

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL DEL  
SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA  
URBANIZACIÓN CAMPO REAL, CIUDAD DE  
CAJAMARCA 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

**Autor:**

Erickson Lorenzo Fernandez Rebaza

**Asesor:**

Mg. Lic. Kely Elizabeth Núñez Vásquez

<https://orcid.org/0000-0001-7846-2510>

Cajamarca - Perú

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	ERLYN GIORDANY SALAZAR HUAMAN	<b>71106769</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO	<b>26697612</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	TULIO EDGAR GUILLEN SHEEN	<b>26676774</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme salud, sabiduría para continuar y lograr mi challenge planificado;  
a mis padres Lorenzo, Esther, y a mi hermano Mell por el incondicional apoyo moral y  
persistencia en la búsqueda de mi superación, a mis abuelos que desde el cielo están  
guiándome siempre.

## AGRADECIMIENTO

Expreso mi profundo reconocimiento y gratitud a todas las personas que han ayudado a la realización de la presente tesis. De manera especial a mi asesora, Ing. Kely Nuñez Vásquez, quien no escatimó esfuerzo alguno para brindarme el asesoramiento permanente.

Mi gratitud a la Universidad Priada del Norte; digna institución universitaria, que me brindó la formación académica que permitirá plasmar mis visiones y preocupación por el desarrollo urbano, el ambiente y desarrollo humano sostenible en mi futuro profesional.

## Tabla de contenido

JURADO CALIFICADOR	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
TABLA DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN	8
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	9
<b>1.1. Realidad problemática</b>	<b>9</b>
<b>1.2. Formulación del problema</b>	<b>36</b>
<b>1.3. Objetivos</b>	<b>36</b>
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	38
CAPÍTULO III: RESULTADOS	51
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	65
REFERENCIAS	70
ANEXOS	73

## ÍNDICE DE TABLAS

1. Tabla 1. Componente ambiental abiótico .....	33
2. Tabla 2. Componente ambiental biótico .....	34
3. Tabla 3. Componente ambiental antrópico .....	35
4. Tabla 4. Valoración de los factores ambientales .....	42
5. Tabla 5. Componentes y factores ambientales .....	43
6. Tabla 6. Componentes del sistema de drenaje pluvial .....	44
7. Tabla 7. Medidas estructurales y no estructurales de los SuDS .....	47
8. Tabla 8. Promedios negativos del factor abiótico .....	53
9. Tabla 9. Impacto por sub componente del factor abiótico .....	54
10. Tabla 10. Promedios negativos del factor biótico .....	55
11. Tabla 11. Impacto por sub componente del facto biótico .....	55
12. Tabla 12. Promedios negativos del factor antrópico .....	56
13. Tabla 13. Impacto por sub componente antrópico .....	57
14. Tabla 14. Impacto del proyecto .....	58
15. Tabla 15. Medidas y técnicas no estructurales .....	60
16. Tabla 16. Medidas estructurales .....	61
17. Tabla 17. Principales beneficios de los comoponetes de los SuDS frente al drenaje convencional .....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

1. Figura 1. Tipos de superficie en pavimentos permeables .....	18
2. Figura 2. Cuneta verde .....	20
3. Figura 3. Franja de captación y transporte de las escorrentías, Barcelona .....	20
4. Figura 4. Depósito de Laminación-Infiltración de pluviales, relleno con neumáticos usados. Zaragoza .....	21
5. Figura 5. Croquis Urbanización Campo Real .....	38
6. Figura 6. Delimitación y calles afectadas .....	39
7. Figura 7. Procedimiento: Instrumentos de medición .....	39
8. Figura 8. Procedimiento de la aplicación de la Matriz de Leopold .....	40
9. Figura 9. Procedimiento del Método Bibliográfico .....	46
10. Figura 10. Inundación en jr. La Dueña .....	84
11. Figura 11. Intersección entre jr. La dueña y Micaela Bastidas .....	85
12. Figura 12. Intersección calle H y Micaela Bastidas .....	86
13. Figura 13. Inundación calle H .....	87
14. Figura 14. Drenaje tapado en calle H .....	88
15. Figura 15. Intersección calle H y Mariano Ibérico .....	89

## RESUMEN

La propuesta de esta tesis, fue planificada para encontrar alternativas a la gestión de las escorrentías, inundaciones que afecta a la población. Para tal efecto, se adaptó la Matriz de Leopold como propuesta metodológica para analizar los impactos ambientales del sistema de drenaje que genera en los componentes y factores ambientales, cuya valorización de afectación se midió a nivel de magnitud e importancia, también se utilizó el Método Bibliográfico para determinar las ventajas de un sistema de drenaje sostenible ante un sistema de drenaje pluvial convencional. La justificación, se sostiene en la Ley General de Drenaje Pluvial que contribuyó para analizar los impactos ambientales que genera esta propuesta; por otro lado, se utilizó como marco teórico el Sistema de Drenaje Urbano Sostenible para identificar las ventajas al medio ambiente, al sistema económico y social, que permitió diferenciar conceptualmente y estructuralmente la diferencia entre un sistema de drenaje convencional y SUDS. Como resultado del uso de la Matriz de Leopold se hallaron 47 interacciones que afectan directa y negativamente a los factores ambientales, los cuales deben servir para la actuación de las instancias correspondientes. Como conclusiones, se pudo constatar que los impactos son negativos y afectan significativamente a los componentes ambientales.

**PALABRAS CLAVES:** Impacto ambiental, Sistema de Drenaje pluvial, Sistema de Drenaje Urbano Sostenible

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Es de nuestro conocimiento la tendencia de la población al desplazamiento desde zonas rurales hacia zonas urbanas. En la actualidad casi el 50 % de la población mundial vive en zonas urbanas, habiéndose incrementado más del 80 % en los últimos 20 años. (José Dolz, 1994). Esta tendencia de crecimiento de las ciudades exige planificar inversiones en infraestructuras de red de drenaje de aguas pluviales, entre otras de uso ciudadano. Como consecuencia de la actividad urbanizadora, los cauces naturales que conformaban la red hidrográfica original suelen ser profundamente alterados.

Según un informe publicado en 1998 por el Banco Mundial, sobre índices demográficos en América y Europa, el crecimiento de las zonas urbanas en los últimos años sobrepasa cualquier previsión, cualquier diseño, cualquier planeamiento de servicios urbanos. En los países en desarrollo, la proporción de personas que viven en ciudades casi se ha duplicado desde 1960 (desde menos del 22% hasta más del 40%), mientras que, en las regiones más desarrolladas, la proporción ha aumentado desde el 61% hasta el 76%.

Un problema fundamental en las zonas urbanas se ocasionan constantemente graves problemas de inundaciones y degradación de los cauces naturales (ríos, quebradas, etc.) como consecuencia de una extensa impermeabilización de dichas zonas y de un deterioro del sistema de recolección de aguas pluviales, lo que produce una deficiencia grave en la gestión de escorrentías, tanto en su volumen como en su calidad, pero que no cuentan con infraestructura para controlar las escorrentías de aguas pluviales en épocas de lluvias, según

María Andrea, lo denomina como un tipo de inundación que se producen por la ocurrencia de lluvias intensas en áreas localizadas y son temporales.

Las inundaciones pueden definirse como la ocupación por el agua de zonas o áreas que en condiciones normales se encuentran secas; estas inundaciones se producen principalmente por la ocurrencia de lluvias intensas prolongadas. Las inundaciones a las que se refiere son localizadas y temporales, no las inundaciones originadas por desbordamientos en las zonas de rondas de los ríos o quebradas (León Álvarez, 2016).

Ante estos eventos, la población no está preparada realizar funciones de manejo, control y conducción adecuada de la escorrentía de las aguas de lluvia para conducirlos a sitios donde no provoquen daños e inconvenientes a otras urbanizaciones aledañas. Frente a estos problemas SIAPA, explica:

... una red de conductos, estructuras de captación y estructuras complementarias. Su objetivo es el manejo, control y conducción de las aguas pluviales que caen sobre las cubiertas de las edificaciones, sobre las calles y avenidas, veredas, jardines, etc. Evitando con ello su acumulación o concentración y drenando la zona a la que sirven. De este modo se mitiga con cierto nivel de seguridad la generación de molestias por inundación y daños materiales y humanos (SIAPA, 2014).

Asimismo; Sánchez Román, en su investigación a nivel de América Latina, plantea que los sistemas de drenaje en su mayoría responden a modelos tradicionales, donde la

escorrentía urbana, lejos de ser agua limpia, arrastra grandes cantidades de contaminantes (sedimentos, metales pesados, grasas y aceites, nutrientes, etc.).

Entre municipalidades en países de América latina y algunas ciudades de países industrializados, permitió constatar que en general, algunos países latinoamericanos todavía predomina el enfoque tradicional, es decir, Método Racional para la estimación de la escorrentía y la ecuación de Manning para el tránsito en los conductos, sin contemplar, las técnicas de análisis que permiten modelar el comportamiento real del sistema, en régimen no uniforme y no permanente (Sánchez Román, 2010).

A nivel global se debate que cambios hacer en la gestión del agua de lluvia en zonas urbanas. Actualmente, ya no es suficiente proteger la ciudad contra inundaciones, sino que se debe tener en cuenta el impacto que genera en el medioambiente.

En contraposición al enfoque de sistemas de drenaje tradicional, donde considera la estimación de la escorrentía y la evacuación mediante conductos, Abellán (Abellán, 2013) considera el enfoque de drenaje urbano sostenible como “Una filosofía que pretende mitigar los impactos ambientales, en particular sobre la cantidad y calidad del agua y en la recepción en cursos fluviales, asociados habitualmente con la urbanización”.

Estas técnicas contemplan funciones hidrológicas de recarga del agua subterránea, la infiltración y almacenamiento, así como el control del volumen y la frecuencia de las descargas a través de la retención y detención de aguas pluviales distribuida a una micro escala integrada, la reducción de las superficies

impermeables y el alargamiento de las trayectorias del flujo y el tiempo de escorrentía. (Abellán, 2013)

Asimismo, Perales Momparler (Perales Momparler S. , 2008) propone:

La necesidad de introducir un cambio en la manera convencional de gestionar el agua de lluvia, pasando a considerar este recurso natural dentro de las estrategias de gestión hídrica para crear entornos urbanos más sostenibles, encuentra en estos momentos un merecido reconocimiento mundial. Con un buen planeamiento, diseño, construcción y mantenimiento, tal y como queda reflejado en los casos de estudio seleccionados, los SUDS pueden mitigar muchos de los efectos adversos que la escorrentía urbana provoca al medio ambiente, y aportar al mismo tiempo un recurso hídrico apto para ser reutilizado, cumpliendo así con los objetivos fijados por la legislación española y europea en materia de aguas.

La implantación de manera generalizada y estandarizada de los SUDS pasa por salvar obstáculos como el desconocimiento y la falta de coordinación entre los organismos y entes implicados, pero hay que hacer un esfuerzo común, ya que de todos es la responsabilidad de luchar por el Desarrollo Sostenible de nuestros pueblos y ciudades. (Perales Momparler, 2008)

Los andes en América Latina y la exponencial migración del campo a la ciudad, está obligando a los gobiernos subnacionales que tomen interés en la planificación del desarrollo territorial, como política de calidad de vida de sus habitantes construyendo infraestructura que mitigue los impactos ambientales y otros efectos como consecuencias de las

precipitaciones pluviales, con el propósito de garantizar una mínima molestia, peligro que da a las personas, los bienes, el medio ambiente y la infraestructura existente.

Estas abundantes lluvias nos dejan una gran lección sobre la necesidad de invertir en obras que salvaguarden la integridad y el patrimonio de la gente, como es el drenaje pluvial. Un gobierno humanista hubiera previsto, desde la transición, este grave problema con un plan a corto y mediano plazo para captar los flujos y evitar los graves daños causadas por las inundaciones de las viviendas con aguas pluviales, evita el libre tránsito peatonal y vehicular, arrastrar desperdicios, desechos y otros materiales que contaminaría las aguas del río más cercano, que en suma son impactos negativos que sufre la población y el territorio urbano.

Como es de nuestro conocimiento y en concordancia con la realidad de los territorios donde se ubican las ciudades interandinas y amazónicas en general, se ven afectadas por ciclos de lluvia, al no disponer de infraestructura adecuada para evacuar las aguas pluviales, obligaría que en las ciudades deberían contar con sistemas de alcantarillado o drenaje de las aguas pluviales de manera adecuada en concordancia a la Ley General de drenaje Pluvial y su Reglamento; aprobada en el 2018, señala la obligatoriedad de que toda habilitación urbana o edificación a nivel nacional, cuente con infraestructura de drenaje pluvial. Dicha ley establece también, la responsabilidad que tienen que asumir los gobiernos subnacionales para el cumplimiento de dicha obligatoriedad, así como la operación y mantenimiento de la infraestructura.

Cabe señalar que la norma técnica OS.060 Drenaje Pluvial Urbano del Reglamento Nacional de Edificaciones se encuentra vigente desde el 2006; sin embargo, en todas las instancias de gobierno, se han implementado estas infraestructuras como parte de gestión de

estas políticas públicas, para mitigar los impactos ambientales que genera las aguas pluviales en los habitantes que están expuestos a estos menesteres naturales.

El tratamiento no adecuado técnico de las aguas pluviales en la zona de estudio, es necesario considerar los lineamientos de diseño mínimos para la elaboración de proyectos de infraestructura en drenaje pluvial, incorporando las consideraciones establecidas en la Ley General de drenaje Pluvial y su Reglamento. La norma establece que el drenaje pluvial es obligatorio solo para ciudades con lluvias mayores a los 10 milímetros por día; según los estudios realizados por (SENAMHI, s.f.) tomamos que el mes con mayor intensidad de lluvia es el mes de marzo con 118.78 mm/mes, mes de febrero con 106 mm/mes, mes de enero con 79 mm/mes, diciembre con 78 mm/mes y los meses con intensidades mínimas son los meses de julio con 6 mm/mes, agosto con 8 mm/mes y junio con 10 mm/mes.

El desarrollo urbano de la ciudad de Cajamarca, se ve alterada de manera importante la hidrología y en particular modifica la red de drenaje y el proceso de transformación lluvia – escorrentía, que afecta de forma directa la capacidad de desagüe que propicia la existencia de inundaciones, por lo tanto, las aguas pluviales deben ser eliminadas lo más eficaz y rápido posible.

Al carecer de red de conductos, estructuras de captación y estructuras necesarias para el manejo, control y conducción de las aguas pluviales que caen sobre las cubiertas de las edificaciones, sobre las calles y avenidas, veredas, jardines, etc. Trae como consecuencias la no mitigación con cierto nivel de seguridad la generación de molestias por inundación y daños materiales y humanos. (SIAPA, 2014).

Desinterés del gobierno central y subnacionales para implementar políticas públicas para el tratamiento de las aguas pluviales, como un servicio básico en todo centro poblado, que comprende la recolección, transporte, almacenamiento y evacuación de las aguas pluviales a un cuerpo receptor diseñado. Frente a esta necesidad, la gestión pública y la visión de sus autoridades, no han desarrollado capacidades que contribuyan la mitigación de los impactos ambientales en el territorio y habitantes expuestos al problema de drenaje pluvial.

La presencia de aguas pluviales en áreas urbanas donde los sistemas de drenaje son deficientes, se constituyen en causales para que las aguas provenientes de las lluvias se estanquen, constituyéndose en una fuente de proliferación de bacterias y mosquitos causantes de muchas enfermedades infectocontagiosas, así como perjudicando el libre tránsito de personas y vehículos, por lo que la población no puede desarrollar sus actividades cotidianas con normalidad.

Ante este tipo de consecuencias, Flores Juro, afirma:

“Con el afán de atender la deficiencia de servicios básicos de infraestructura ... Es necesario evitar que las de aguas provenientes de las lluvias de estanque, constituyéndose en una fuente de proliferación de bacterias y mosquitos causantes de muchas enfermedades infecto contagiosas, así como perjudicando el libre tránsito de personas y vehículos, por lo que la población no puede desarrollar sus actividades cotidianas con normalidad. La cual nuestro principal objetivo es el planteamiento de la evacuación de aguas pluviales en la ciudad de Chuquibambilla”. (FLORES JURO, 2018)

Al analizar los resultados de la Matriz de Leopold y haber realizado el seguimiento in situ de la infraestructura de drenaje de las aguas pluviales en el ámbito de estudio, las escorrentías son superiores a la capacidad de infraestructura de conducción hasta la infraestructura de disposición final, las cuales generan malestar en la población por las permanentes inundaciones temporales que se producen durante los eventos de lluvia.

Ante esta situación, me permito sugerir, que las instancias de gobierno local y regional convoque especialistas de ingeniería para realizar un estudio general de la infraestructura de drenaje pluvial, adecuar los proyectos a la normatividad vigente cuyos criterios están estipulados en la norma de drenaje pluvial urbano (OS. 060) para asegurar la idónea secuencia de recolección, transporte y evacuación de las aguas lluvia.

