



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA

**DISEÑO DE ASFALTO PERMEABLE EN EL SECTOR PLAZA NARCISA
DE JESÚS, GUAYAQUIL.**

TUTOR

MGTR. KEVIN ÁNGEL MENDOZA VILLACIS

AUTOR

CONSUEGRA GARCIA JEAN PIER

GUAYAQUIL

2025



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia,
Tecnología e Innovación

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO: Diseño De Asfalto Permeable En El Sector Plaza Narcisa De Jesús, Guayaquil.

AUTOR/ES:

Consuegra García Jean Pier

TUTOR:

MGTR. Kevin Ángel Mendoza Villacís

INSTITUCIÓN: Universidad Laica
Vicente Rocafuerte de Guayaquil

Grado obtenido: Ingeniero Civil

FACULTAD: FACULTAD DE
INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN

CARRERA: INGENIERÍA CIVIL

FECHA DE PUBLICACIÓN: 2025

N. DE PÁGS: 91

ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción

PALABRAS CLAVE: Asfalto, Drenaje, Gestión ambiental, Escorrentía

RESUMEN: El presente estudio desarrolla el diseño e implementación de asfalto permeable en el sector Plaza Narcisa de Jesús, Guayaquil, con el propósito de mejorar la gestión del agua pluvial y reducir los problemas de acumulación de agua en la infraestructura vial. Se identificó que el crecimiento urbano desordenado y la impermeabilización del suelo han incrementado la escorrentía superficial, sobrecargando el sistema de drenaje pluvial y afectando la movilidad urbana. A través del análisis comparativo con pavimentos tradicionales, el estudio demuestra que el asfalto permeable permite la infiltración del agua, favorece la recarga de acuíferos y contribuye a la mitigación del efecto isla de calor. La investigación incluyó la evaluación de normativas nacionales e internacionales, estudios de viabilidad técnica y económica, y encuestas a la comunidad para analizar la aceptación social del proyecto.

N. DE REGISTRO (en base de datos):

N. DE CLASIFICACIÓN:

DIRECCIÓN URL (Web):

ADJUNTO PDF:

SI

NO

CONTACTO CON AUTOR/ES:

Consuegra García Jean Pier

Teléfono:

E-mail:

jconsuegrag@ulvr.edu.ec

CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:

Mgtr. Marcial Calero Amores

Teléfono: 04-259 6500 Ext. 241

E-mail: mcaleroa@ulvr.edu.ec

Mgtr. Jorge Torres Rodríguez.

Teléfono: 04-259 6500 Ext. 242

E-mail: etorressr@ulvr.edu.ec

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Diseño de asfalto permeable en el sector Plaza Narcisa de Jesús, Guayaquil.

INFORME DE ORIGINALIDAD

5% INDICE DE SIMILITUD	4% FUENTES DE INTERNET	1% PUBLICACIONES	2% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
----------------------------------	----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
2	Submitted to Universidad Católica San Pablo Trabajo del estudiante	<1%
3	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	<1%
4	www.cuenca.gob.ec Fuente de Internet	<1%
5	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	<1%
6	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
7	www.scribd.com Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Trabajo del estudiante	<1%
9	www.bancointernacional.com.ec Fuente de Internet	<1%
10	UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ. "VI CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍAS: "INGENIERÍA PARA FORMAR UNA SOCIEDAD SOSTENIBLE"", Editorial Internacional Runaiki, 2019 Publicación	<1%
11	Submitted to umb Trabajo del estudiante	<1%
12	ojs.journalsdg.org Fuente de Internet	<1%
13	repositorio.flacsoandes.edu.ec Fuente de Internet	<1%
14	gadbachillero.gob.ec Fuente de Internet	<1%
15	www.repositorio.fam.unam.mx:8080 Fuente de Internet	<1%
16	Submitted to Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador Trabajo del estudiante	<1%
17	repositorio.puce.edu.ec Fuente de Internet	<1%
18	cl.boell.org Fuente de Internet	<1%

19	repositorio.utn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
20	www.geinnova.net Fuente de Internet	<1 %
21	Submitted to Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil Trabajo del estudiante	<1 %
22	gauss.des.icaei.upco.es Fuente de Internet	<1 %
23	hknd-group.com Fuente de Internet	<1 %
24	Submitted to udes-virtual Trabajo del estudiante	<1 %
25	www.grafiati.com Fuente de Internet	<1 %
26	pesquisa.bvsalud.org Fuente de Internet	<1 %
27	pesquisa.teste.bvsalud.org Fuente de Internet	<1 %
28	ria.utn.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
29	www.aes.org.pe Fuente de Internet	<1 %

30 "Propuesta de reglamentación higrotérmica aplicada a la edificación con destino habitacional del Ecuador", Pontificia Universidad Católica de Chile, 2014
Publicación

