLORES, CASTILLA - 2023

AUTOR : YOYERA RISCO, Richard Javier

1. DATOS GENERALES

1.1 REGIÓN: PIURA **1.2 PROVINCIA:** PIURA **1.3 DISTRITO:** CASTILLA

2. DATOS PARA EVALUACION DEL SISTEMA

ITEM	DESCRIPCION	SI	NO	N/A
2.1	ALCANTARILLAS	X		
2.2	CLINETAS		X	

3. PUNTOS

PUNTOS	ESTE (X)	NORTE (Y)	COTA	DETALLE
485	542884.8534	9427189.694	31.1588	TN
486	542897.7954	9427214.586	30.5572	TN
487	542900.0091	9427225.092	30.4528	TN
488	542897.3223	9427231.596	30.4516	TN

INSTITUTO NACIONAL DE TOPOGRAFIA Y GEOMÁTICA
 INSTITUCIÓN PÚBLICA
 Reg. MTC Nº 11633

FICHA: REGISTRO HIDROLÓGICO

Departamento : PIURA

Provincia : PIURA

Distrito : CASTILLA

Latitud : 5°10'31"

Longitud : 80°38'59.55"

Altitud : 34 msnm

Tipo : MAP - Meteorológica

Código : 105100

DÍA / MES / AÑO	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
1/03/2016	33.4	25	76.9	0
2/03/2016	37	25	81.4	5
3/03/2016	30.2	24.8	97.9	5.5
4/03/2016	34.6	24.2	88.8	62.3
5/03/2016	32.8	23	94.7	0
6/03/2016	34	25	89.5	9.3
7/03/2016	29.8	24	97.7	0
8/03/2016	35.6	23.6	81.5	0
9/03/2016	35	25	77.4	0
10/03/2016	35.2	25.2	73.8	0
11/03/2016	33.6	25	81.6	0
12/03/2016	35.2	24.2	77	0
13/03/2016	35.6	23.8	77	0
14/03/2016	35	25	74.6	0
15/03/2016	34.8	25.8	71.8	0
16/03/2016	35.8	25.2	71.4	0
17/03/2016	35.6	23.4	78.3	0
18/03/2016	36	24	79.3	0
19/03/2016	36.6	23.8	79.4	0
20/03/2016	35.8	24.6	68.9	0
21/03/2016	37.4	25.6	68.7	0
22/03/2016	37.2	25.2	68.9	0
23/03/2016	35.6	26.6	71.2	0
24/03/2016	35.8	23.8	72.1	0
25/03/2016	34.2	23.6	81.5	0
26/03/2016	35.8	24.8	71.7	0
27/03/2016	36.6	25.6	79.2	0
28/03/2016	35.2	25.6	73.7	0
29/03/2016	36.2	25.2	67.6	0
30/03/2016	36	25	76.7	0
31/03/2016	34.6	25.2	71.7	0
1/03/2017	34.6	24.2	81.5	1.3
2/03/2017	34	25.2	83.2	0
3/03/2017	33.8	25	85.7	14.4
4/03/2017	32.6	24.8	88.5	4.7
5/03/2017	32.8	24.8	91.2	21
6/03/2017	32.2	24	89	15
7/03/2017	34	24.2	86.2	37.5
8/03/2017	33	23.4	89.3	18.8
9/03/2017	30.2	24.8	93.4	0
10/03/2017	33	25	86.4	4.8
11/03/2017	35	23.4	88.4	26
12/03/2017	33.8	25	90.1	66
13/03/2017	33	23	87.8	16
14/03/2017	33.2	24	89.3	1

FICHA: REGISTRO HIDROLÓGICO

Departamento : PIURA

Provincia : PIURA

Distrito : CASTILLA

Latitud : 5°10'31"

Longitud : 80°36'59.55"