Así se tiene las siguientes investigaciones que sirven como antecedentes

LÉON (2016), realizó el estudio “Análisis de las consecuencias de las medidas de adaptación a la variabilidad y cambio climático del alcantarillado pluvial actual de la localidad de chapinero, en la ciudad de Bogotá, Colombia. (LEÓN ÁLVAREZ, 2016), el objetivo implementar medidas adecuadas para afrontar los efectos del cambio climático, ante las condiciones actuales del alcantarillado pluvial de Bogotá y evitar el represamiento de basura en sus redes de alcantarillado que no permite que las aguas lluvias fluyan. Para lo cual plantea el diseño e implementación de sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) que contribuya a minimizar los impactos de la escorrentía urbana, cumpliendo funciones que no solo disminuye el volumen de la escorrentía, sino que mejora la calidad de estas aguas por acción de sedimentación-filtración. Las aguas deben ser conducidas por canales o tuberías hacia un tanque de almacenamiento, para luego ser utilizada en uno o varios usos

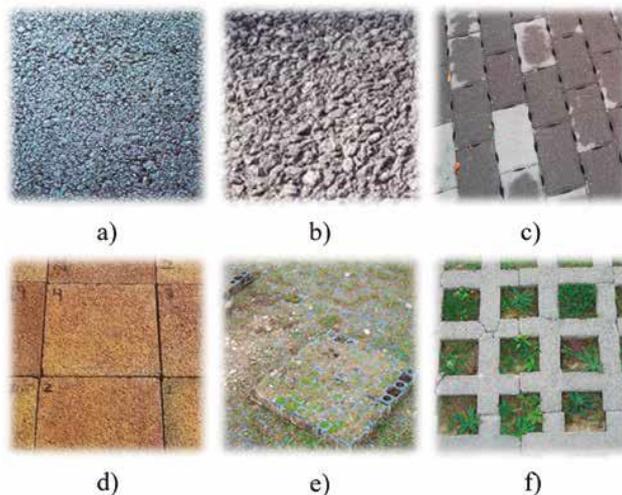
dentro de las edificaciones. Además, la capturar de estas aguas permita filtrar al suelo; este sistema almacena temporalmente las aguas para que puedan ser posteriormente liberadas a un sistema de evacuación o al suelo a una velocidad controlada. En las conclusiones demuestran que la localidad de chapinero presenta muy pocas medidas para la adecuación del alcantarillado pluvial que provocan inundaciones en el sector, para lo cual propone implementar los SUDS que den soluciones como retener el mayor tiempo posible las aguas lluvias en su punto de origen, para evitar problemas de inundaciones y minimiza la cantidad de la escorrentía; también, disminuye la acumulación de basuras reduciendo la capacidad de transportar el agua lluvia y propone implementar acciones para el aprovechamiento, manejo y control de los residuos sólidos.

Jato-Espino y Valerio (2019) en la Jornada RedSUDS 2017 en Madrid - España, presentó el proyecto “Pavimientos urbanos permeables” (Jato-Espino, Andrés-Valeri, Rodríguez-Hernández, & Castro-Fresno, 2019) como propuesta para identificar la necesidad de un marco que regule la creación y gestión de SUDS. El objetivo del estudio es describir la composición y principales tipos de pavimentos permeables y los materiales comúnmente empleados para su construcción, considerando que estos actúan como sistemas de captación, conducción, infiltración y almacenamiento, facilitando el control de la escorrentía y que contribuyen como medida de mitigación de las amenazas del cambio climático y la urbanización, el proyecto propone de abajo arriba, la sección de una capa de subbase que descansa sobre la explanada compactada, una capa base intermedia de granulometría abierta y una capa superficial permeable. Adicionalmente, se puede disponer un geotextil de filtro y separación entre capas, además de otros elementos como tuberías perforadas, geocompuestos, celdas de plástico o membranas impermeables. El proyecto propone tres

tipos de pavimentos: 1) Pavimentos porosos: a) asfalto poroso con ligantes bituminosos y b) hormigón poroso si se usan ligantes hidráulicos. 2) Pavimentos permeables de adoquines, que pueden ser de adoquines impermeables con juntas abiertas o de adoquines porosos, cuyo beneficio distintivo de este tipo de pavimentos es su versatilidad estética. 3) Pavimentos de césped reforzado. Este diseño de césped reforzado con celdas de plástico u hormigón guarda importantes diferencias en comparación con los tipos de pavimento descritos con anterioridad, especialmente en lo que se refiere a su área impermeable. **Conclusiones**, a) los pavimentos permeables hasta la fecha demuestran que la integración de estos sistemas en el entorno urbano es viable y tiene una influencia positiva en la gestión de la cantidad y calidad de las aguas de escorrentía. b) La implementación de estos sistemas debe considerarse en el diseño de planes y estrategias urbanas orientadas a salvaguardar el medio ambiente y asegurar el bienestar humano.

### Figura 1

*Tipos de superficie en pavimentos permeables.*



*Nota. a) Asfalto poroso b) Hormigón poroso c) Adoquines impermeables con juntas abiertas d) Adoquines de hormigón poroso e) Césped reforzado con celdas de plástico f) Césped reforzado con celdas de hormigón.* (Jato-Espino, Andrés-Valeri, Rodríguez-Hernández, & Castro-Fresno, 2019)

Momparler (2008), Expo Zaragoza - España, presentó la investigación titulada Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) (Perales Momparler S. , 2008), cuyo objetivo es resolver tanto los problemas de cantidad como de calidad de las escorrentías urbanas, minimizando los impactos del desarrollo urbanístico y maximizando la integración paisajística y los valores sociales y ambientales. Presentó los siguientes casos: **CASO 1: Depósito de laminación-reutilización-infiltración en Villanueva de Gállego (Zaragoza)**, ante el problema de que el colector existente en la urbanización era de capacidad insuficiente para evacuar las aguas pluviales de la cubierta por encontrarse situado a una cota superior al punto de vertido del sistema de evacuación de dicha cubierta; como solución al problema, PMEnginyeria proyecta y proporciona asistencia técnica en la construcción de un depósito semienterrado de laminación-infiltración, con capacidad para gestionar la tormenta de diseño, que permite la infiltración del agua de lluvia al terreno, reproduciendo de este modo el ciclo hidrológico existente previamente a la construcción de la nave. Adicionalmente, construyen un depósito impermeable asociado al anterior, para el almacenamiento y posterior reutilización del agua de lluvia, tanto para el riego de las zonas ajardinadas de la parcela como para su uso como agua sanitaria (recarga de inodoros y agua para limpieza).

**CASO 2: Red de Drenaje Sostenible y Reutilización de Pluviales en Torre Baró, Barcelona.** El objetivo es captar y transportar las escorrentías generadas tanto en el viario como en las cubiertas de los edificios hacia el punto más bajo de la actuación, para su posterior reutilización en tareas municipales de riego y limpieza viaria. Para la segunda fase, se proyectó una serie de depósitos detención en los puntos bajos de las zonas verdes, que captan

el agua mediante filtración y la dirigen a través de la red de drenaje sostenible de la urbanización, hasta el depósito de reutilización proyectado. Conclusiones. a) Introducir un cambio para gestionar el agua de lluvia con un buen planeamiento, diseño, construcción y mantenimiento, los SUDS pueden mitigar muchos de los efectos adversos que la escorrentía urbana provoca al medio ambiente y aportar al mismo tiempo un recurso hídrico apto para ser reutilizado.

**Figura 2.**

*Cuneta verde.* (Perales Momparler S. , 2008)



**Figura 3.**

*Franja de captación y transporte de escorrentía, Barcelona .* (Perales Momparler S. , 2008)



**Figura 4.**

*Depósito de Laminación-Infiltración de pluviales, relleno con neumáticos usados.*

*Zaragoza. (Perales Momparler S. , 2008)*



Díaz (2018), realizó un Estudio técnico del sistema de drenaje pluvial del jirón Chinchita Alta, Chachapoyas, Perú, por los altos niveles de sobrecarga pluvial que generan erosiones e inundaciones en las partes bajas. (Díaz Chuquipiondo, 2018). El objetivo general, fue evaluar el estado actual del diseño hidráulico y las competencias en la operación y mantenimiento del sistema de drenaje pluvial, teniendo como muestra las cuadras 09 y 10. Método, El método analítico para determinar las capacidades hidráulicas y eficiencias de operación y el Método Inductivo para ver la eficiencia del sistema. Técnicas: observación directa, recopilación bibliográfica y data de precipitación histórica del SENAMHI. Resultados de la investigación permitió: a) identificación del área de influencia. b) Estudio topográfico, c) caudales máximos y d) Método Racional. Las conclusiones. El diseño hidráulico cuenta con elementos capaces de responder a las solicitudes más exigentes de la lluvia: Sumideros a cada 15m aproximadamente, con la capacidad de absorber las láminas de lluvia hasta de duraciones inferiores a 10min y con rejillas resistentes al paso del tráfico;

con cunetas de dimensiones capaces de conducir todos los caudales máximos por cuadra llegando a evacuar un total de 1.558m<sup>3</sup>/seg al final del jirón.

Abanto, en el estudio de investigación “Evaluación del riesgo de inundación mediante modelo de gestión de aguas pluviales del sector sur de la ciudad de Cajamarca” (Abanto Plasencia, 2017), tiene como objetivo: Identificar y analizar las variables y circunstancias que conllevan que la escorrentía generada durante un evento pluvial permita problemas de inundación y anegamiento, para tal fin, utilizó el programa de modelamiento SWMM, que permite apreciar de manera interactiva y rápida las variables y objetos y clasificar por escalas, describir la coyuntura del lugar, sus características y formas, estableciendo las pendientes, capacidades, caudales, puntos de inundación, velocidades, estabilidad y deslizamiento. los resultados encontrados permitió a) Conocer los resultados del producto calado – velocidad para el Vuelco, que indican que el sistema se encuentra dentro de la categoría “**Severidad Baja**”. b) Respecto al criterio de deslizamiento, los resultados del producto velocidad – vuelco, indican que para el calado 0.20m y velocidad 2.50m/s hay dificultad para mantener la estabilidad al deslizamiento para una persona promedio porque supera los 1.23m<sup>3</sup>/s<sup>2</sup>. En la medida que gran parte de la zona ya tiene infraestructura para el drenaje complementario ejecutada, resulta no factible realizar el cambio completo de toda la infraestructura; la solución que plantea es ubicar y ejecutar canales colectores que puedan conducir la escorrentía. El estudio concluye en: a) La zona posee un riesgo constante de inundación y anegamiento, al presentarse un evento pluvial mínimo se presentan nodos de inundación y anegamiento en distintos sectores de la zona. b) Falta de continuidad en los conductos al momento de evacuar la escorrentía, al igual que la infraestructura básica utilizada no funciona de manera de eficiente para evacuar la

escorrentía ya que colapsa en poco tiempo por las pendientes mínimas. c) Diseño un sistema de colectores que ayude en recopilar y trasportar la escorrentía superficial, para disminuir los puntos de inundación y anegamiento. d) Las zonas con relieves combinadas desde una fuerte pendiente a una pendiente mínima en el traslado de escorrentía hacen un sistema complejo que afecta las capacidades de las estructuras por eso los diseño deben darse de una forma maestra y no por sectores.

## **BASES TEÓRICAS**

La presente investigación considera identificar los impactos ambientales que genera un sistema de drenaje pluvial; al mismo tiempo, identificar las ventajas ambientales, sociales y económicos de un sistema de drenaje urbano sostenible, para la cual consideramos desarrollar dos enfoques desarrollados en diferentes contextos: a) El primer enfoque centrado en la normatividad vigente del Perú, que responde a un enfoque tradicional o convencional y b) Enfoque de Sistemas Urbanos De Drenaje Sostenibles (SUDS), más conocidos como sistemas de gestión sostenible de aguas pluviales.

### **a) Sistema de drenaje pluvial promovido por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú.**

Comprenden la recolección, transporte y evacuación a un cuerpo receptor de las aguas pluviales que se precipitan sobre un área urbana” ... “El drenaje urbano, tiene por objetivo el manejo racional del agua de lluvia en las ciudades, para evitar daños en las edificaciones y obras públicas (pistas, redes de agua, redes eléctricas, etc.), así como la acumulación y/o trasmisión de enfermedades) (Ministerio de Vivienda, Construcción Y Saneamiento, 2021)

Es un sistema de evacuación de la escorrentía superficial producida por las lluvias, constituido por los siguientes componentes:

**a) Instalaciones de drenaje pluvial para edificaciones.** Se debe tener en cuenta la inclinación del techo para evacuar rápidamente las aguas pluviales hacia los demás componentes del sistema de drenaje.

**b) Tubería de entrega.** En caso las instalaciones de drenaje pluvial en edificaciones se deban conectar a la infraestructura de drenaje pluvial de una habilitación urbana, se debe incluir una tubería de entrega para este fin, con el propósito que el agua pluvial sea dirigida a la cuneta sin deteriorar las veredas. Se debe evitar la descarga como chorro libre desde los techos a la vía pública.

**c) Cuneta.** El discurrimiento del agua pluvial que cae directa o indirectamente sobre las veredas y pistas, así como las provenientes de las instalaciones de drenaje pluvial de edificaciones, deben orientarse hacia las cunetas.

**d) Vereda y pista.** Para la evacuación del agua pluvial que cae directamente sobre las veredas y pistas, así como las que llegan provenientes de las edificaciones u otras estructuras se debe considerar: Orientación del flujo: En el diseño de pistas se prevén pendientes longitudinales (SI) y transversales (St) a fin de facilitar la concentración del agua pluvial que incide sobre el pavimento hacia los extremos o bordes de la pista o calzada.

**e) Sumidero.** La elección del tipo de sumidero depende de las condiciones hidráulicas, económicas y de ubicación. Se tiene cuatro tipos: Sumideros laterales en sardinel o solera, sumideros de fondo, los sumideros de Tipo S3 y S4, en

caso de situaciones que requieren un tratamiento distinto, se diseñan sumideros especiales.

**f) Subcolector y colector.** El drenaje de agua pluvial está conformado por un conjunto de subcolectores y colectores necesarios para evacuar la escorrentía superficial producida por las lluvias a una unidad de tratamiento o a un curso natural de agua.

**g) Estructura de unión.** Se debe utilizar sólo cuando la sección de los conductos sea mayor que 1 m. Se debe diseñar para prevenir la turbulencia en el discurrimiento del agua pluvial.

**h) Depresiones para drenaje pluvial.** Los aspectos mínimos que se deben cumplir son los siguientes: Geometría, ensanches de la cuneta, en cunetas y canales laterales, en cunetas con solera, revestimiento, detalle del diseño.

**i) Tipos de evacuación y dren o emisor principal.** De acuerdo a su área de influencia, la infraestructura de drenaje pluvial debe conducir el agua pluvial por acción de la gravedad, con la finalidad que el agua pluvial recolectada sea evacuada al mar, río o lago, mediante un emisor o dren principal.

## **b) Sistema urbano de drenaje sostenible**

El drenaje de aguas pluviales en áreas urbanas constituye una importante fuente de contaminación de las masas de agua, debido al arrastre de un gran número de sustancias peligrosas y otros contaminantes que tiene claros efectos negativos sobre los ríos y sobre las comunidades biológicas que viven en estos ecosistemas.

### **¿Qué son Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible?**

Son todos aquellos elementos participantes en el drenaje urbano que, además de reducir el caudal circulante por la superficie de las poblaciones o ciudades, consiguen también disminuir de forma notable la cantidad de contaminantes que arrastra el agua de escorrentía, mejorando el medio ambiente y el paisaje urbano.

Este sistema no tiene que estar compuesto únicamente de elementos estructurales necesariamente, el hecho de mantener las vías limpias de manera sistemática evita el arrastre de grandes contaminantes de sólidos en suspensión durante un evento lluvioso, así que también puede considerarse como un elemento de sostenibilidad en el drenaje.

Abellán, (Abellán, 2013) expone la procedencia de los distintos conceptos asociados a las siglas SuDS, WSUD, BM, LID, GI y TDUS, asimismo, señala algunas de las principales diferencias que existen entre el drenaje denominado tradicional o convencional con el sistema de drenaje urbano sostenible, que imitan la naturaleza y gestionan la precipitación cerca de donde cae.

**a) Sustainable urban Drainage Systems (SuDS). Reino Unido. (Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible)**

Esta organización define a estos sistemas de drenaje que contribuyen al desarrollo sostenible y a la mejora del diseño urbano, equilibrando los diferentes intereses que influyen en el desarrollo de la comunidad. Enfocan la gestión del agua superficial considerando la cantidad de agua (inundaciones), la calidad (contaminación) y el uso público que se le puede dar a esa agua superficial.”

Pueden ser diseñados para atenuar el caudal de agua antes de que se incorpore a corrientes, ríos u otros cursos de agua. Proporcionan espacios para el almacenamiento de agua en entornos naturales donde ésta puede ser infiltrada a través del suelo, evaporada desde la superficie desde la lámina del agua o evapotranspirada por la vegetación.

**b) Water Sensitive Urban Design (WSUD). Australia. (Diseño Urbano Sensible del ciclo del Agua)**

El Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Australia define el Water Sensitive Urban Design (WSUD) o Diseño Urbano Sensible del ciclo del Agua como: Una filosofía que pretende mitigar los impactos ambientales, en particular sobre la cantidad y calidad del agua y en la recepción en cursos fluviales, asociados habitualmente con la urbanización. El WSUD incorpora medidas de manejo holístico que tienen en cuenta la planificación y el diseño urbano, el uso social y ambiental del paisaje urbano y la gestión integrada de las aguas pluviales con su transporte mediante la reducción de los picos de caudal, la protección de los sistemas naturales y de la calidad del agua, y la reutilización de las aguas pluviales para la conservación del paisaje”.

**c) Best Management Practice (BMP). USA, Canadá. (Mejores Prácticas de Gestión)**

La Agencia de Medio Ambiente de Estados Unidos (1993), explica que las Mejores Prácticas de Gestión “son intrínsecamente prácticas para la prevención de la contaminación. Tradicionalmente, las BMPs se habían enfocado como unas

adecuadas medidas de limpieza y unas rigurosas técnicas destinadas a evitar el contacto entre los contaminantes y el agua que podría producirse como consecuencia de escapes, vertidos, o la incorrecta disposición de basuras.”

Pero actualmente se considera que las BMPs pueden incluir cualquier medida que prevenga la contaminación, como cambios operacionales en la producción que limiten la emisión de contaminantes, optimización de dicha producción, sustitución de materiales, el control de la escorrentía, los tratamientos que sean necesarios, etc.