31 cors.archive.org
Fuente de Internet

32 docs.google.com
Fuente de Internet

33 dspace.ucuenca.edu.ec
Fuente de Internet

34 dspace.unitru.edu.pe
Fuente de Internet



Kevin Mendoza Villacís

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía

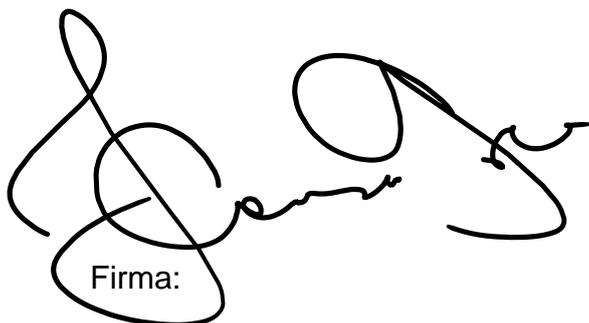
Activo

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

El estudiante egresado JEAN PIER CONSUEGRA GARCÍA declara bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, Ingeniero Civil En Construcción, corresponde totalmente a él suscrito y me responsabilizo con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autor



Firma:

JEAN PIER CONSUEGRA GARCÍA

C.I.0951651835

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación Diseño De Asfalto Permeable En El Sector Plaza Narcisa De Jesús, Guayaquil, designado por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: Diseño De Asfalto Permeable En El Sector Plaza Narcisa De Jesús, Guayaquil, presentado por el estudiante Jean Pier Consuegra García como requisito previo, para optar al Título de Ingeniero Civil En Construcción, encontrándose apto para su sustentación.



Firma:

Mgtr. Kevin Ángel Mendoza Villacís

C.C. 0922290010

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por guiarme y darme fuerzas para culminar este largo y desafiante camino de estudio. Me ha permitido alcanzar una meta más en mi vida. También agradezco profundamente a mis padres, quienes han sido mi pilar fundamental durante todo este recorrido, apoyándome en cada obstáculo y adversidad. Su amor y dedicación han sido clave para que hoy pueda celebrar este logro.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Jean Pier Consuegra García', with a stylized flourish at the end.

Firma:

JEAN PIER CONSUEGRA GARCÍA

C.I.0951651835

DEDICATORIA

Dedicó esta tesis a mis padres, quienes desde el cielo celebran conmigo la culminación de esta etapa de mi vida. También la dedico a mis hijos, con la esperanza de demostrarles que, con esfuerzo y dedicación, todo sueño es alcanzable. Agradezco profundamente a mis hermanos, quienes son el apoyo con el que ahora cuento, y a quienes agradezco por estar siempre a mi lado, brindándome fuerza y compañía en cada momento

Firma. 

JEAN PIER CONSUEGRA GARCÍA

C.I.0951651835

RESUMEN

El presente estudio desarrolla el diseño e implementación de asfalto permeable en el sector Plaza Narcisa de Jesús, Guayaquil, con el propósito de mejorar la gestión del agua pluvial y reducir los problemas de acumulación de agua en la infraestructura vial. Se identificó que el crecimiento urbano desordenado y la impermeabilización del suelo han incrementado la escorrentía superficial, sobrecargando el sistema de drenaje pluvial y afectando la movilidad urbana. A través del análisis comparativo con pavimentos tradicionales, el estudio demuestra que el asfalto permeable permite la infiltración del agua, favorece la recarga de acuíferos y contribuye a la mitigación del efecto isla de calor. La investigación incluyó la evaluación de normativas nacionales e internacionales, estudios de viabilidad técnica y económica, y encuestas a la comunidad para analizar la aceptación social del proyecto.

Los resultados evidencian que el asfalto permeable representa una alternativa viable para optimizar la infraestructura urbana en zonas con alta pluviosidad, como Guayaquil. A pesar de los costos iniciales más elevados en comparación con el asfalto convencional, sus beneficios a largo plazo en términos de sostenibilidad y mantenimiento justifican su implementación. La propuesta plantea la necesidad de estrategias de difusión para informar a la comunidad sobre sus ventajas, así como la incorporación de regulaciones específicas en el marco normativo local. En conclusión, la aplicación de pavimentos permeables en la Plaza Narcisa de Jesús puede transformar la gestión del agua pluvial en la ciudad, promoviendo un desarrollo urbano más resiliente y sostenible.

Palabras clave: Asfalto, Drenaje, Gestión ambiental, Escorrentía

ABSTRACT

This study develops the design and implementation of permeable asphalt in the Plaza Narcisa de Jesús sector, Guayaquil, with the purpose of improving stormwater management and reducing water accumulation problems in road infrastructure. It was identified that disorderly urban growth and soil waterproofing have increased surface runoff, overloading the storm drainage system and affecting urban mobility. Through comparative analysis with traditional pavements, the study shows that permeable asphalt allows water infiltration, favors aquifer recharge and contributes to the mitigation of the heat island effect. The research included the evaluation of national and international regulations, technical and economic feasibility studies, and community surveys to analyze the social acceptance of the project.

The results show that permeable asphalt represents a viable alternative to optimize urban infrastructure in areas with high rainfall, such as Guayaquil. Despite the higher initial costs compared to conventional asphalt, its long-term benefits in terms of sustainability and maintenance justify its implementation. The proposal raises the need for dissemination strategies to inform the community about its advantages, as well as the incorporation of specific regulations in the local regulatory framework. In conclusion, the application of permeable pavements in Plaza Narcisa de Jesús can transform stormwater management in the city, promoting more resilient and sustainable urban development.