Altitud : 34 msnm

Tipo : MAP - Meteorológica

Código : 105100

DÍA / MES / AÑO	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
29/03/2018	34.2	22	64.4	0
30/03/2018	34.6	22.2	67.1	0
31/03/2018	35.4	21.8	69.3	0
1/03/2019	36.8	25	62.5	2.8
2/03/2019	35.6	23.2	67	0
3/03/2019	36	24.8	66.6	0
4/03/2019	35.8	24.4	65	0
5/03/2019	37.4	25.4	65.5	0
6/03/2019	36.2	25.2	66.2	0
7/03/2019	38	23.8	65.5	0
8/03/2019	36.8	22.8	61.1	0
9/03/2019	36.4	23.8	61.2	0
10/03/2019	36.8	24	59.6	0
11/03/2019	38	25.2	60.9	0
12/03/2019	37.2	25.2	63	0
13/03/2019	37	24.8	61.7	3
14/03/2019	36.2	23.8	65.5	0
15/03/2019	37.2	24	60.6	0
16/03/2019	36	24.2	62.2	0
17/03/2019	36.4	24.2	61.7	0
18/03/2019	36	22.6	63.7	0
19/03/2019	35.2	23.2	59.2	0
20/03/2019	31.8	23.2	62.9	0
21/03/2019	35.8	22	63.6	0
22/03/2019	37.6	23.2	59.9	0
23/03/2019	34.8	23	60.5	0
24/03/2019	35.4	22.8	61.7	0
25/03/2019	36.2	22.8	63.3	0
26/03/2019	38	23.4	64.4	0
27/03/2019	34.2	22.4	64.5	0
28/03/2019	35.8	22.6	64.2	0
29/03/2019	33.8	22.8	67	0
30/03/2019	33.2	24.2	67.7	0
31/03/2019	35.2	21.2	63.6	0
1/03/2020	35.2	25.6	72.7	0
2/03/2020	36.8	24.4	67.6	0
3/03/2020	36.2	23.8	69.4	0
4/03/2020	37.2	24	72.7	0
5/03/2020	36.6	24.8	65.5	0
6/03/2020	37	24.6	65.7	6.3
7/03/2020	35.4	24.2	69	0
8/03/2020	35.6	24.8	70.3	0
9/03/2020	35.8	26	59.4	0
10/03/2020	37.6	24	63.2	0
11/03/2020	38.8	24.8	63.3	0

FICHA: REGISTRO HIDROLÓGICO

Departamento : PIURA

Provincia : PIURA

Distrito : CASTILLA

Latitud : 5°10'31"

Longitud : 80°36'59.55"

Altitud : 34 msnm

Tipo : MAP - Meteorológica

Código : 105100

DÍA / MES / AÑO	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
26/03/2023	33.2	24.2	69.5	0
27/03/2023	32.2	24.2	73.8	0
28/03/2023	32.8	24.4	72.1	8
29/03/2023	33.6	23.6	80.1	1
30/03/2023	33.4	24.2	83.6	13.3
31/03/2023	33.4	22.4	82.9	0

 BRAUN EALANO VIGNOLA
 INGENIERO GEOLÓGICO
 Reg. CIP N° 216222

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DIMENSIONES DEL DRENAJE

ELEMENTOS	CALLE						DRENAJE			
	CDRAS	PENDIENTE	SECCIONES TRANSVERSALES	ALTURA INCUIDA VEREDA	ANCHO	ALTO	TIPO	ANCHO	ALTURA	PENDIENTE HACIA SALIDA
REJILLA PLUVIAL	1	-0.39%	0+000 - 0+017.853	1.23	10	1.23	DRENAJE	0.3	0.3	-0.39%
BZ - 01	1	-0.08%	0+017.854 - 0+102.463	1.07	10	1.07	DRENAJE	0.3	0.3	-0.08%
BZ - 02	1	-0.08%	0+102.464 - 0+249.132	5.46	10	5.46	DRENAJE	0.3	0.3	-0.08%
BZ - 03	2	-0.12%	0+249.133 - 0+323.685	5.78	10	5.78	DRENAJE	0.3	0.3	-0.12%
BZ - 04	2	-0.33%	0+323.686 - 0+407.203	3.3	10	3.3	DRENAJE	0.3	0.3	-0.33%
CAMARA DE BOMBEO	2	-0.60%	0+407.204 - 0+433.953	2.41	10	2.41	DRENAJE	0.3	0.3	-0.60%
CANAL	2	-4.21%	0+433.954 - 0+445.644	2.5	10	2.5	DRENAJE	0.3	0.3	-4.21%

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

 BRAUN EALANO VIGNOLA
 INGENIERO GEOLÓGICO
 Reg. CIP N° 216222



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, ALZAMORA ROMAN HERMER ERNESTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - PIURA, asesor de Tesis Completa titulada: "PROPUESTA DE DISEÑO DE UN DRENAJE PLUVIAL PARA EVITAR LAS INUNDACIONES EN LA CUENCA MONTERRICO, URBANIZACIÓN MIRAFLORES, CASTILLA – 2023", cuyo autor es YOVERA RISCO RICHARD JAVIER, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 26.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis Completa cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

PIURA, 26 de Setiembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
ALZAMORA ROMAN HERMER ERNESTO DNI: 03303253 ORCID: 0000-0002-2634-7710	Firmado electrónicamente por: HALZAMORA el 05- 10-2023 11:18:44

Código documento Trilce: TRI - 0651598