**d) Low Impact Development (LID). USA. (Tácticas de Desarrollo de Bajo Impacto).**

Define como estrategias de diseño que tienen el objetivo de mantener o reproducir el régimen hidrológico previo al desarrollo urbanístico mediante técnicas de diseño que crean un paisaje hidrológico equivalente al natural. Es decir, técnicas que contemplan las funciones hidrológicas de recarga del agua subterránea, la infiltración y almacenamiento, así como el control del volumen y la frecuencia de las descargas a través de la retención y detención de aguas pluviales distribuida a una micro escala integrada, la reducción de las superficies impermeables y el alargamiento de las trayectorias del flujo y el tiempo de escorrentía.

**e) Green infrastructure. USA (Infraestructura verde)**

Propone el siguiente significado: “Sistemas y prácticas que emplean o imitan procesos naturales para infiltrar, evapotranspirar, o reutilizar el agua pluvial donde se genera. La infraestructura verde puede ser usada en una amplia gama de espacios a diferente escala en lugar de los elementos de drenaje convencional (o añadiéndolos

a estos elementos), para favorecer los principios del Desarrollo de Bajo Impacto (LID).”

### **Impacto ambiental**

Cualquier cambio en el medio ambiente, sea adverso o beneficioso, resultante en todo o en parte de las acciones derivadas de las diferentes fases de construcción, explotación, mantenimiento y, en su caso, clausura, cese o desmantelamiento de la actividad objeto del proyecto. El cambio se mide por la variación del estado de los factores ambientales a lo largo del tiempo, con o sin proyecto (Asociación Española., 2006).

Los impactos al medio natural o social pueden ser positivos o negativos o de relativa identificación (...) pueden producir efectos directos o indirectos, mediatos o inmediatos, pueden afectar a un espacio reducido del territorio o tener un alcance regional de cierta importancia; asimismo, pueden tener una incidencia puntual o acumulativa. (Alier, 2010)

### **Factor Ambiental.**

Cualquier componente del medio ambiente que puede verse afectado por las actuaciones derivadas de las diferentes fases de construcción, explotación, mantenimiento y, en su caso de la actividad objeto del proyecto (por Ej. La población, la fauna, la flora, el suelo, el agua, el aire, los factores climáticos, los bienes materiales el contexto social o económico, el paisaje, el patrimonio cultural y arqueológico, etc.) (Asociación Española., 2006).

En concordancia con los argumentos de Ropero Portillo (Ropero Portillo, 2020) plantea que los impactos ambientales son aquellos que producen una alteración, cambio o modificación en el ambiente, con una determinada complejidad y magnitud como consecuencia de las actividades humanas. Siempre que existen actividades antropogénicas se produce un impacto, aunque dependiendo de la actividad estos serán despreciables o significativos, pudiendo ser también negativos o positivos; mostrando diferentes tipos de impactos ambientales, que a continuación, se detalla:

Los **impactos ambientales negativos** son aquellas alteraciones en el medioambiente que perjudican tanto el medio natural como la salud humana. Por tanto, las principales consecuencias son la contaminación del planeta (tierra, agua, y aire), la pérdida de biodiversidad y el incremento de enfermedades y problemas de salud.

Los impactos ambientales no solo son negativos, también existen **impactos ambientales positivos**, como resultado de una actividad que tiene como fin una mejora y recuperación de las zonas naturales. Por un lado, algunos ejemplos de impactos negativos son la contaminación, la sobreexplotación de recursos naturales, el cambio climático y la degradación ambiental. Por otro lado, algunos ejemplos de impactos positivos pueden ser, la reforestación, el uso de energías renovables, una gestión del agua eficiente y un buen tratamiento de depuración de agua o tener buenos ámbitos de reciclaje.

### **Métodos de evaluación de impacto ambiental**

Existen diferentes métodos de evaluación de impacto para el conjunto de acciones y/o actividades de un determinado Proyecto, siendo los más conocidos son la Matriz de Leopold y Batelle-Columbus en muchos lugares del mundo. Sin embargo, no son las únicas metodologías que se emplean, a continuación te entregamos un listado de ellos. (Tito, Ingeniería Ambiental, 2021)

- Metodologías Ad hoc o panel de expertos
- Matriz de Leopold
- Métodos cartográficos
- Listas de chequeo
- Diagramas de flujo
- Redes
- Método de Batelle - Columbus.

Para la presente investigación, se determinó utilizar el Método de evaluación de impacto ambiental Matriz de Leopold, para identificar el impacto que genera el proyecto de drenaje en la urbanización Campo Real de la ciudad de Cajamarca.

### **La Matriz de Leopold**

La Matriz de Leopold, fue diseñada inicialmente para evaluar los impactos ambientales que se relacionaban con proyectos mineros (Leopold, Clarke, Hanshaw, & Balsley, 1971). Esta matriz involucra 100 acciones específicas y 88 factores ambientales susceptibles de verse modificados dependiendo de la naturaleza y características propias del proyecto objeto de estudio. Esta matriz es de utilidad para identificar los diferentes impactos ambientales de un proyecto, en la estructura de la matriz, se ubican en las filas los factores ambientales que pueden ser afectados y en las columnas las acciones que se realizarán y que pueden causar impacto.

La elaboración de esta matriz consta de dos etapas, la primera consiste en la matriz de identificación, una vez que esta haya sido depurada se procede con la segunda etapa que se refiere a la matriz de importancia. Cada cuadro se divide mediante una diagonal en la parte superior se coloca la magnitud (M extensión del impacto), precedida del signo “+” o “-”. La escala empleada incluye valores del 1 al 10, 1 representa el impacto mínimo y 10 el

máximo. En el triángulo inferior se coloca la importancia (I intensidad), también en escala del 1 al 10. La ponderación es subjetiva, pero debe de participar todo el equipo de especialistas para lograr la mayor objetividad posible. La suma de las filas indica las incidencias del conjunto de acciones sobre cada factor, y por lo tanto su grado de fragilidad. La suma de las columnas provee la valoración relativa del efecto que cada acción producirá, es decir, su agresividad.

La matriz de Leopold se encarga de evaluar tres criterios los cuales son la extensión, duración y reversibilidad, también se encarga de evaluar varios componentes principalmente el biótico, abiótico y antrópico, tomando en cuenta la importancia y magnitud.

### **Ventajas y desventajas del método de Leopold.**

Sus ventajas son que califica los potenciales impactos ambientales y ayuda a conocer de mejor manera los impactos en cada fase y actividad, es relativamente fácil de utilizar y no requiere de cálculos complejos. La gran desventaja es que puede ser manipulado por el calificador ya que este sistema se lo realiza a criterio del técnico evaluador.

### **Componente Ambiental Abiótico.**

Son todos los componentes que determinan el espacio físico donde viven, se alimentan, se relacionan y se reproducen los seres vivos. Los factores abióticos son la estructura sobre la cual se alzan los ecosistemas.

Son factores físicos y no vivos que encontramos en el ecosistema, que afectan a la capacidad de los organismos vivos para sobrevivir y reproducirse. Incluye todo

el ambiente inerte. Entre los factores abióticos más importantes tenemos: La temperatura y la luz, agua, atmósfera, elementos químicos, viento

Características más importantes: No tienen vida, su naturaleza puede ser natural o artificial, son limitantes, ya que influyen en el crecimiento y la expansión de los organismos, la combinación específica de factores abióticos determina las especies de flora y fauna que habitan los distintos espacios naturales. (Asociación Española., 2006)

**Tabla 1**

*Componente ambiental abiótico*

COMPONENTE AMBIENTAL	SUB COMPONENTE AMBIENTAL	FACTOR AMBIENTAL
<b>ABIOTICO</b>	Aire	Calidad del aire por la acumulación de residuos y materiales contaminantes.
	Agua	Conducción agua de lluvia
		Recepción de agua de lluvia
	Suelo	Afectación del suelo natural por la construcción de infraestructura pluvial.
	Paisaje	Alteración del paisaje natural por la construcción de infraestructura pluvial

*Fuente: Elaboracion propia adaptada a la matriz de Leopold*

### **Componente Ambiental Biótico.**

Es el medio en donde existe vida y, por ende, organismos vivos o relacionado con ellos. No obstante, el término biótico se relaciona con la palabra biota que hace referencia al conjunto de flora y fauna.

Los organismos que conforman el medio biótico deben de sobrevivir y reproducirse en un ambiente con otros organismos vivos, es por ello, que cada uno debe de poseer características fisiológicas y comportamientos que los ayude a competir por alimentos, abrigo, espacio, entre otras causas. (Asociación Española., 2006)

**Tabla 2**

*Componente ambiental biótico*

COMPONENTE AMBIENTAL	SUB COMPONENTE AMBIENTAL	FACTOR AMBIENTAL
BIÓTICO	Flora	Disminución de la capa vegetal por la construcción de infraestructuras hidráulicas.
	Fauna	Desplazamiento de la vida animal por la construcción de infraestructuras hidráulicas

*Fuente: Elaboracion propia adaptada a la matriz de Leopold*

### **Componente Ambiental Antrópico**

*Antrópico es un término que proviene del griego ἄνθρωπος cuya pronunciación es anthropos lo que significa humano; antrópico engloba a todas las modificaciones que sufre la naturaleza por causa de la acción humana. El impacto antrópico o impacto antropogénico, es la alteración o modificación que causa una acción humana sobre el medio ambiente. Debido a que todas las acciones del hombre repercuten de alguna manera sobre el medio ambiente. (Asociación Española., 2006).*

**Tabla 3**

*Componente ambiental antrópico*

COMPONENTE AMBIENTAL	SUB COMPONENTE AMBIENTAL	FACTOR AMBIENTAL
ANTRÓPICO	Socioeconómico	Afectación de acceso a viviendas por inundaciones y otros eventos producidos en épocas de lluvia.
		Afectación a la tranquilidad e integridad física de los pobladores.
		Restricción de servicios: transporte, sistema de drenaje aguas servidas, busones, etc.

*Fuente: Elaboración propia adaptada a la matriz de Leopold*

**Justificación teórica:** La presente investigación tiene como soporte teórico el marco normativo Ley General de drenaje pluvial y su reglamento, que sustenta y señala la obligatoriedad que toda habilitación urbana o edificación debe tener, a nivel nacional. Asimismo, otro soporte teórico considerado a la gestión más eficiente del agua de lluvia (un recurso natural nada despreciable en los tiempos de escasez que afrontamos), y sus ventajas respecto de los sistemas tradicionales.

**Justificación práctica:** El resultado de la investigación servirá para concertar una nueva mirada de desarrollo de la ciudad de Cajamarca, basado en un modelo de desarrollo urbano ordenado y planificado que integre la gestión más eficiente del agua de lluvia del entorno urbano y el tratamiento de las aguas de lluvia en el paisaje

**Justificación metodológica:** El estudio explicativo - descriptivo es una herramienta estratégica para analizar y determinar la pertinencia del impacto socioambiental que produce un mal sistema de drenaje pluvial urbano. Esta estrategia de análisis indagatorio nos servirá para aplicar a otros casos similares respecto a los sistemas de drenaje presentes en la ciudad de Cajamarca.

## 1.2. Formulación del problema

PG. ¿Cuáles son los impactos ambientales que genera el sistema de drenaje pluvial, en los componentes ambientales, en la urbanización Campo Real de la ciudad de Cajamarca?

PE 1: ¿Cuáles son los impactos ambientales que afectan al subcomponente ambiental del agua y paisaje de la urbanización Campo Real, de la ciudad de Cajamarca?

PE2: ¿Cuál es el impacto ambiental que genera el sistema de drenaje pluvial en el componente antrópico del sistema?

PE3: ¿Cuáles son las ventajas de un sistema de drenaje urbano sostenible ante un sistema de drenaje pluvial convencional?

## 1.3. Objetivos

OG: Analizar los impactos ambientales del sistema de drenaje pluvial en la urbanización Campo Real de la ciudad de Cajamarca.

OE 1: Analizar los impactos ambientales que afectan al subcomponente ambiental del agua y paisaje de la urbanización Campo Real de la ciudad de Cajamarca.

OE2: Analizar el impacto ambiental del sistema de drenaje pluvial en el componente antrópico de la urbanización Campo Real de la ciudad de Cajamarca.

OE3: Identificar y analizar las ventajas de un sistema de drenaje urbano sostenible ante un sistema de drenaje pluvial convencional.

#### **1.4. Hipótesis**

HG: Los impactos ambientales del sistema de drenaje pluvial en la urbanización Campo Real son negativos.

HE 1: Los impactos ambientales que afectan al sub componentes agua y paisaje son significativos en la urbanización Campo Real, de la ciudad de Cajamarca.

HE2: El impacto ambiental de sistema de drenaje pluvial al componente antrópico es negativo en la urbanización Campo Real de la ciudad de Cajamarca.

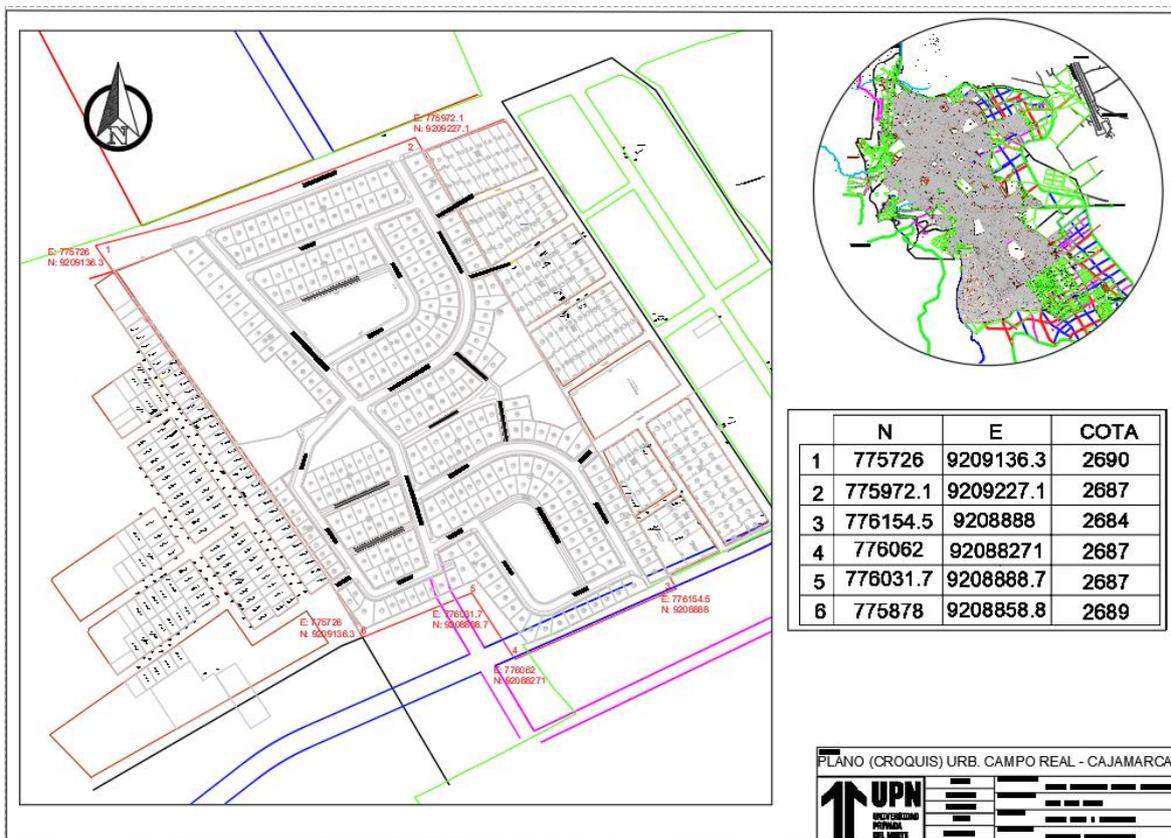
HE3: Son muy significativos las ventajas de un sistema de drenaje urbano sostenible ante un sistema de drenaje pluvial convencional.

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

La población para la presente investigación está conformada por las viviendas de la urbanización Campo Real de la ciudad de Cajamarca.

**Figura 5.**

Croquis Urbanización Campo Real.



*Fuente: Plano Catastral Cajamarca*

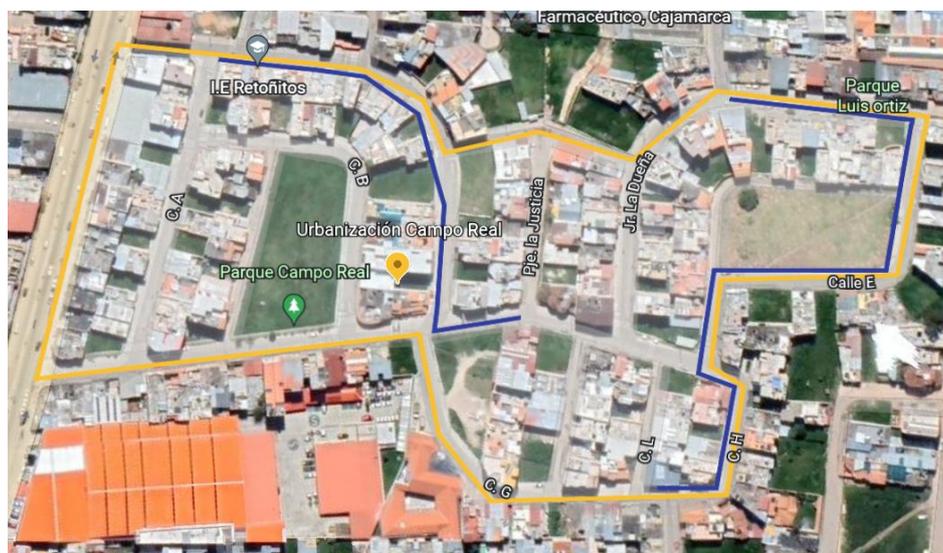
La muestra seleccionada a criterio del investigador, priorizando una toma efectiva de datos para poder saber los afectados por los impactos ambientales de la infraestructura del drenaje pluvial de la zona de estudio; los objetos de estudio se consideró un muestreo por conveniencia; una técnica no probabilística.