Keywords: Asphalt, Drainage, Environmental Management, Runoff

ÍNDICE GENERAL

FICHA DE REGISTRO DE TESIS.....	ii
CERTIFICADO DE SIMILITUD.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES.....	v
CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
1.1 Tema:	2
1.2 Planteamiento del Problema	2
1.3 Formulación del Problema	3
1.4 Objetivo General.....	4
1.5 Objetivos Específicos.....	4
1.6 Hipótesis	4
1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad.	5
CAPÍTULO II.....	6
2.1 Marco Teórico.....	6
2.1.1 Antecedentes del Estudio	6
2.1.2 Fundamentos Teóricos	9
2.1.3 Mezcla Asfáltica Convencional	13
2.1.4 Normas para el Diseño de Mezcla Asfáltica Convencional	15
2.1.5 Diseño de Mezcla Asfáltica Porosa-Permeable.....	15
2.1.6 Principales Diferencias con la Mezcla Convencional.....	16
2.2 Marco Legal.....	17
2.2.1 Normativas Nacionales sobre Pavimentos Permeables y Drenaje Urbano.....	17
2.2.2 Regulaciones Municipales en Guayaquil	20
2.2.3 Requisitos para la implementación y mantenimiento del asfalto permeable	22
CAPÍTULO III.....	24

3.1 Diagrama Metodológico.....	24
3.2 Enfoque de la Investigación.	25
3.2.1 Tipo de Estudio	25
3.2.2 Métodos Utilizados para el Análisis de Información.....	25
3.3 Alcance de la Investigación	26
3.3.1 Definición del Alcance	26
3.3.2 Justificación del Alcance de la Investigación en Función del Problema de Estudio	26
3.4 Técnicas e Instrumentos para la Obtención de Datos	27
3.4.1 Técnicas de Recolección de Información	27
3.4.2 Instrumentos Utilizados para la Recopilación de Datos	28
3.5 Población y Muestra	31
3.5.1 Definición de la Población de Estudio	31
3.5.2 Criterios de Selección de la Muestra.....	31
3.6 Desarrollo de la Metodología.....	32
3.6.1 Análisis de Normativas	32
3.6.2 Revisión Bibliográfica de Investigaciones Similares.....	33
3.6.3 Aplicación de Encuestas y Análisis de Resultados.....	33
CAPÍTULO IV.....	45
4.1 Introducción a la Propuesta	45
4.2 Justificación de la Propuesta.....	45
4.3 Análisis de Viabilidad de la Implementación	46
4.3.1 Viabilidad Técnica	46
4.3.2 Viabilidad Ambiental	48
4.3.3 Viabilidad Económica	49
4.3.4 Comparación de Costos entre la mezcla asfáltica convencional y la mezcla permeable	50
4.4 Diseño Experimental del Asfalto Permeable	51
4.4.1 Fases del Diseño y Evaluación de la Mezcla	51
4.4.2 Materiales y Especificaciones Técnicas	54
4.4.3 Diseño de la Subcapa de Drenaje	54
4.4.4 Modelado de flujo de agua en el laboratorio	54
15-30 litros/m ²	55
4.4.5 Evaluación de la capacidad drenante en pruebas controladas.....	56
4.5 Análisis Comparativo y Resultados de Dosificación	57
4.5.1 Comparación de Desempeño entre Mezcla Convencional y Permeable	58
CONCLUSIONES.....	61

RECOMENDACIONES.....	62
Bibliografía.....	63
Anexos	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.....	5
Tabla 2.....	7
Tabla 3.....	9
Tabla 4.....	10
Tabla 5.....	10
Tabla 6.....	12
Tabla 7.....	13
Tabla 8.....	16
Tabla 9.....	18
Tabla 10.....	18
Tabla 11.....	19
Tabla 12.....	20
Tabla 13.....	21
Tabla 14.....	21
Tabla 15.....	22
Tabla 16.....	23
Tabla 17.....	23
Tabla 18.....	34
Tabla 19.....	35
Tabla 20.....	36
Tabla 21.....	37
Tabla 22.....	38
Tabla 23.....	39
Tabla 24.....	40
Tabla 25.....	42
Tabla 26.....	43
Tabla 27.....	44
Tabla 28.....	47
Tabla 29.....	47
Tabla 30.....	49
Tabla 31.....	50
Tabla 32.....	52
Tabla 33.....	52
Tabla 34.....	53
Tabla 35.....	53
Tabla 36.....	54
Tabla 37.....	55
Tabla 38.....	56

Tabla 39.....	57
Tabla 40.....	58
Tabla 41.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diseño de mezcla porosa permeable	16
Figura 2. Diagrama mitológico	24
Figura 3. Tabulación pregunta 1.....	34
Figura 4. Tabulación pregunta 2.....	35
Figura 5. Tabulación pregunta 3.....	36
Figura 6. Tabulación pregunta 4.....	37
Figura 7. Tabulación pregunta 5.....	38
Figura 8. Tabulación pregunta 6.....	39
Figura 9. Tabulación pregunta 7.....	40
Figura 10. Tabulación pregunta 8.....	42
Figura 11. Tabulación pregunta 9.....	43
Figura 12. Tabulación pregunta 10.....	44

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A.....	68
Anexo B.....	68
Anexo C.....	69
Anexo D.....	69
Anexo E.....	70
Anexo F.....	70
Anexo G.....	71
Anexo H.....	71
Anexo I.....	72
Anexo J.....	72
Anexo K.....	73
Anexo L.....	73
Anexo M.....	74
Anexo N.....	74
Anexo O.....	75
Anexo P.....	75
Anexo Q.....	76
Anexo R.....	76

INTRODUCCIÓN

La expansión urbana acelerada en ciudades latinoamericanas ha generado un notable aumento de superficies impermeables, lo que ha intensificado los problemas asociados a la escorrentía superficial y el colapso de los sistemas de drenaje pluvial. Esta situación, particularmente evidente en zonas con climas tropicales y alta pluviosidad como Guayaquil, ha dado lugar a frecuentes acumulaciones de agua en vías públicas, afectando no solo la movilidad urbana, sino también la calidad de vida de los ciudadanos. En el sector Plaza Narcisca de Jesús, estas condiciones se manifiestan en forma de encharcamientos persistentes, deterioro de la infraestructura vial y riesgo para peatones y vehículos, especialmente durante la temporada lluviosa.

Ante esta problemática, el presente estudio propone el diseño de una mezcla de asfalto permeable como alternativa técnica y ambientalmente viable para mejorar la gestión de aguas pluviales en espacios urbanos. La investigación se sustenta en un enfoque cuantitativo, incluyendo un diagnóstico de la situación actual mediante encuestas a usuarios del sector, el análisis de normativas técnicas y ambientales vigentes, y el desarrollo de ensayos experimentales en laboratorio. A través de estos procedimientos, se busca determinar la viabilidad técnica, económica y funcional del uso de pavimento permeable frente al asfalto convencional, considerando parámetros como resistencia, capacidad de infiltración y durabilidad.

La importancia de esta propuesta radica en su potencial para contribuir a la sostenibilidad urbana, mediante soluciones que integren infraestructura verde y sistemas de drenaje más eficientes. El diseño de asfalto permeable no solo responde a una necesidad local identificada en la Plaza Narcisca de Jesús, sino que se presenta como una alternativa replicable en otros sectores de Guayaquil y ciudades con problemáticas similares. Este trabajo pretende, por tanto, aportar al desarrollo de estrategias resilientes de infraestructura urbana, en línea con los principios de adaptación al cambio climático, uso eficiente del recurso hídrico y mejora del entorno urbano

CAPÍTULO I

ENFOQUE DE LA PROPUESTA

1.1 Tema:

Diseño de asfalto permeable en el sector Plaza Narcisca de Jesús, Guayaquil

1.2 Planteamiento del Problema

El crecimiento urbano acelerado y la expansión de las ciudadelas en Guayaquil han generado problemáticas asociadas a la gestión del agua pluvial (Barton, 2020). En particular, el sector Plaza Narcisca de Jesús enfrenta dificultades recurrentes de acumulación de agua durante eventos de lluvia, lo que provoca encharcamientos, deterioro del pavimento tradicional y una sobrecarga en los sistemas de drenaje pluvial (Alcaldía de Guayaquil, 2020). Estas condiciones afectan la movilidad peatonal y vehicular, incrementan los costos de mantenimiento de la infraestructura vial y aumentan el riesgo de contaminación del agua debido a la escorrentía superficial.

A nivel mundial, los sistemas de drenaje urbano sostenible (SUDS) han demostrado ser una solución efectiva para reducir los efectos adversos del crecimiento desordenado de las ciudades y el incremento de superficies impermeables. Uno de los enfoques más prometedores es el uso de asfalto permeable, un material que permite la infiltración del agua de lluvia, contribuyendo a la recarga de acuíferos, la mitigación de inundaciones y la reducción del efecto isla de calor urbano. Sin embargo, en Ecuador, su implementación ha sido limitada debido a la falta de conocimiento sobre sus beneficios a largo plazo y a la percepción de que su costo inicial es elevado en comparación con el asfalto convencional (Anderson & Patel, 2020).

Estudios realizados en ciudades como Portland (EE.UU.), Tokio (Japón) y Múnich (Alemania) han demostrado que la implementación de asfalto permeable en áreas residenciales y urbanas con tráfico moderado mejora significativamente la eficiencia en la gestión del agua pluvial. En Guayaquil, los datos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) indican que la ciudad registra precipitaciones promedio de hasta 250 mm en meses lluviosos, lo que evidencia la necesidad de

soluciones efectivas para la regulación del flujo de agua en la infraestructura vial (Yamamoto & Kuroda, 2022).

Ante esta problemática, surge la necesidad de diseñar e implementar un sistema de asfalto permeable en la Plaza Narcisa de Jesús, evaluando su viabilidad técnica, económica y ambiental para su futura adopción en ciudades urbanas.