Según (Scharager, 2001) en este tipo de muestras la elección de los elementos no depende de la probabilidad sino de las condiciones que permiten hacer el muestreo (acceso o disponibilidad, conveniencia, etc); son seleccionadas con mecanismos informales y no aseguran la total representación de la población.

La presente investigación teniendo en cuenta la dimensión espacial, se considerará la muestra a conveniencia tomando las calles afectadas por ser los lugares que sufren las inundaciones en las épocas de lluvias; son las siguientes: Calle H, Calle F, Calle E, Jr. La Dueña, Jr Ramiro León Urbina y Jr. María E. Madalengoitia ubicadas en la urbanización Campo Real de la ciudad de Cajamarca, de manera que genere información que contribuya a entender la dimensión ambiental, social y económica del sistema de drenaje pluvial en ámbitos urbanos.

### Figura 6.

Delimitación y calles afectadas.



Nota: Limitaciones Urbanización Campo Real  , Calles afectadas

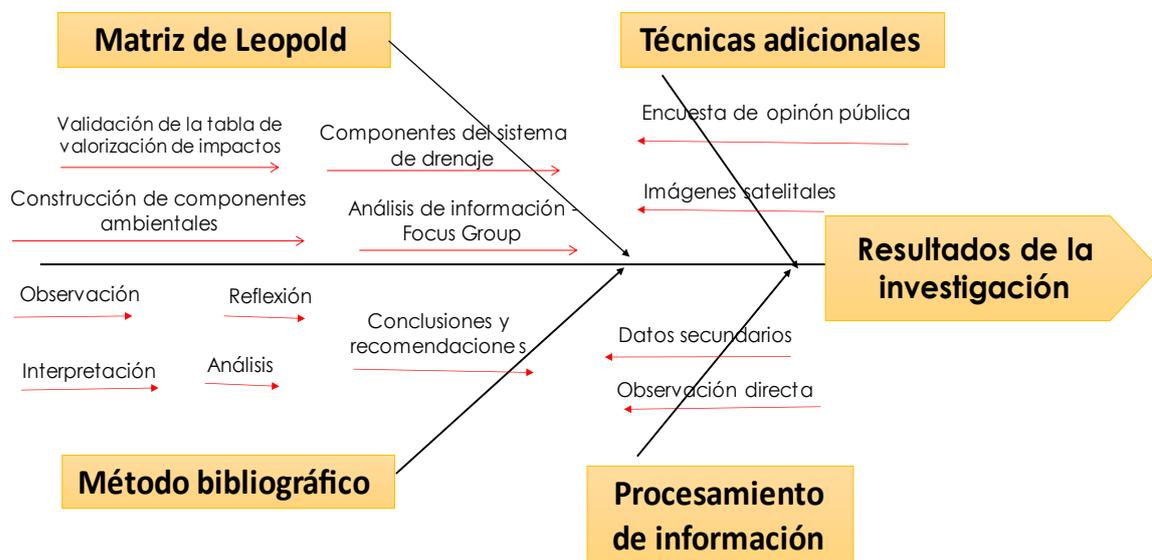
## TECNICAS E INSTRUMENTOS

### INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

**Figura 7.**

Procedimiento: Instrumentos de medición

#### PROCEDIMIENTO DEL PROCESO METODOLÓGICO: Instrumentos de medición

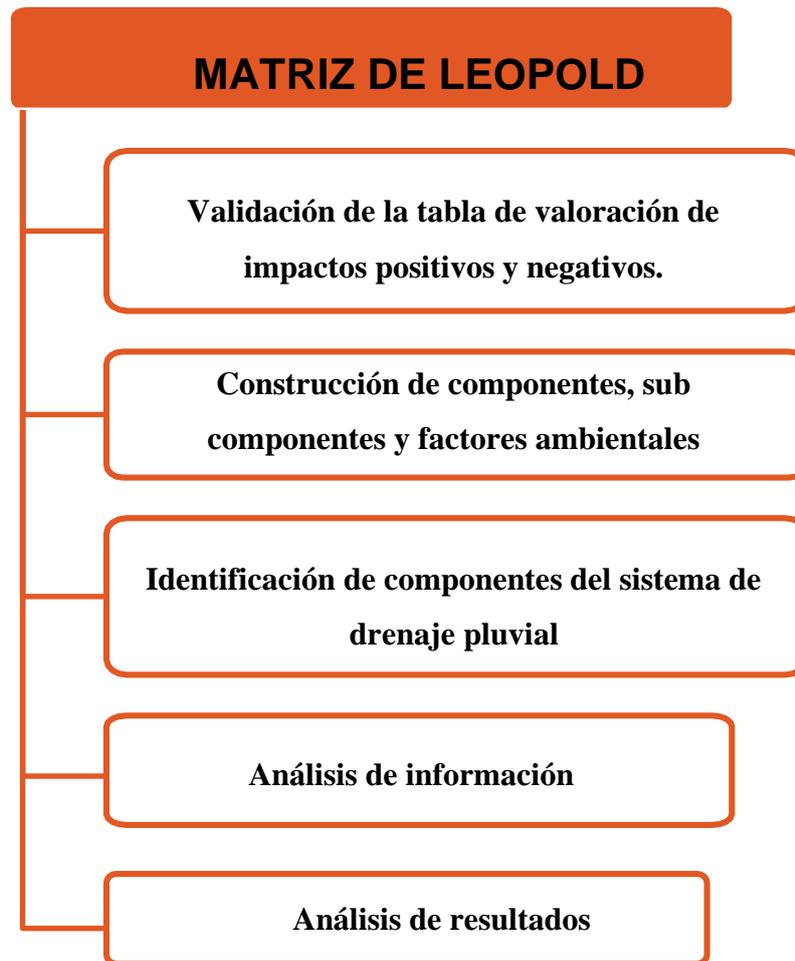


*Fuente: Elaboración propia*

**A) Procedimiento de la construcción de la Matriz de Leopold para medir los impactos ambientales. (Verdugo, 2013)**

**Figura 8.**

Procedimiento de la aplicación de la Matriz de Leopold



*Fuente: Elaboración propia*

La Matriz de Leopold es un método cualitativo de evaluación de impacto ambiental para entornos naturales, para ello, se definió dos aspectos:

- a) **La "Magnitud"** del impacto sobre los factores ambientales, aquí se usa para definir el sentido de grado, tamaño, o escala. La magnitud del impacto puede ser evaluada en base a hechos.
  
- b) **La "Importancia"** define las características y condiciones ambientales específicas. La importancia del impacto se basa generalmente en un juicio de valor. Los valores numéricos de magnitud (cuantitativos) e importancia (cualitativos) reflejan un estimado de los impactos de cada acción. Esta matriz tiene en el eje horizontal, son las acciones que causan impacto ambiental; y en

el eje vertical son las que puedan verse afectadas.

El análisis se realizó de acuerdo al criterio del investigador, basado en la valorización para la magnitud (intensidad y afectación) e importancia (duración e influencia). La evaluación de impactos consta de varios pasos: 1. Identificación de las acciones del proyecto y componentes del medio afectado, 2. Estimación subjetiva de la magnitud del impacto, en una escala de 1 a 10, siendo el signo + un impacto positivo y el signo - uno negativo.

### **Análisis del impacto ambiental.**

La discusión comprende los siguientes aspectos: a) Una descripción de la acción propuesta, b) El probable impacto de la acción sobre cada factor ambiental identificado, c) Los efectos ambientales adversos que no se puedan evitar, d) Las alternativas a la acción propuesta, e) La relación entre el uso humano del medio ambiente a corto plazo y el mantenimiento y mejora de la productividad del ecosistema a largo plazo, f) Cualquier compromiso irreversible e irrecuperable de recursos involucrados en la acción propuesta.

### **Tabla 4.**

*Valoración de impactos negativos y positivos.*

Impactos Negativos o Positivos					
MAGNITUD			IMPORTANCIA		
Intensidad	Afectación	Calificación	Duración	Influencia	Calificación
Baja	Baja	-1	Temporal	Puntual	+1
Baja	Media	-2	Media	Puntual	+2
Baja	Alta	-3	Permanente	Puntual	+3
Media	Baja	-4	Temporal	Local	+4
Media	Media	-5	Media	Local	+5
Media	Alta	-6	Permanente	Local	+6
Alta	Baja	-7	Temporal	Regional	+7
Alta	Media	-8	Media	Regional	+8
Alta	Alta	-9	Permanente	Regional	+9
Muy alta	Alta	-10	Permanente	Nacional	+10

*Fuente: Luis Enrique Duarte Verdugo y otros.*

### **Construcción de los componentes, sub componentes y factores ambientales.**

La matriz de Leopold es una manera simple de resumir y jerarquizar los impactos ambientales y concentrar el esfuerzo en aquellos que se consideren mayores. **La asignación de la magnitud** debe basarse en información de hecho. Sin embargo, la **asignación de importancia** puede dejar cierto margen para la opinión subjetiva del evaluador.

#### **Tabla 5.**

*Componentes, sub componentes y factores ambientales.*

COMPONENTE AMBIENTAL	SUB COMPONENTE AMBIENTAL	FACTOR AMBIENTAL
<b>ABIOTICOS</b>	Aire	Calidad del aire por la acumulación de residuos y materiales contaminantes.
	Agua	Conducción agua de lluvia
		Recepción de agua de lluvia
	Suelo	Afectación del suelo natural por la construcción de infraestructura pluvial.
	Paisaje	Alteración del paisaje natural por la construcción de infraestructura pluvial
<b>BIÓTICO</b>	Flora	Disminución de la capa vegetal por la construcción de infraestructuras hidráulicas.
	Fauna	Desplazamiento de la vida animal por la construcción de infraestructuras hidráulicas
<b>ANTRÓPICO</b>	Socioeconómico y cultural	Afectación de acceso a viviendas por inundaciones y otros eventos producidos en épocas de lluvia
		Afectación a la tranquilidad e integridad física de los pobladores
		Restricción de servicios: transporte, sistema de drenaje aguas servidas, buzones, etc.
		Afectación al transporte y peatones

*Fuente: Adaptado a la Matriz de Leopold, Clarke, Hanshaw, & Balsley, 1971.*

**Tabla 6.**

*Componentes del sistema de drenaje pluvial.*

<b>COMPONENTES DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL            TRADICIONAL O CONVENCIONAL.</b> (Orientado a evacuar tan rápido como sea posible las las aguas lluvias, responden a modelos matemáticos que han dado énfasis diferentes a diversos aspectos de los ambientes hidráulicos. Modelación unidimensional o bidimensional)
Instalaciones de drenaje pluvial para edificaciones
Tubería de entrega
Cuneta
Vereda y pista
Sumidero
Registro
Depresiones para drenaje pluvial
Tipos de evacuaciones y dren

*Fuente: Norma técnica CE.040 drenaje pluvial del reglamento nacional de edificaciones y otros.*

## **B) Método bibliográfico**

El método bibliográfico, se considera como la revisión de bibliografía específica de un tema de investigación; el procedimiento considera a la observación, interpretación, reflexión y el análisis, para recopilar conceptos y obtener un conocimiento sistematizado, la cual fue utilizado para el desarrollar el objetivo tercero de la presente investigación.

Como en todo proceso de investigación, la búsqueda de fuentes bibliográficas y documentales está estrechamente asociado a los objetivos de la investigación... El

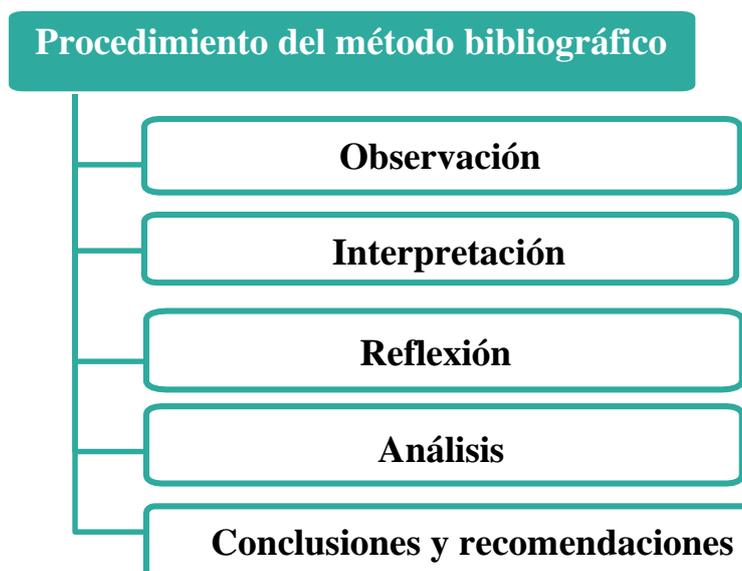
criterio fundamental para el trabajo de investigación bibliográfica y documental está por los objetivos específicos del proyecto de investigación, en tanto delimitan cada una de las operaciones y procedimientos que deben realizarse para alcanzar el objetivo (YUMPU, 2021).

Pretende encontrar soluciones a problemas planteados por una doble vía: a) Relacionando datos ya existentes que proceden de distintas fuentes. B) Proporcionando una visión panorámica y sistemática de una determinada cuestión elaborada en múltiples fuentes dispersas.

**Componentes: Exhaustividad** todas las fuentes deben ser necesarias, suficientes, sin excluir alguna que pueda también representar un aporte importante. Las mismas deberán corresponder a los objetivos planteados. **Actualidad** se tomarán en cuenta las recientes investigaciones o estudios para fundamentar la investigación.

### Figura 9.

*Procedimiento del Método Bibliográfico.*



*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 7.**

*Medidas Estructurales y No Estructurales del Sistema de drenaje Urbano Sostenible.*

N°	Medidas Estructurales más utilizadas	Medidas No Estructurales
	(Están destinados a filtrar, retener, transportar, acumular, reutilizar e infiltrar al terreno el agua de lluvia, de forma que no degraden e incluso restauren la calidad del agua que gestionan)	
1	Cubiertas ecológicas.	Educación y programas de participación ciudadana.
2	Superficies permeables.	
3	Franjas filtrantes.	Control de la aplicación de herbicidas y fungicidas en parques y jardines.
4	Pozos y zanjas de infiltración.	
5	Drenes filtrantes	Limpieza frecuente de superficies para reducir la acumulación de contaminantes.
6	Cunetas verdes	
7	Depósitos de infiltración	Cuidado en las zonas en obras para evitar el arrastre de sedimentos.
8	Depósitos de detención	
9	Estanques de retención	Control de las conexiones ilegales al sistema de drenaje y la recogida.
10	Humedales	
11	Ecocunetas antivuelco	Reutilización de pluviales.
12	Jardines verticales	
13	Pavimentos permeables	Otros
14	Jardines de lluvia y sumideros filtrantes	
15	Canales permeables,	

*Fuente: Elaboración propia en función a la bibliografía revisada.*

## **TÉCNICAS ADICIONALES:**

1. Encuesta a la opinión pública.
2. Imágenes satelitales, fotos aéreas y carta nacional.
3. Exploración de datos secundarios.
4. Observación directa.

## **ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA**

Es importante señalar que para realizar la revisión de bibliografía como información secundaria (Sitios web, artículos científicos, libros, revistas, trabajos de investigación, proyectos y expedientes técnicos, etc.), se procedió a realizar un plan de trabajo que sirvió de guía para la correcta selección, luego se procedió con el proceso de recolección de datos, información y documentos considerando una serie de pasos para el correcto manejo de la información.

## **ANÁLISIS DE DATOS CUALITATIVOS**

Para este parte de análisis de datos, se procederá a trabajar la Matriz de Leopold, que nos permitirá identificar de manera cualitativa los impactos ambientales del sistema de drenaje pluvial en la urbanización de Campo Real, según temporadas de lluvia.

La matriz de Leopold se adecuará al tema de investigación, el diseño y llenado de esta ficha se trabajará en Focus Grupales con profesionales de diferentes especialistas y por personas afectados por la infraestructura de alcantarillado pluvial.

## **ASPECTOS ÉTICOS**

La investigación a realizarse entre debe hacerse de acuerdo a tres principios éticos

---

básicos: a) Respeto a las personas, b) Búsqueda del bien, y c) Justicia. Que busque el bien: Lograr los máximos beneficios y de reducir al mínimo el daño y la equivocación.

La ética medioambiental es la que reflexiona sobre los fundamentos de los deberes y responsabilidades del ser humano con la naturaleza, los seres vivos y las generaciones futuras.

La investigación considera los siguientes aspectos éticos, a) el ser humano, b) la vida, c) los sistemas de vida o ecosistemas. El eje de “el ser humano” da lugar a tres tipos de éticas a tener en cuenta, como enfoques para consolidar la confiabilidad de la investigación:

- La ética egocéntrica, centrada en sí mismo.
- La ética antropocéntrica, centrada en la especie humana.
- La ética sociocéntrica, centrada en el grupo social. El eje de “la vida” da lugar a una ética biocéntrica, centrada en cada una de las especies vivas y en el conjunto de ellas.

Tipo de Investigación:

Retrospectivo: Los datos fueron recogidos de registros donde el investigador no tuvo participación (secundarios). No podemos dar fe de la exactitud de las mediciones presentar y describir el problema de investigación

Analítico: El análisis es bivariado (dos variables); porque plantea y pone a prueba hipótesis, su nivel más básico establece la asociación entre factores.

## Nivel de Investigación

Explicativo: Explica el comportamiento de una variable en función de otra; por ser estudios de causa-efecto.