1.3 Formulación del Problema

A pesar de sus beneficios ambientales y funcionales, el asfalto permeable no ha sido ampliamente adoptado en Guayaquil. Esto se debe, en gran medida, a la falta de estudios locales que respalden su eficiencia, a los costos iniciales más altos en comparación con el pavimento convencional y a la necesidad de un mantenimiento especializado (Alcaldía de Guayaquil, 2020).

Pregunta central de la investigación:

¿De qué manera la implementación de asfalto permeable en la Plaza Narcisa de Jesús contribuiría a la sostenibilidad urbana y cuáles son los factores que limitan su adopción en el contexto ecuatoriano?

Preguntas secundarias:

¿Qué características técnicas debe cumplir el asfalto permeable para su aplicación en el sector de estudio?

¿Cuáles son los costos y beneficios económicos de la implementación de asfalto permeable en comparación con el pavimento convencional?

¿Cómo impacta el uso de asfalto permeable en la reducción de la escorrentía y en la recarga de acuíferos?

1.4 Objetivo General

Diseñar la implementación de asfalto permeable en la Plaza Narcisa de Jesús, Guayaquil, considerando normativas técnicas, costos y viabilidad ambiental, con el propósito de mejorar la gestión del agua pluvial y promover la sostenibilidad urbana.

1.5 Objetivos Específicos

- Analizar el estado del arte y los antecedentes del uso de asfalto permeable en entornos urbanos, identificando sus beneficios, limitaciones y aplicaciones en ciudades con condiciones climáticas similares a Guayaquil.
- Evaluar la situación actual de la Plaza Narcisa de Jesús en términos de drenaje pluvial, infraestructura vial y condiciones del suelo, determinando las problemáticas asociadas a la escorrentía y acumulación de agua.
- Diseñar una mezcla asfáltica permeable acorde con normativas técnicas de pavimentos flexibles, asegurando su resistencia, durabilidad y permeabilidad.
- Determinar los costos de implementación, mantenimiento y vida útil del asfalto permeable en comparación con el asfalto convencional.

1.6 Hipótesis

La implementación de asfalto permeable en la Plaza Narcisa de Jesús contribuirá a una mejor gestión del agua pluvial, reduciendo la escorrentía superficial, minimizando los riesgos de inundaciones y promoviendo la recarga de acuíferos. Además, su adopción será viable económicamente en el mediano y largo plazo, siempre que se diseñen estrategias de mantenimiento adecuadas y se promueva su integración en normativas de construcción urbana sostenible.

1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad.

Tabla 1.

Línea de investigación institucional

Dominio	Línea de investigación institucional	Línea de investigación Facultad	Sub-línea de investigación
Urbanismos y ordenamiento territorial aplicado tecnología de construcción eco-amigable, industrial y desarrollo de energías renovables	Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción	Territorio	Gestión urbana sostenible

Fuente: ULVR (2024)

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1 Marco Teórico

2.1.1 Antecedentes del Estudio

El crecimiento urbano acelerado y la expansión de infraestructuras impermeables han generado problemas relacionados con la gestión del agua pluvial, afectando la sostenibilidad de las ciudades. Los pavimentos permeables surgen como una alternativa eficiente para mitigar estos problemas, al facilitar la infiltración del agua y reducir la escorrentía superficial (Martínez & Pérez, 2020). La investigación sobre este tipo de pavimentos ha cobrado relevancia en la última década, destacándose estudios sobre su aplicabilidad, impacto ambiental y comparación con pavimentos tradicionales.

A nivel mundial, diversas investigaciones han demostrado los beneficios del asfalto permeable en la gestión del agua pluvial y la mejora de la calidad del aire y el entorno urbano. En este sentido, se han identificado casos de implementación en ciudades con problemáticas similares a Guayaquil, lo que permite proyectar su aplicación en contextos locales.

2.1.1.1 Investigaciones previas sobre pavimentos permeables en el ámbito urbano

Las investigaciones sobre pavimentos permeables han abordado su viabilidad desde distintos enfoques. A continuación, en la Tabla 2 se presentan algunos estudios relevantes:

Tabla 2.

Investigaciones previas de pavimentos permeables

Autor(es) y Año	País	Hallazgos Principales
(Ranger, 2024)	México	Reducción de escorrentía en un 70% y mejora en la recarga de acuíferos.
(ISS, 2021)	EE.UU.	Implementación en Portland disminuyó inundaciones en un 60%.
(Sasagawa, 2023)	Japón	Aplicación en Tokio redujo acumulación de agua en calles en un 50%.
(REICHHOLF, 2020)	Alemania	Evaluación en Múnich demostró un aumento de biodiversidad urbana.
(Carrasco, 2021)	Chile	Impacto positivo en la calidad del agua pluvial filtrada.

Elaborado por: Consuegra (2025)

Estos estudios han evidenciado que el asfalto permeable contribuye a la mitigación de inundaciones urbanas, optimiza la gestión del agua pluvial y mejora la sostenibilidad en ciudades con alta densidad poblacional.