## **CAPÍTULO III: RESULTADOS**

### A. MATRIZ DE LEOPOLD

COMPONENTE AMBIENTAL	SUB COMPONENTE AMBIENTAL	FACTOR AMBIENTAL	Componentes del sistema de drenaje pluvial - NORMA TÉCNICA CE.040						Promedios positivos - (Afectaciones positivas - Importancia)	Promedios Negativos	Promedios aritméticos	Impacto por sub componente	impacto por componente	Impacto del proyecto	
			Instalaciones de drenaje pluvial para edificaciones	Tubería de entrega	Cuneta	Vereda y pista	Sumidero	Subcolector y colector							Tipos de evacuación y dren
ABIOTICOS	Aire	Calidad del aire			-9		-9				2	-126	-126	-1255	-2283
					7		7								
	Agua	Conducción agua de lluvia.	-9	-9	-10	-10	-10	-10	-10		7	-352	-704		
			4	4	4	4	4	7	9						
	Afectación a la calidad del agua.	-9	-9	-10	-10	-10	-10	-10		7	-352				
			4	4	4	4	4	7	9						
	Suelo	Afectación del suelo natural				-10				1	-60	-60			

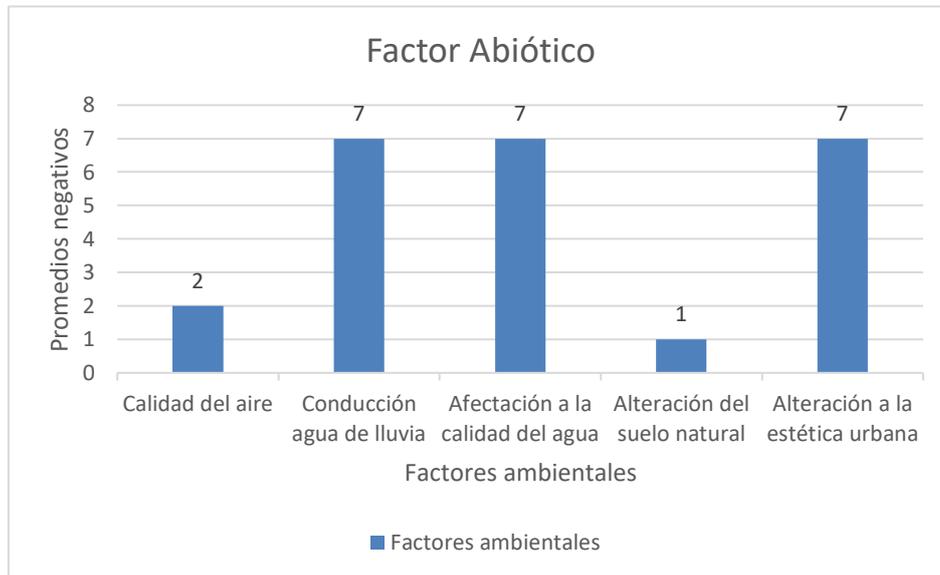


- 1) Resultado general, encontramos que el Sistema de Drenaje Pluvial, responde a lo estipulado en la Norma Técnica CE 040 Drenaje pluvial en el Perú, que se identifica como un sistema tradicional o convencional; cuyo propósito es eliminar las aguas pluviales lo antes posible de las zonas urbanas y evacuarlo al río mas cercano, sin tratamiento de los contaminantes como son el sedimento de obras; bacterias que escapan del pet de residuos; aceite de automóviles mal mantenidos; o para utilizar estas aguas pluviales en actividades municipales, como regado de parques, jardines, etc. o para utilizar en la actividad agropecuaria que se desarrolla en el contorno cercano.
- 2) Como resultado de la aplicación de la matriz de Leopold, no se identificó ningún impacto que afecte positivamente a los componentes y factores ambientales, tanto a **Nivel de Magnitud** del impacto ambiental que se mide por la intensidad y afectación y el **Nivel de Importancia**, que se mide por la duración y la influencia que puede ser local, regional o nacional; en contraposición, se encontró 47 interacciones que generan impactos ambientales que afectan directa y negativamente a los factores ambientales, de los cuales detallamos a continuación;
  - a) **En el componente abiótico** encontramos que todos los componentes del sistema de drenaje construido en el ámbito de estudio, afecta directa y negativamente a los factores ambientales, 24 interacciones, 7 interacciones cada uno para el sub componente ambiental: agua, suelo y paisaje. **Respondiendo al OE. 1**, los impactos ambientales afectan la calidad del agua y paisaje, con alto impacto negativo del 56% y 29% respectivamente.

### **Tabla 8.**

*Promedios negativos del factor abiótico.*

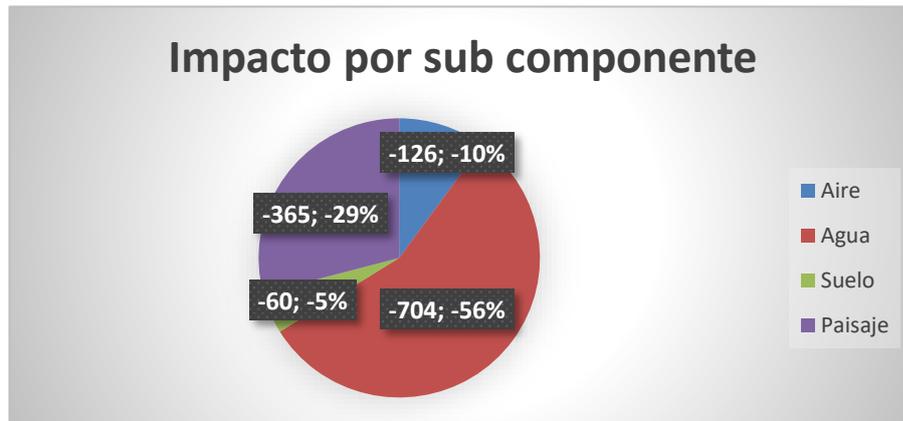
---



En la tabla 8, los factores ambientales concentran los impactos ambientales negativos por todos los componentes del sistema de drenaje pluvial, esto explica que las infraestructuras para captación, conducción, evacuación y disposición final, son ausentes. En este sentido, el modelamiento hidráulico provoca acumulación de mayores volúmenes de agua e incrementa la velocidad de la escorrentía, generando daños a la infraestructura de servicios, población residente en la urbanización, viviendas, transporte, etc.

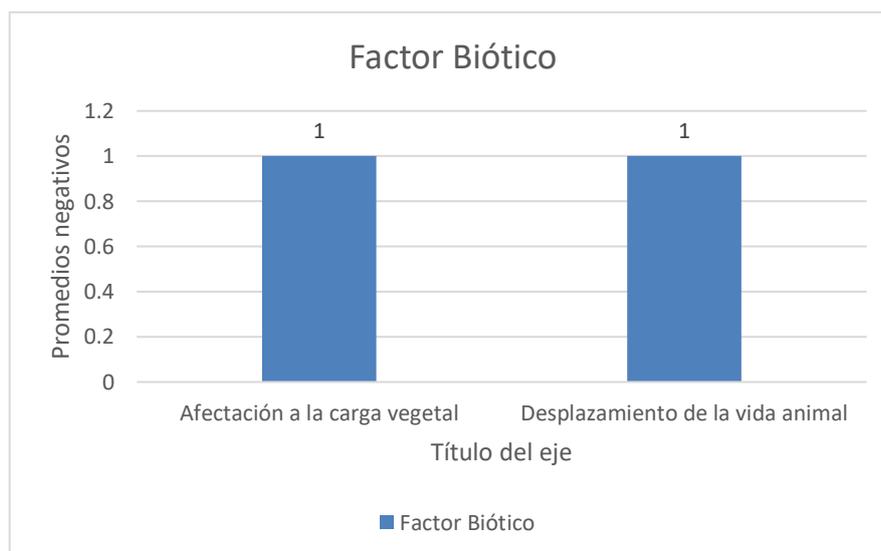
**Tabla 9.**

*Promedios negativos del factor abiótico*



**Tabla 10.**

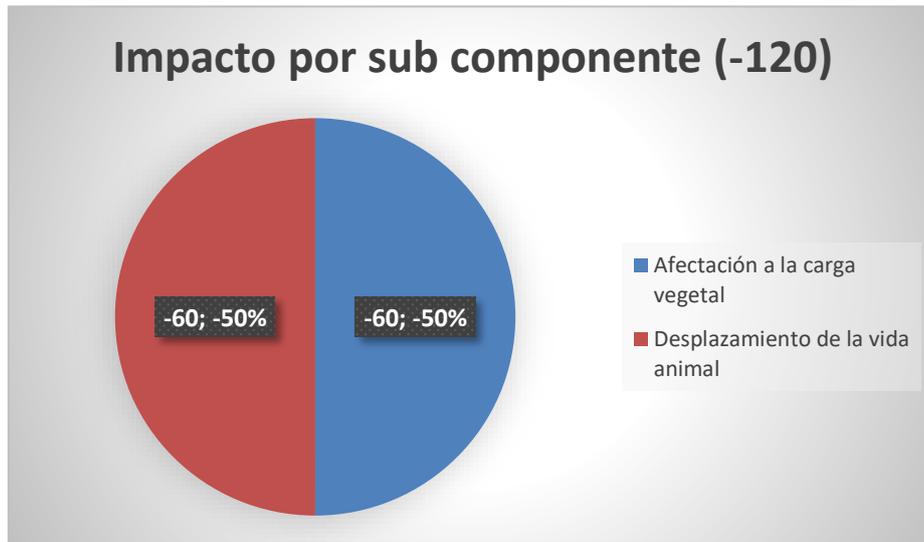
*Promedios negativos del factor biótico.*



Como complemento, se tienen los factores ambientales del factor biótico: afectación a la carga vegetal y desplazamiento de la vida animal, tienen una sola afectación del componente del sistema de drenaje: vereda y pista, en la cual se puede observar que es poco el impacto generado.

**Tabla 11.**

*Impacto por sub componente del factor biótico.*

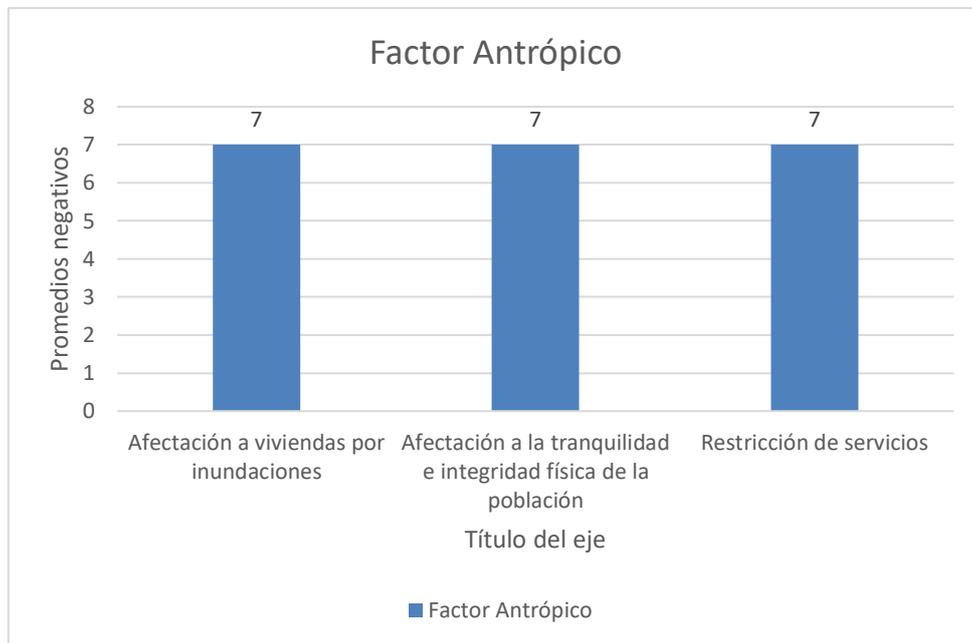


*Nota: Los sub componentes flora y fauna suman un total de -120 del impacto por componente biótico.*

- b) **Respondiendo al OE. 2**, el impacto ambiental del sistema de drenaje pluvial al componente ambiental antrópico, se considera que es de **MAGNITUD - MUY ALTO** por su intensidad y afectación del impacto; asimismo, la **IMPORTANCIA** temporal y de influencia local. Lo que se puede plantear que las medidas de neutralización, deben ser planificadas con medidas no estructurales del sistema de drenaje urbano sostenible, como estrategia política y técnica, para disminuir los efectos en los factores ambientales: a) Afectación a la tranquilidad e integridad física de la población, b) Afectación a viviendas por inundaciones y c) Restricción de servicios: energía eléctrica, drenaje de aguas servidas, buzones, etc.

**Tabla 12.**

*Promedios negativos del componente antrópico.*

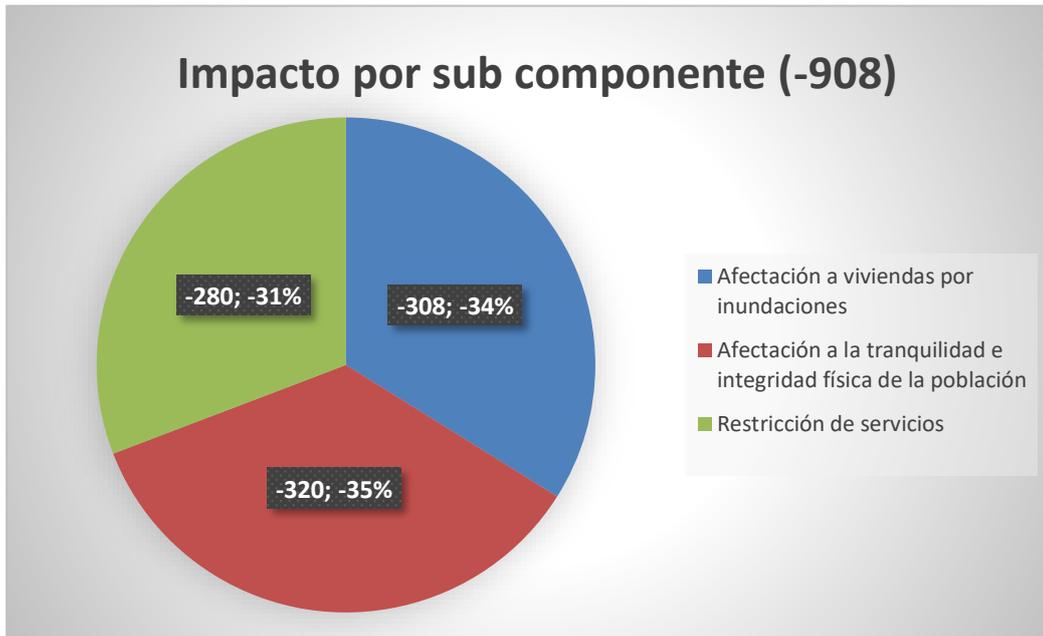


*Fuente: Elaboración propia*

Una de las causantes es la construcción de pistas impermeables y sus efectos en el incremento de pluviales, incremento de la velocidad de escorrentía, generación de inundaciones temporales, pero la alternativa es construir infraestructuras estructurales como las pistas permeables, drenajes, infiltraciones y aperturar espacios para áreas verdes y mejorar la estética urbana.

**Tabla 13.**

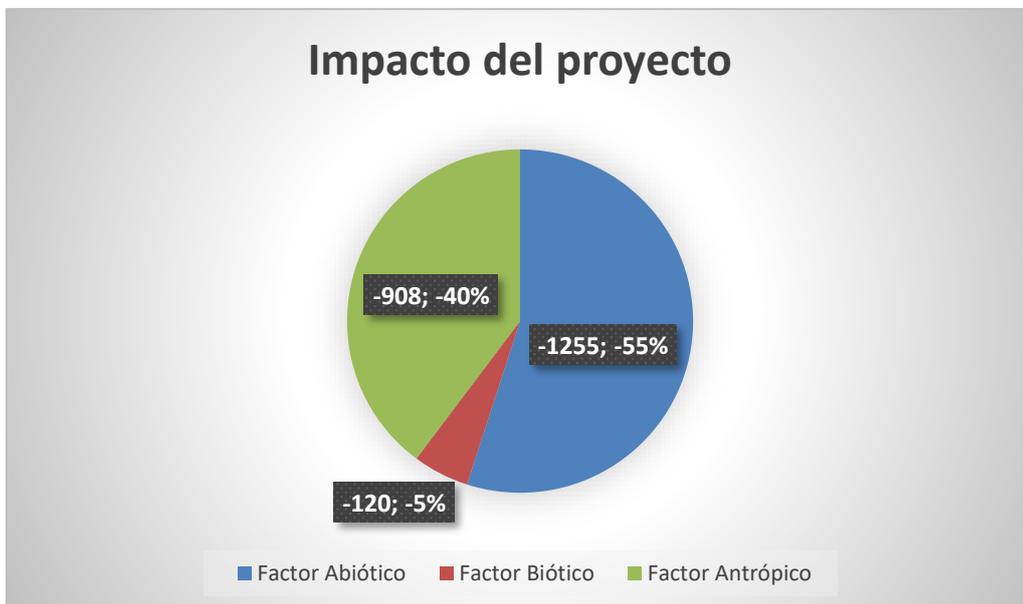
*Impacto por sub componente del factor antrópico.*



*Nota: Los sub componentes flora y fauna suman un total de -120 del impacto por componente biótico.*

**Tabla 14.**

*Impacto del proyecto.*



*Nota: La suma de los impactos por componentes se obtiene el impacto del proyecto.*

El impacto del proyecto, se obtiene al promediar aritméticamente la valorización de la afectación de los componentes del sistema a los factores ambientales, en este caso,

asciende a -2283 de promedio; lo que significa que los impactos ambientales, en **MAGNITUD E IMPORTANCIA son MUY ALTOS** y se debe neutralizar incorporando propuestas de un nuevo diseño hidráulico que considere obras de arte que proteja al medio ambiente (la estética ambiental urbano), la economía (reducción de costes) y la sociedad (seguridad, participación ciudadana, capacitación para protegerse de estos problemas).