2.1.1.2 Aplicaciones de asfalto permeable en ciudades con condiciones climáticas similares a Guayaquil

Guayaquil presenta un clima tropical con precipitaciones abundantes durante ciertos meses del año, lo que incrementa el riesgo de encharcamiento e inundaciones urbanas. En ciudades con características climáticas similares, se han llevado a cabo estudios sobre la aplicación de asfalto permeable con resultados exitosos. Ejemplos de ello incluyen:

- **Bangkok, Tailandia:** Aplicación de pavimentos permeables en estacionamientos y calles secundarias, reduciendo la escorrentía y mejorando la calidad del agua pluvial (Kimura & Tanaka, 2021).
- **Recife, Brasil:** Implementación en avenidas de bajo tráfico, permitiendo la filtración del 80% del agua pluvial en temporadas de lluvia intensa (Navarro & Reyes, 2021).

- **Singapur:** Uso de pavimentos permeables en espacios públicos para mitigar el efecto isla de calor y mejorar la infiltración de agua (Ferrer & Castillo, 2023)

Estos casos reflejan la viabilidad de adoptar soluciones similares en Guayaquil para mejorar la gestión del agua y la infraestructura urbana sostenible.

2.1.1.3 Estudios sobre la relación entre pavimentos permeables y sostenibilidad urbana

La implementación de pavimentos permeables no solo impacta en la gestión del agua, sino que también contribuye a la sostenibilidad urbana mediante:

- **Mitigación del cambio climático:** Reducción del efecto isla de calor al permitir la evaporación del agua (Maldonado, 2022).
- **Mejora de la calidad del agua:** Filtración de contaminantes y sedimentos antes de que el agua llegue a cuerpos hídricos.
- **Promoción de biodiversidad:** Creación de entornos urbanos más amigables para vegetación y fauna urbana (Gómez & Torres, 2022).

2.1.1.4 Análisis comparativo entre pavimentos tradicionales y pavimentos permeables

El análisis comparativo entre pavimentos tradicionales y pavimentos permeables permite evaluar sus diferencias en términos de permeabilidad, costo, impacto ambiental y mantenimiento. Mientras que los pavimentos tradicionales (asfalto convencional y hormigón) son ampliamente utilizados en vías urbanas, los pavimentos permeables presentan ventajas en la gestión del agua pluvial y la sostenibilidad urbana.

La Tabla 3 muestra a detalle la comparativa general de las características del pavimento

Tabla 3.

Comparativa entre tipo de pavimentos

Característica	Pavimento Tradicional (Asfalto/Hormigón)	Pavimento Permeable (Asfalto poroso, adoquines permeables, hormigón permeable)
Permeabilidad	Impermeable, genera escorrentía superficial.	Alta permeabilidad, permite la infiltración del agua.
Escorrentía y drenaje	Aumenta la escorrentía, sobrecargando sistemas de drenaje.	Reduce la escorrentía y mejora la recarga de acuíferos.
Costo inicial	Menor costo inicial.	Mayor inversión inicial por materiales especializados.
Mantenimiento	Bajo mantenimiento, pero con mayor deterioro a largo plazo.	Requiere limpieza frecuente para evitar obstrucción de poros.
Durabilidad	Alta en vías de alto tráfico.	Adecuado para zonas de bajo y mediano tráfico.
Efecto isla de calor	Mayor absorción de calor y elevación de temperaturas urbanas.	Reduce la acumulación de calor debido a la evaporación del agua infiltrada.
Impacto ambiental	Genera mayor contaminación debido a la escorrentía con residuos de hidrocarburos.	Reduce la contaminación del agua, ya que filtra sedimentos y contaminantes.

Fuente: Anderson & Patel (2020)

2.1.2 Fundamentos Teóricos

El asfalto permeable es una alternativa sostenible a los pavimentos tradicionales, diseñada para mejorar la gestión del agua pluvial y reducir el impacto ambiental de las superficies impermeables (Gómez & Torres, 2022). A continuación, se abordan sus principales características, propiedades mecánicas, factores que afectan su desempeño, comparaciones con asfaltos convencionales y las tecnologías empleadas en su fabricación.

2.1.2.1 Definición y características del asfalto permeable

El asfalto permeable es un tipo de pavimento diseñado con una estructura porosa que permite la infiltración del agua de lluvia a través de su superficie, dirigiéndola hacia el suelo subyacente o sistemas de drenaje específicos (Martínez & Pérez, 2020). A diferencia del asfalto convencional, que es impermeable y genera

escorrentía superficial, este material permite un mejor manejo del agua pluvial y contribuye a la recarga de acuíferos (Tabla 4).

Tabla 4.

Características principales del asfalto permeable

Característica	Descripción
Alta porosidad	Contiene un 15-25% de vacíos interconectados para permitir la infiltración del agua.
Reducción de escorrentía	Minimiza la acumulación de agua en la superficie y evita inundaciones urbanas.
Menor densidad	Posee una menor densidad en comparación con el asfalto convencional, lo que facilita la filtración.
Durabilidad optimizada	Diseñado para soportar tráfico ligero a moderado sin comprometer su resistencia.
Contribución a la sostenibilidad	Reduce la contaminación del agua al filtrar sedimentos y aceites provenientes de vehículos.