**Respondiendo a la HG**, los impactos ambientales del sistema de drenaje pluvial es de magnitud e importancia **significativa, que afecta negativamente** a los componentes ambientales.

## **B. DESARROLLO DEL ENFOQUE DEL DRENAJE PLUVIAL URBANO SOSTENIBLE, EN BASE AL MÉTODO BIBLIOGRÁFICO**

**Como resultado al OE. 3**, ventajas del sistema de drenaje urbano sostenible, ante un sistema convencional, se corroboró mediante el uso de información secundaria la identificación de experiencias validados de utilidad para el medio ambiente, a la economía y la sociedad, porque son infraestructuras que permiten filtrar, retener, transportar, acumular, reutilizar e infiltrar al terreno el agua de lluvia, de forma que no degraden e incluso restauren la calidad del agua que gestionan. Como resultado, esta investigación, asume las propuestas técnicas y medidas estructurales y no estructurales de las SUDS, porque contribuyen al cambio del modelamiento de sistema actual que norma el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

La búsqueda de fuentes bibliográficas y aplicación de procedimientos de interpretación, reflexión, el análisis y la sistematización de proyectos de drenaje pluvial urbano sostenible, permitió encontrar la viabilidad del método para lograr el segundo

objetivo de investigación, conocer las ventajas que presenta este enfoque, ante el sistema de drenaje reglamentado por la normatividad vigente del Perú, permitiendo el principio de exhaustividad de las fuentes y la actualidad de los aportes al logro del objetivo..

Sara Perales Momparler, (Perales Momparler S. , 2008), explica las diferentes tipologías de Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible (SUDS) y considera medidas y técnicas estructurales y no estructurales:

Las **medidas no estructurales** previenen por una parte la contaminación del agua, reduciendo las fuentes potenciales de contaminantes, y por otra, evitan parcialmente el tránsito de las escorrentías hacia aguas abajo y su contacto con contaminantes.

**Tabla 15.**

*Medidas y técnicas no estructurales*

N°	Medidas No Estructurales
1	<i>Educación y programas de participación ciudadana</i>
2	<i>Control de la aplicación de herbicidas y fungicidas en parques y jardines</i>
3	<i>Limpeza frecuente de superficies para reducir la acumulación de contaminantes.</i>
4	<i>Cuidado en las zonas en obras para evitar el arrastre de sedimentos</i>
5	<i>Control de las conexiones ilegales al sistema de drenaje y la recogida.</i>
6	<i>Reutilización de pluviales</i>
7	<i>Otros</i>

**Medidas estructurales**, son aquellas que gestionan la escorrentía contaminada mediante actuaciones que contengan, en mayor o menor grado, algún elemento constructivo, o supongan la adopción de criterios urbanísticos ad hoc.

**Tabla 16.**

*Medidas Estructurales.*

N°	Medidas Estructurales más utilizadas
1	<i>Cubiertas Ecológicas.</i>
2	<i>Superficies Permeables.</i>
3	<i>Franjas Filtrantes.</i>
4	<i>Pozos y Zanjas de Infiltración.</i>
5	<i>Drenes Filtrantes</i>
6	<i>Cunetas Verdes</i>
7	<i>Depósitos de Infiltración</i>
8	<i>Depósitos de Detención</i>
9	<i>Estanques de Retención</i>
10	<i>Humedales</i>
11	<i>Otros.</i>

Además, permitió encontrar diferencias con el drenaje convencional

- **La visión que se tiene del agua de escorrentía.** Mientras que en el drenaje convencional ésta se considera como un inconveniente a eliminar, en los sistemas de drenaje sostenible pasa a ser un recurso con varias utilidades (recargar un acuífero, dar valor paisajístico a una zona, etc.). El drenaje sostenible sirve para

gestionar no sólo el caudal de escorrentía, sino también la carga contaminante que arrastra, algo de lo que el convencional no se ocupa.

- **Usa varios medios para la gestión del caudal**, aparte de la evacuación, se emplea la infiltración, la filtración o la evapotranspiración, mientras que el drenaje convencional se limita a transportar el agua de escorrentía fuera del lugar de origen.
- En general, los sistemas de drenaje sostenible requieren de una inversión inferior a las necesarias en el drenaje convencional.
- Algunas de las técnicas incluidas en los sistemas de drenaje urbano sostenible ofrecen una mejora paisajística en el lugar donde se emplazan, lo que nunca ocurre con el drenaje convencional.

### **Asimismo, permitió encontrar los beneficios de los SUDS**

La Fundación Nueva Cultura del Agua de España y la RedSuDS, organizaron la Jornada RedSuDS 2017; foro para la discusión y la difusión del conocimiento que permita la generalización del uso de los Sistemas de Drenaje Sostenible; quienes resumen los beneficios del sistema de drenaje urbano sostenible, que a continuación presento. (Soriano, 2017).

#### **Tabla 17.**

*Principales beneficios de los distintos componentes de los SUDS frente al drenaje convencional*

Beneficios		Drenaje Convencional	Estructuras de detención	Áreas de Bioretención	Humedales artificiales	Filtros drenantes	Zanjas drenantes	Sistemas Geocelulares	Cubiertas vegetadas	Balsas de infiltración	Zanjas de infiltración	Pavimentos Permeables	Jardines de lluvia	Estanques de retención
1	Control de la calidad del agua			X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
2	Control de la cantidad de agua	X	X	X	X			X	X			X	X	X
3	Remoción de contaminantes urbanos			X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
4	Restauración del ciclo hidrológico natural								X			X		
5	Reducción y atenuación de escorrentía urbana			X	X			X	X	X	X	X	X	X
6	Rápida remoción de la escorrentía	X	X			X	X							
7	Mejora del paisaje urbano				X				X			X	X	X
8	Prevención de contaminación de las cargas de contaminación				X				X		X	X	X	X
9	Protección de los medios receptores					X	X					X		
10	Recarga de acuíferos							X		X	X	X		
11	Reducción del riesgo de inundaciones	X	X	X	X				X	X		X	X	
12	Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero			X	X				X			X	X	X
13	Regulación de microclimas urbanos			X	X				X				X	X
14	Superficies secas tras episodios de lluvia	X	X						X			X		
15	Mejora de la salud pública			X		X							X	X
16	Aumento del valor de la propiedad			X	X				X				X	X
17	Aumento del caudal de base.			X					X					

*Fuente: memoria del proyecto de investigación los sistemas de drenaje urbano sostenible: desarrollo actual y tendencias de futuro*

Asimismo, plantean retos para una implementación amplia y efectiva de los SUDS, que al hacer una sistematización de experiencias internacionales, concluyen que existen tres elementos clave para la efectiva incorporación de los SuDS en el proceso de diseño urbano: **Marco Normativo, Instrumentos económicos y participación ciudadana**

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Díaz 2018 (Díaz Chuquipiondo, 2018) en su estudio realizado sobre el sistema de drenaje pluvial del jirón Chinchá Alta, Chachapoyas, Perú, plantea la presencia de altos niveles de sobrecarga pluvial que generan inundaciones en las partes bajas, discutiendo la investigación al analizar los impactos ambientales del sistema de drenaje pluvial a los componentes ambientales abiótico y antrópico, es de **magnitud intensa, de duración temporal y de influencia local**; una las causas es la construcción de pistas impermeables, que evacúa las aguas pluviales de manera rápida; provoca que la escorrentía sea cada vez más voluminosa que rebaza la infraestructura de captación y conducción. El impacto ambiental se vuelve intenso con afectación regional al conducir las aguas pluviales al río sin ningún tipo de tratamiento.

Abanto, en el estudio “Evaluación del riesgo de inundación mediante modelo de gestión de aguas pluviales del sector sur de la ciudad de Cajamarca” concluye que la zona posee un riesgo constante de inundación y anegamiento, al presentarse un evento pluvial mínimo se presentan nodos de inundación y anegamiento en distintos sectores de la zona. Al analizar y discutir, los impactos ambientales del sistema de drenaje pluvial, con los componentes de la Norma Técnica CE 040 Drenaje pluvial en el Perú. De acuerdo a nuestro procedimiento de análisis, interpretación y evaluación se puede afirmar que se trata de un sistema convencional al considerar que el objetivo de este sistema, es la eliminación de aguas pluviales de las zonas urbanas, evacuándolas al río, sin tratamiento, sin considerar las afectaciones que provocará en zonas aguas abajo, por los contaminantes que recoge en su recorrido, como el sedimento de obras; bacterias que escapan de los residuos; aceite de

automóviles mal mantenidos, etc., en lugar de sumergirse en el suelo para ser absorbido por las plantas. Esto implica que la normatividad actual, limita a las instancias subnacionales hacer innovaciones en el diseño hidráulico del drenaje urbano, así como priorizar una planificación de desarrollo territorial.

En contraposición a las discusiones anteriores, (LEÓN ÁLVAREZ, 2016), en su estudio Análisis de las consecuencias de las medidas de adaptación a la variabilidad y cambio climático del alcantarillado pluvial actual en la ciudad de Bogotá, plantea el **diseño e implementación de sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS)** que contribuya a minimizar los impactos de la escorrentía urbana, cumpliendo funciones que no solo disminuye el volumen de la escorrentía, sino que mejora la calidad de estas aguas por acción de sedimentación-filtración, den soluciones como retener el mayor tiempo posible las aguas lluvias en su punto de origen, para evitar problemas de inundaciones y minimiza la cantidad de la escorrentía; también, disminuye la acumulación de basuras reduciendo la capacidad de transportar el agua lluvia y propone implementar acciones para el aprovechamiento, manejo y control de los residuos sólidos. En este sentido se considera muy positivo los aportes que realiza LEÓN 2016, que plantea los SUDS como alternativa para evitar los impactos negativos del sistema de drenaje pluvial tradicional. Metodológicamente implica que la Matriz de Leopold, es un método qimportante que debe institucionalizarse para evaluar todas las acciones antrópicas y medir proponer medidas correctivas para mitigar los efectos negativos al medio ambiente, sociedad y a la economía.

En esta dirección (Jato-Espino, Andrés-Valeri, Rodríguez-Hernández, & Castro-Fresno, 2019) presenta el proyecto de pavimentos urbanos permeables, como propuesta para

identificar la necesidad de un marco regulador apropiado a las exigencias del sistema de drenaje urbano sostenible, asimismo, describir la composición y principales tipos de pavimentos permeables y los materiales empleados para su construcción; considerando que estos actúan como sistemas de captación, conducción, infiltración y almacenamiento, facilitando el control de la escorrentía y que contribuyen como medida de mitigación de las amenazas del cambio climático y la urbanización. Como resultado se puede dar fé al antecedente, la presente investigación constata que **todas las pistas del ámbito de estudio son impermeables**, las cuales generan escorrentías y acumulaciones de aguas pluviales que provocan inundaciones temporales, generando impactos ambientales de **muy alta intensidad y afectación al componente ambiental antrópico**, al provocar inconvenientes a la tranquilidad y seguridad del residente en la urbanización Campo Real, al constatar la presencia de desperdicios, materiales tóxicos y otros productos que se acumula en las calles, cunetas, sumideros, subcolectores y colectores.

Vamos de acuerdo a Perales Momparler, en su investigación Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), propone resolver tanto los problemas de cantidad como de calidad de las escorrentías urbanas, minimizando los impactos del desarrollo urbanístico y maximizando la integración paisajística y los valores sociales y ambientales.. Este antecedente nos ayuda a sumar a nuestra investigación para poder ver las infraestructuras del sistema de drenaje que contribuya a mitigar los efectos adversos que la escorrentía urbana provoca al medio ambiente y aportar alternativas para la reutilización de este recurso hídrico.

En la presente investigación para analizar el impacto ambiental del sistema de drenaje pluvial en la Urbanización Campo Real; se presentaron las siguientes **limitaciones**, no se

tuvo acceso al expediente técnico y planos de la urbanización en la municipalidad para identificar si el proyecto cuenta con análisis de impacto ambiental, zonificación del flujo de la escorrentía, planos completos para conocer los detalles del drenaje y todo el diseño hidráulico del sistema, ya que solo como ayuda se pudo obtener el plano catastral de Cajamarca.

Así se llega a la **conclusión**: Analizar los impactos ambientales del sistema a los componentes ambientales: biótico, abiótico y antrópico. Se delimitó las deficiencias del sistema de captación, conducción y evacuación de los excesos del agua pluvial en temporadas de lluvia y concluye que la causante de esta problemática está en el diseño hidráulico basado en un enfoque tradicional, donde la infraestructura planificada responde a un objetivo para desviar las aguas pluviales a otros espacios aguas abajo, sin ningún tratamiento y control; desconociendo los avances de la tecnología que permita la infiltración, reutilización del agua de lluvias y considere la estética urbana como una alternativa de bienestar social.

Al realizar el análisis de impacto ambiental, como **aporte teórico** fundamental a la ingeniería y poder mejorar el impacto ambiental que genera en la sociedad es actualizar y empezar a elaborar los proyectos de drenaje con el sistema sostenible; los SuDS, estos proyectos ya elaborados en diferentes países fueron de gran ayuda para poder tener un impacto ambiental positivo en la población, tales proyectos como; “el agua pluvial previamente gestionada por los SUDS en depósitos de infiltración al terreno en el Parque Olímpico de Madrid – Estadio Wanda Metropolitano”, “Pavimentos drenantes para cargas y césped Ollers en Girona – España”, “Cubierta ecológica que crea lugares estanciales y de

convivencia en la Estacion de Ferrocarril y Autobuses de Logroño – España”, entre los más reconocidos.

Como **recomendaciones:**

Por otro lado, como proyecto, se recomienda revisar la normatividad vigente que emitió el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, para incorporar propuestas del sistema de drenaje urbano sostenible, para mejorar el modelamiento hidráulico pluvial que sea incorporado a la planificación del desarrollo territorial. Y poder ayudar a las ciudades que sufren de estas inundaciones.

## REFERENCIAS

- Abanto Plasencia, C. A. (2017). *Evaluación del riesgo de inundación mediante modelo de gestión de aguas pluviales del sector sur de la ciudad de Cajamarca*. Cajamarca - Perú: Universidad Nacional de Cajamarca.
- ABANTO PLASENCIA, C. A. (2017). *Evaluación del riesgo de inundación mediante modelo de gestión de aguas pluviales del sector sur de la ciudad de Cajamarca*. Cajamarca - Perú: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Abellán, A. (04 de Diciembre de 2013). *SuDS sostenible*. Obtenido de Iagua: <https://www.iagua.es/blogs/ana-abellan/drenaje-urbano-sostenible>
- Alier, J. M. (2010). *El ecologismo de los pobres - conflictos ambientales y lenguajes de valoración*. Lima - Perú: D´Marco.
- Asociación Española. (2006). *Criterio generales para la elaboración de estudios de impacto ambiental*. Cataluña: AENOR.
- Díaz Chuquipiondo, L. N. (2018). *Estudio técnico del sistema de drenaje pluvial del jirón Chinchá Alta, Chachapoyas*. Chachapoyas: Universidad Nacional de Chachapoyas.
- FLORES JURO, G. y. (2018). *Instalación del sistema de drenaje pluvial en la ciudad de Chuquibambilla, provincia de Grau – Apurímac*. Abancay: Universidad Nacional de Abancay.
- Jato-Espino, D., Andrés-Valeri, V., Rodríguez-Hernández, J., & Castro-Fresno, D. (2019). Pavimentos urbanos permeables. *Revista Obras Públicas*, 128.
- José Dolz, M. G. (1994). *PROBLEMÁTICA DEL DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES EN ZONAS URBANAS Y DEL ESTUDIO HIDRÁULICO DE LAS REDES DE COLECTORES*. Barcelona - España: Universidad de Catalunya.
- León Álvarez, M. A. (2016). ANÁLISIS DE LAS CONSECUENCIAS DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN A LA VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL ACTUAL DE LA LOCALIDAD DE CHAPINERO - BOGOTÁ. *Universidad Militar Nueva Granada*, 17.
- LEÓN ÁLVAREZ, M. A. (2016). ANÁLISIS DE LAS CONSECUENCIAS DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN A LA VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL ACTUAL DE LA LOCALIDAD DE CHAPINERO - BOGOTÁ. *Universidad Militar Nueva Granada*, 17.

- Leopold, L., Clarke, F., Hanshaw, B., & Balsley, J. (1971). *Un procedimiento para evaluar el impacto ambiental*. Washington DC: Servicio Geológico de EE.UU.
- Ministerio de Vivienda, Construcción Y Saneamiento. (23 de Abril de 2021). <https://www.gob.pe/vivienda>. Lima - Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción Y Saneamiento. Obtenido de Ministerio de vivienda construcción y saneamiento.
- Perales Momparler, S. (2008). *Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible*. Zaragoza - España: Expo Zaragoza.
- Perales Momparler, S. (2008). *Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS)*. Zaragoza - España: Expo Zaragoza 2008.
- Portillo, S. R. (30 de julio de 2020). <https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-impactos-ambientales-2941.html>. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-impactos-ambientales-2941.html>.
- Ropero Portillo, S. (30 de julio de 2020). <https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-impactos-ambientales-2941.html>. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-impactos-ambientales-2941.html>.
- Sánchez Román, L. A. (2010). Nueva herramienta para análisis de sistemas de drenaje pluvial urbano. *INGENIERÍA HIDRÁULICA Y AMBIENTAL, VOL. XXXI, No. 1, 2010, 24*.
- Scharager, J. (2001). Muestreo no probabilístico. *Muestreo no probabilístico*. Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- SENAMHI. (s.f.). *SENAMHI*. Obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=cajamarca&p=pronostico-detalle>
- SIAPA. (2014). Alcantarillado pluvial. En SIAPA, *Lineamientos técnicos para factibilidades* (págs. 22 -38). Valencia, España: CNA.
- Soriano, O. L. (2017). *LOS SISTEMAS DE DRENAJE URBANO SOSTENIBLE: DESARROLLO ACTUAL Y TENDENCIAS DE FUTURO*. Madrid - España: RedSuds.
- Tito, B. (21 de Abril de 2021). *Ingeniería Ambiental*. Obtenido de Ingeniería Ambiental: <https://ingenieriaambiental.net/metodos-de-evaluacion-de-impacto-ambiental/>
- Tito, B. (21 de Abril de 2021). *Ingeniería Ambiental*. Obtenido de Ingeniería Ambiental: <https://ingenieriaambiental.net/metodos-de-evaluacion-de-impacto-ambiental/>
- Verdugo, L. E. (2013). *La utilización de La matriz de Leopold para evaluar el impacto ambiental en plantas de beneficio de carbón mineral en la zona centro del estado de Sonora*. Puebla - México: Universidad De Sonora - México.

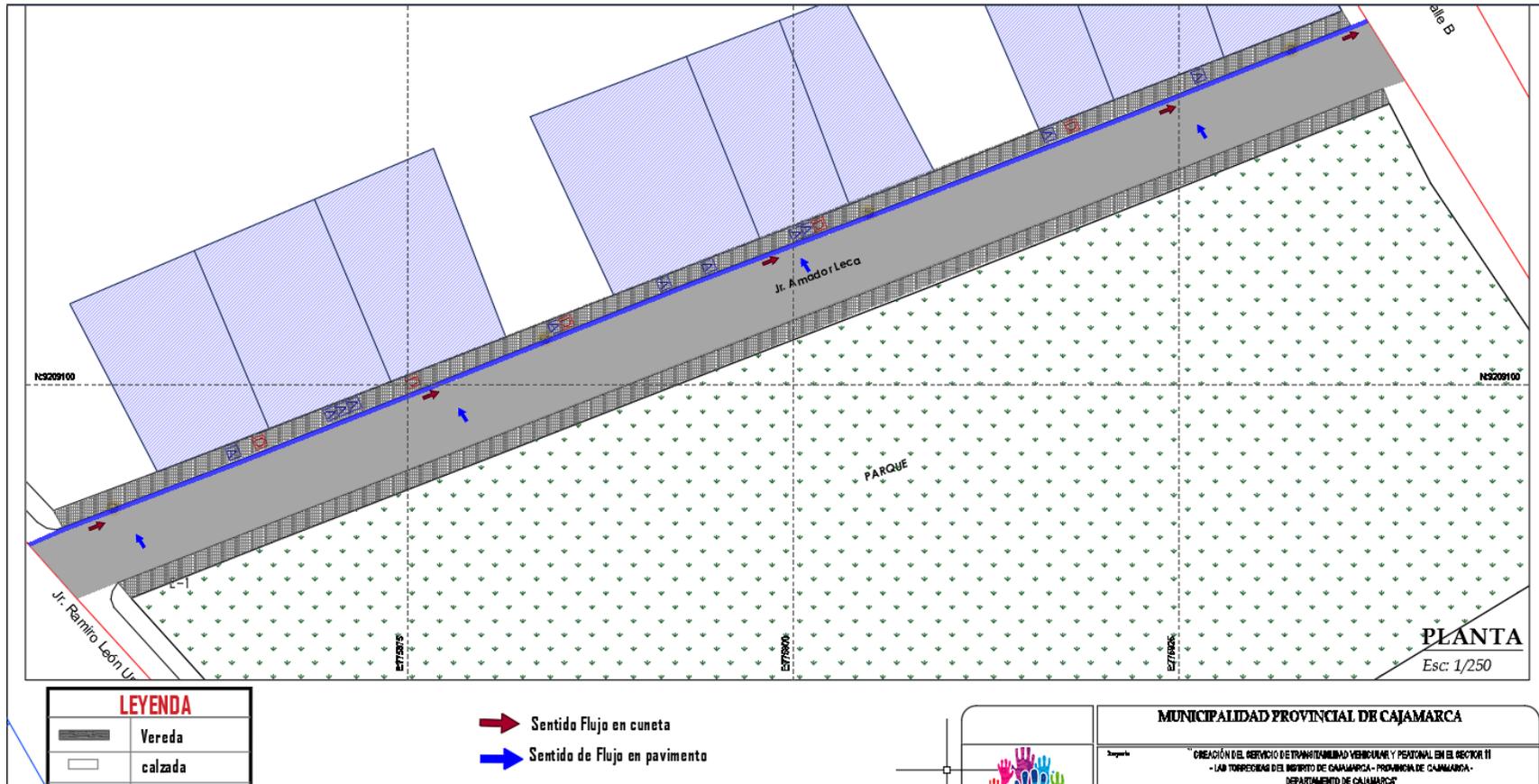
YUMPU. (3 de Marzo de 2021). *www.yumpu.com*. Obtenido de YUMPU:  
<https://www.yumpu.com/es/document/view/65335283/metodo-bibliografico>

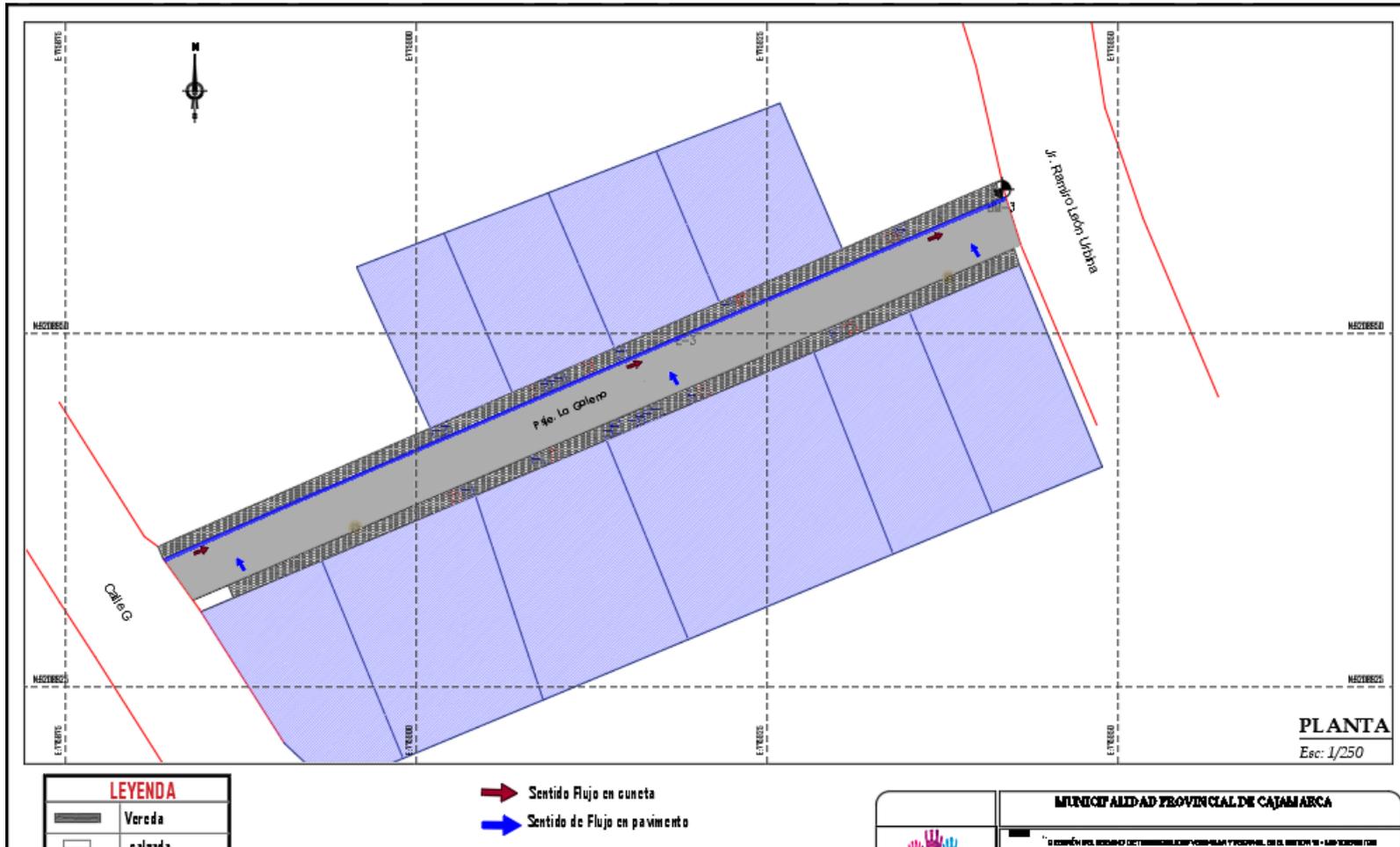
## ANEXOS

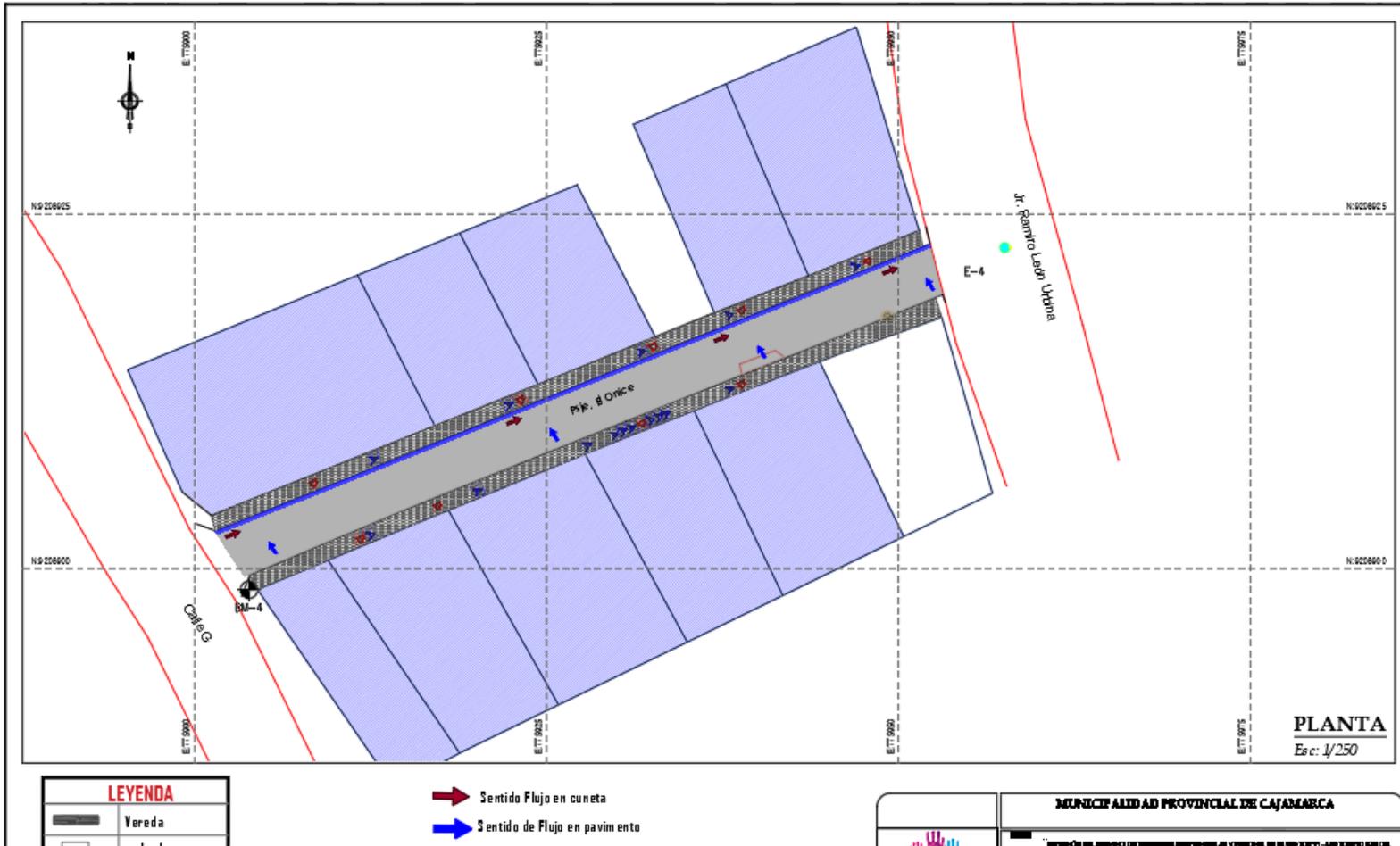
### ANEXO 1: Matriz de operacionalización del estudio de investigación.

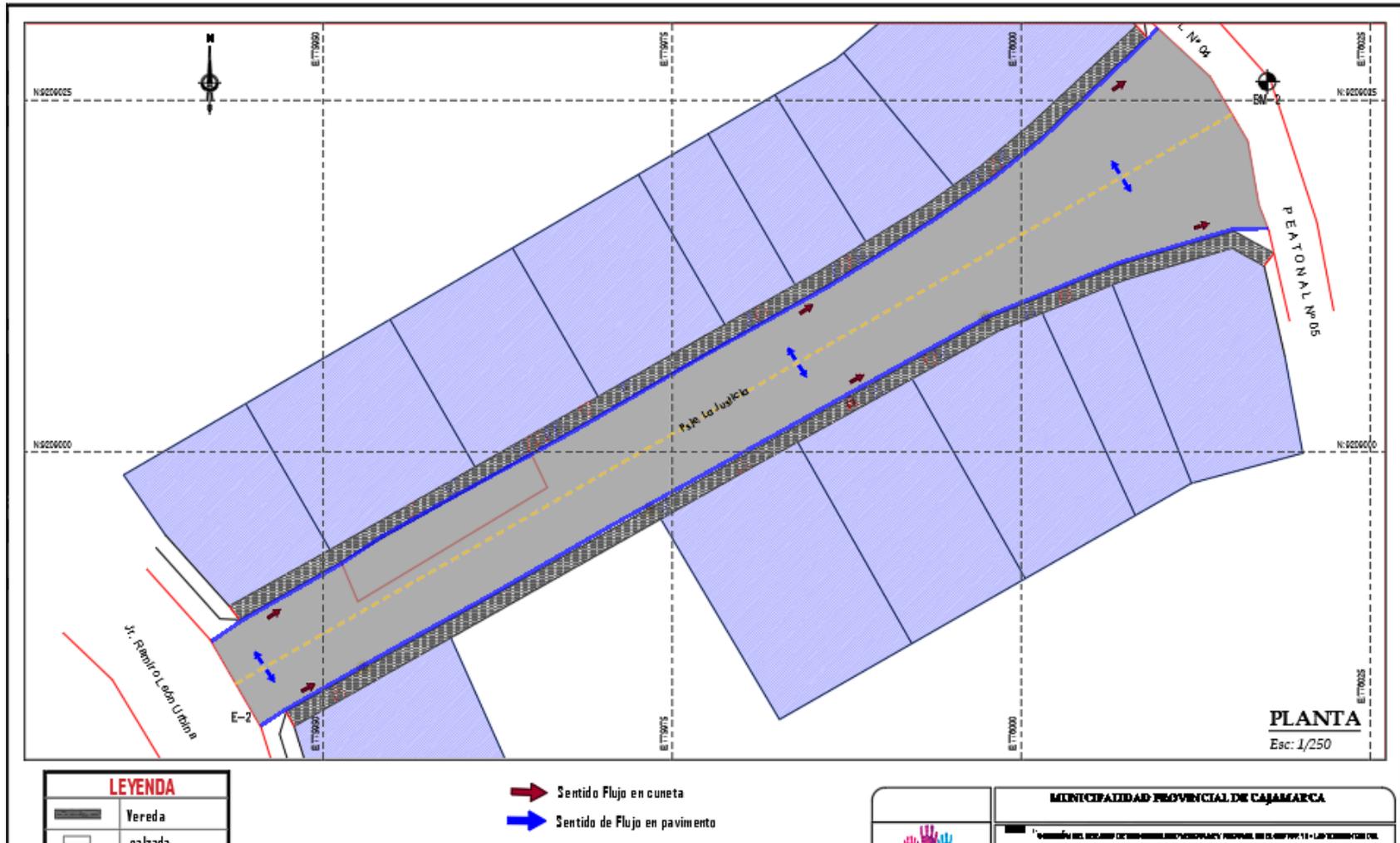
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
V01: Sistema de drenaje pluvial.	Comprenden la recolección, transporte y evacuación a un cuerpo receptor de las aguas pluviales que se precipitan sobre un área urbana, para evitar daños en las edificaciones y obras públicas “(El peruano, 2006)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estructura de captación.</li> <li>2. Estructura de conducción.</li> <li>3. Estructura de conexión y mantenimiento.</li> <li>4. Estructura de descarga.</li> <li>5. Disposición final.</li> </ol>	Capacidad del drenaje pluvial para impedir inundaciones de las viviendas.
			Nº de calles o tramos más críticos que deben modificarse con obras de arte.
			Nº de viviendas afectadas.
			Nº de personas afectadas.
			Nº de personas capacitadas y concientizadas en buenas prácticas del cuidado del sistema.
			% De la escorrentía conducida adecuadamente
			Estructura de descarga adecuada para soportar la escorrentía
V02: Impacto ambiental	Cualquier cambio en el medio ambiente, sea adverso o beneficioso, resultante en todo o en parte de las acciones derivadas de las diferentes fases de construcción, explotación, mantenimiento y, en su caso, clausura, cese o desmantelamiento de la actividad objeto del proyecto. El cambio se mide por la variación del estado de los factores ambientales a lo largo del tiempo, con o sin proyecto”. (Asociación Española., 2006).	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Componente Abiótico.</li> <li>2. Componente Biótico.</li> <li>3. Componente Antrópico</li> </ol>	Nº de efectos directos o indirectos, mediatos o inmediatos que afecta a la urb. de cierta importancia.
			Nº de normas consideradas para la construcción de viviendas y selección del espacio para la urbanización.
			Número de viviendas afectadas por las inundaciones.
			% de calles afectadas por la escorrentía.
			% de volumen de agua que soporta las cunetas.
			% de áreas verdes libres afectadas por la construcción de las obras de drenaje.