Fuente: Martínez & Pérez (2020)

2.1.2.2 Propiedades físicas y mecánicas del asfalto permeable

El asfalto permeable presenta propiedades específicas que lo diferencian del pavimento tradicional (Unilock, 2024). Su comportamiento estructural y funcional depende de factores como la composición de los agregados, la proporción de vacíos y la resistencia mecánica del material (Tabla 5).

Tabla 5.

Principales Propiedades del Asfalto Permeable

Propiedad	Descripción
Permeabilidad	Capacidad del pavimento para infiltrar agua, generalmente entre 1.2 y 2.5 cm/s.
Resistencia a la compresión	Menor que el asfalto tradicional, adecuado para tráfico ligero o moderado.
Módulo de elasticidad	Depende del contenido de agregados y del tipo de ligante asfáltico utilizado.
Adherencia	Puede ser menor en condiciones húmedas, por lo que se optimiza con agregados específicos.

Resistencia al envejecimiento	Similar a la del asfalto convencional, pero requiere mantenimiento para evitar obstrucción de poros.
-------------------------------	--

Fuente: Unilock (2024)

2.1.2.3 Factores que influyen en la permeabilidad y durabilidad del asfalto

La eficacia del asfalto permeable depende de varios factores técnicos y ambientales. Su correcto diseño e instalación garantizan un desempeño óptimo a lo largo del tiempo.

Factores que afectan la permeabilidad

- **Tamaño y gradación de agregados:** Se requieren agregados gruesos para maximizar la porosidad y la capacidad de filtración del pavimento.
- **Contenido de vacíos:** Un mayor porcentaje de vacíos interconectados mejora la permeabilidad, pero puede reducir la resistencia estructural.
- **Compactación del material:** Una compactación inadecuada puede disminuir la porosidad y afectar la infiltración del agua.

Factores que influyen en la durabilidad

- **Tráfico y carga soportada:** No es apto para zonas de alto tráfico debido a su menor resistencia a la compresión.
- **Condiciones climáticas:** En climas fríos, el agua infiltrada puede congelarse y generar fisuras en el material.

2.1.2.4 Comparación entre asfalto convencional y asfalto permeable

La Tabla 6 resume las principales diferencias entre el asfalto convencional y el asfalto permeable, destacando sus ventajas y limitaciones en distintas aplicaciones urbanas.

Tabla 6.

Comparación de tipo de asfaltos

Característica	Asfalto Convencional	Asfalto Permeable
Permeabilidad	Impermeable	Alta (1.2 - 2.5 cm/s)
Gestión del agua pluvial	Genera escorrentía y sobrecarga el drenaje urbano.	Facilita la infiltración y reduce inundaciones.
Resistencia estructural	Alta, soporta tráfico pesado.	Moderada, ideal para tráfico ligero o moderado.
Costo inicial	Bajo	Medio-alto debido a materiales especializados.
Costo de mantenimiento	Bajo	Requiere limpieza frecuente para evitar obstrucción.
Impacto ambiental	Mayor contaminación del agua por escorrentía.	Mejora la calidad del agua al filtrar contaminantes.
Efecto isla de calor	Absorbe calor y eleva la temperatura urbana.	Reduce la temperatura superficial gracias a la evaporación del agua.

Fuente: Montejo (2021)

2.1.2.5 Tecnologías y materiales utilizados en la fabricación de asfalto

permeable

El desarrollo del asfalto permeable ha evolucionado con el uso de materiales innovadores y tecnologías que mejoran su desempeño (Nazareno, 2019). A continuación, la Tabla 7 describe los principales elementos utilizados en su fabricación.

Tabla 7.

Materiales empleados en el asfalto

Material	Función en el Asfalto Permeable
Agregados gruesos	Forman la estructura porosa del pavimento, permitiendo la infiltración del agua.
Ligantes asfálticos modificados	Mejoran la adherencia y resistencia del pavimento sin comprometer su permeabilidad.
Geotextiles	Se utilizan debajo del pavimento para evitar la migración de finos y mantener la permeabilidad.
Sistemas de drenaje subterráneo	Facilitan la conducción del agua i

Fuente: Nazareno (2019)

Tecnologías Aplicadas

- **Asfalto con polímeros reciclados:** Aumenta la resistencia mecánica y reduce el impacto ambiental del pavimento.
- **Nano-materiales en ligantes:** Mejoran la elasticidad y resistencia del asfalto permeable.
- **Sistemas de filtración integrados:** Incorporación de filtros para retener contaminantes y mejorar la calidad del agua infiltrada.

2.1.3 Mezcla Asfáltica Convencional

La mezcla asfáltica convencional es un material ampliamente utilizado en la construcción de pavimentos debido a su resistencia, durabilidad y capacidad de soportar cargas vehiculares elevadas. Se compone de agregados pétreos de diferentes tamaños, un ligante asfáltico y, en algunos casos, aditivos que mejoran su desempeño. Esta mezcla se diseña para ofrecer estabilidad estructural, resistencia al desgaste y buena adherencia entre sus componentes (Huang, 2021).

El rendimiento de una mezcla asfáltica convencional depende de múltiples factores, como la calidad de los agregados, la selección del ligante y el método de

compactación utilizado. Su diseño se basa en normativas establecidas que garantizan su durabilidad y desempeño óptimo en diferentes condiciones climáticas y de carga.