### ANEXO 2: Planos de sistema de drenaje en la urbanización Campo Real - Cajamarca





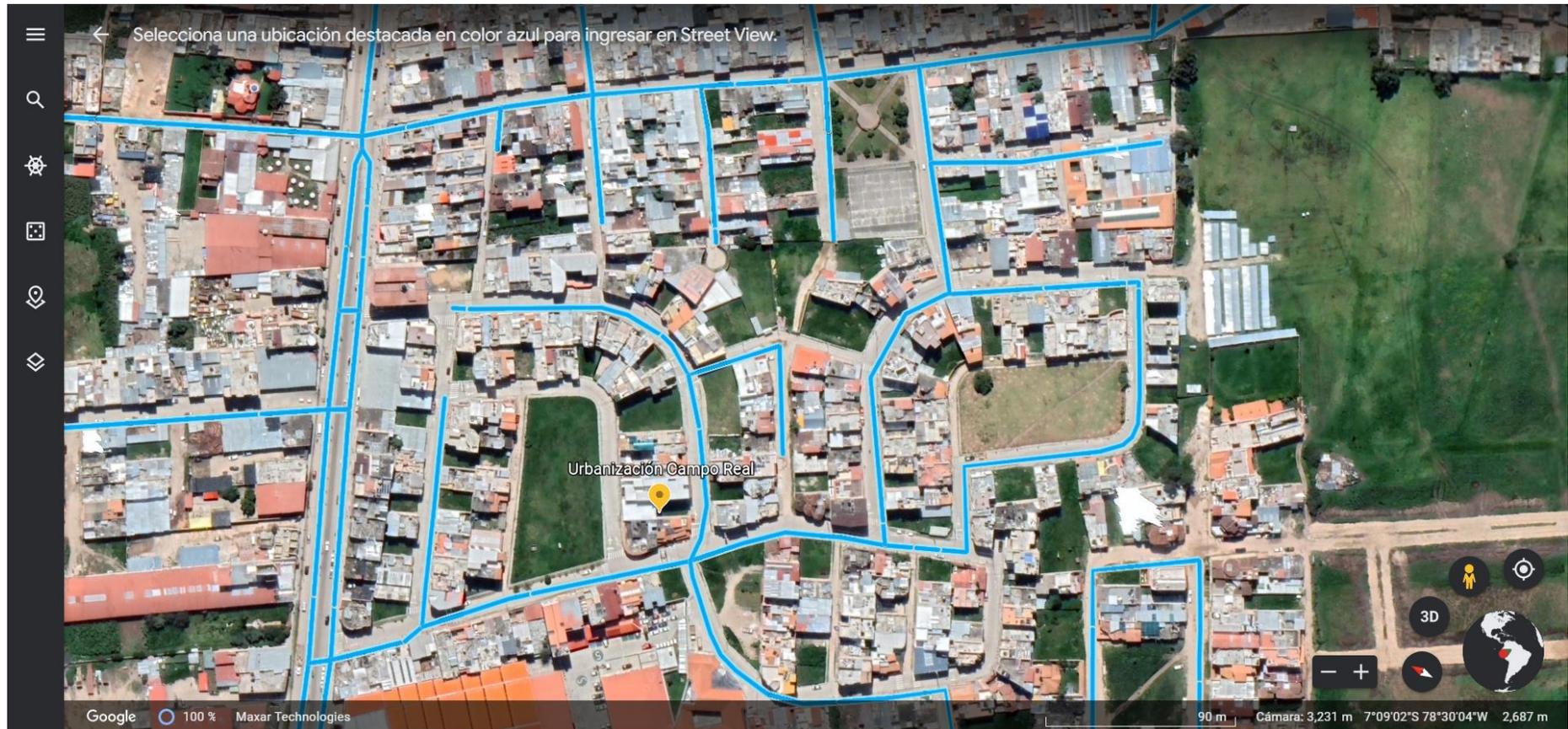


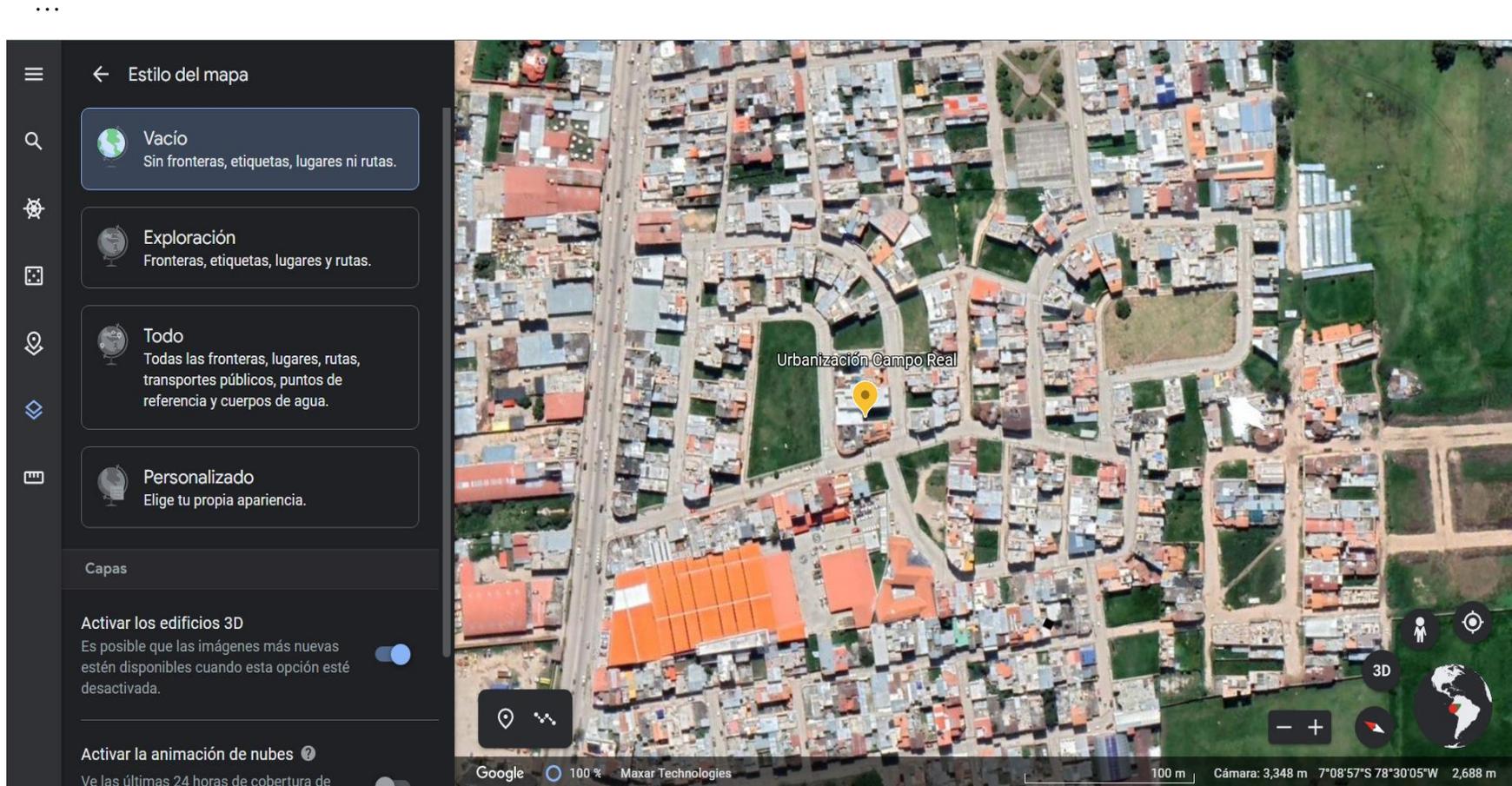


### ANEXO 3: Plano catastral de la urbanización Campor Real - Cajamarca

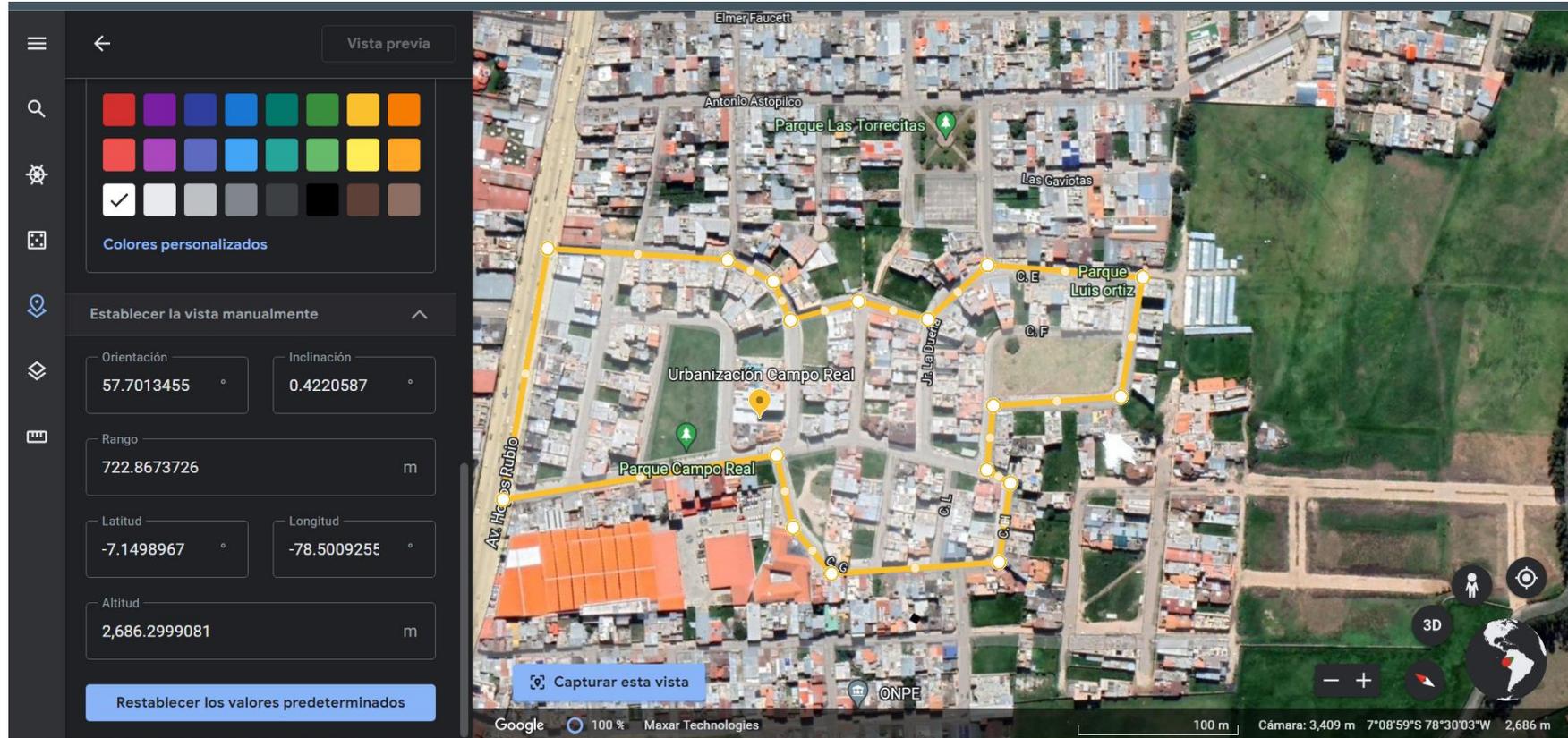


### ANEXO 4: Imágenes sacadas por Google Earth





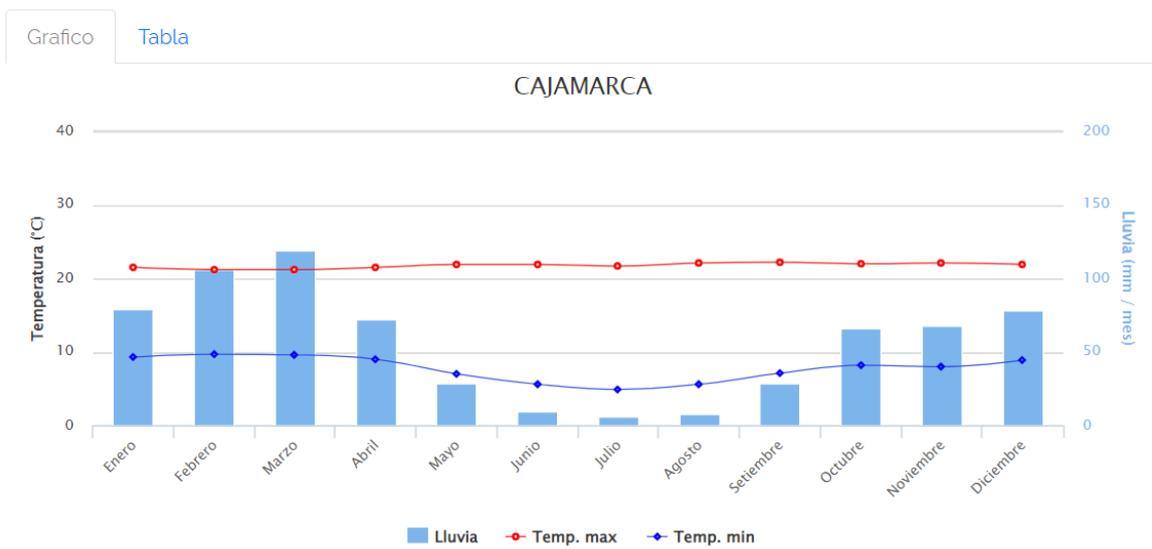




## ANEXO 5: Promedio temperatura y precipitación en Cajamarca obtenida de Senahmi

### Promedio de temperatura normal para CAJAMARCA

Para CAJAMARCA, el mes con temperatura más alta es setiembre (**22.2°C**); la temperatura más baja se da en el mes de julio (**4.9°C**); y llueve con mayor intensidad en el mes de marzo (118.78 mm/mes)



## ANEXO 6. ENCUESTA

N°	PREGUNTA	VALOR	RPTA.
01	Los sumideros de aguas de lluvia están adecuadas a la intensidad de lluvias.	Adecuado	
		Desadecuado	
02	El sistema de drenaje evacúa las aguas pluviales de manera adecuada.	Eficiente	
		Deficiente	
03	La estructura para recolectar el agua de lluvia tiene la capacidad para evitar las inundaciones.	Suficiente	
		Insuficiente	
04	La red de drenaje evita la acumulación o concentración materiales que obstruya la fluidez de esorrentía de agua de lluvia.	Si	
		No	
05	La conducción el agua de lluvia por las calles tiene un punto de almacenamiento para evitar que a otras zonas aledañas.	Si	
		No	
06	La estructura de vertido asegura una descarga continua de las aguas superficiales.	Si	
		No	
07	Las cunetas actúan a modo de canales y llevan el agua hasta los sumideros o aberturas para que el agua salga de la superficie y pase a un nivel subterráneo.	Si	
		No	
08	Conoce cada que tiempo se realiza mantenimiento del sistema, para determinar los desperfectos sufridos y la causa del mismo.	Nunca	
		A veces	
		Permanente	

Compo- nente ambiental	Sub componente ambiental	Preguntas		Respuestas	
				Si	No
ABIÓTICO	Aire	09	Genera malos olores la presencia de materiales que arrastra las aguas de lluvia.		
		10	Eleva los niveles de presión sonora durante las actividades operarias de la maquinaria.		
	Suelo	11	Al depredar la cobertura natural, ha deteriorado la estética del paisaje o valle. ¿Por qué?		
	Agua	12	Cómo se prepara para recibir el incremento de caudales en época de lluvias punta.	Anotar Rpta.	
	Paisaje	13	Se justifica la alteración del paisaje natural, por la construcción de la urbanización. ¿Por qué? Anotar Rpta.		
		14	Se debe priorizar el uso el suelo para la actividad agropecuaria o para construir zonas urbanas. ¿Por qué? Anotar Rpta.		
BIÓTICO	Flora	15	Qué es lo que, echa de menos de la flora natural, que existía hasta antes de la construcción de la urbanización. ¿Por qué?	Anotar Rpta.	
	Fauna	16	Le afecta el ausentismo de la fauna silvestre... al construir la urb. ¿por qué? Anotar Rpta.		
SOCIO- ECONÓMI CO	Social	17	Se evidencia acumulaciones de basura en las calles por el arrastre de los escurrimientos de agua de lluvias.		
		18	Qué daños ha generado las inundaciones para la salud humana y de otros seres vivos.	Anotar Rpta.	
		19	Que consecuencias trae cuando las calles se convierten en colectores superficiales de aguas lluvias.	Anotar Rpta.	
		20	Existe encharcamientos o inundaciones en su calle en épocas de lluvia. ¿Cuáles cree que son las razones?	Anotar Rpta.	
		21	Las inundaciones dificultan a los peatones para asistir a los centros educativos o de salud.		

**Figura 10.**

*Inundación en jr. la dueña.*



*Fuente:* Elaboración propia.

**Figura 11.**

*Intersecciones calle la dueña y Micaela Bastidas.*



Fuente: *Elaboración propia.*

**Figura 12.**

*Intersección calle H y Micaela Bastidas*



*Fuente: Elaboración propia.*

**Figura 13.**

*Inundación calle H*



*Fuente: Elaboración propia.*

**Figura 14.**

*Drenaje tapado en calle H.*



*Fuente: Elaboración propia.*

**Figura 15.**

*Intersección calle H y Mariano Ibérico.*



*Fuente: Elaboración propia.*

## ANEXO 7. PLANO (CROQUIS) URB. CAMPO REAL - CAJAMARCA