2.1.3.1 Agregados Pétreos

Los agregados pétreos constituyen aproximadamente el 90-95% del peso total de la mezcla asfáltica y son responsables de proporcionar resistencia mecánica y estabilidad a la estructura del pavimento. Se clasifican en:

- **Agregados gruesos:** Fragmentos de roca triturada que mejoran la resistencia a la deformación.
- **Agregados finos:** Arena natural o triturada que contribuye a la compactación y cohesión de la mezcla.
- **Filler o material de relleno:** Partículas minerales finas (<0.075 mm) que incrementan la estabilidad de la mezcla y mejoran la adhesión con el ligante asfáltico (Borja, 2019).

Las propiedades de los agregados, como su granulometría, forma, textura superficial y resistencia al desgaste, influyen directamente en la calidad del pavimento. La selección de agregados adecuados es clave para garantizar la durabilidad y estabilidad del pavimento.

2.1.3.2 Ligante Asfáltico

El ligante asfáltico es el componente encargado de unir los agregados y conferir elasticidad y resistencia a la mezcla. Se trata de un material viscoso derivado del petróleo que, al mezclarse con los agregados, forma una matriz cohesiva que permite la compactación y estabilidad del pavimento (Padilla, 2023).

Las principales propiedades del ligante asfáltico incluyen:

- **Viscosidad:** Influye en la facilidad de aplicación y compactación de la mezcla.
- **Adhesión:** Garantiza la unión entre partículas de agregado para evitar desprendimientos.
- **Susceptibilidad térmica:** Determina su comportamiento ante variaciones de temperatura.

Existen diferentes tipos de ligantes asfálticos, entre los que se destacan:

- **Asfalto convencional:** Se utiliza en pavimentos estándar sin modificaciones.
- **Asfaltos modificados con polímeros:** Mejoran la resistencia a la fatiga y deformación plástica.
- **Emulsiones asfálticas:** Facilitan la aplicación en frío para rehabilitación de pavimentos (Miranda, 2020).

La correcta selección del ligante asfáltico es fundamental para optimizar el desempeño y vida útil del pavimento bajo condiciones de tráfico y clima específicas.

2.1.4 Normas para el Diseño de Mezcla Asfáltica Convencional

El diseño de las mezclas asfálticas convencionales se rige por normativas internacionales y nacionales que establecen los parámetros de resistencia, estabilidad y comportamiento del pavimento. Entre las normas más utilizadas se encuentran:

- **AASHTO M 320:** Define los requisitos de los ligantes asfálticos mediante ensayos de desempeño
- **ASTM D1559:** Establece el procedimiento de diseño Marshall para mezclas asfálticas.
- **Norma Técnica Ecuatoriana INEN 0553:** Regula los requisitos para la fabricación y aplicación de mezclas asfálticas en Ecuador.

El método Marshall y el Superpave son los principales enfoques de diseño utilizados, determinando la proporción óptima de ligante, resistencia mecánica y estabilidad volumétrica de la mezcla. Estos métodos garantizan que la mezcla cumpla con los estándares de durabilidad, resistencia al envejecimiento y estabilidad estructural en pavimentos urbanos y carreteras de alto tráfico (Jácome, 2024).

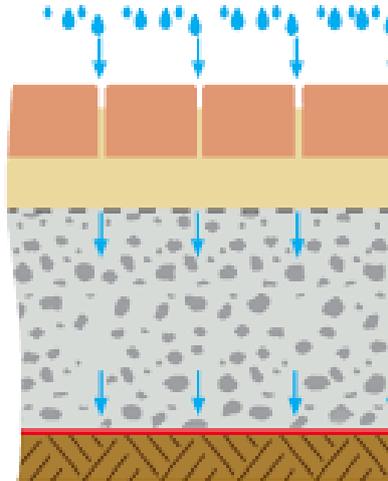
2.1.5 Diseño de Mezcla Asfáltica Porosa-Permeable

La mezcla asfáltica porosa-permeable es una variante del asfalto convencional que permite la infiltración de agua a través de su estructura, mejorando el drenaje urbano y reduciendo el riesgo de inundaciones. Se caracteriza por tener un alto

porcentaje de vacíos interconectados (15-25%), lo que facilita la filtración del agua hacia capas inferiores (Wang et al., 2021).

Figura 1.

Diseño de mezcla porosa permeable



Fuente: Cárdenas Gutiérrez (2020)

2.1.6 Principales Diferencias con la Mezcla Convencional

En la Tabla 8 se muestra a detalle las características de cada tipo de mezcla.

Tabla 8.

Características de Mezcla Asfáltica

Característica	Mezcla Asfáltica Convencional	Mezcla Asfáltica Porosa-Permeable
Porcentaje de vacíos	3 - 5%	15 - 25%
Capacidad de drenaje	Baja	Alta
Durabilidad	Alta, pero susceptible a fisuración	Depende del mantenimiento
Costo inicial	Menor	Mayor
Aplicación recomendada	Vías de alto tráfico	Áreas urbanas con problemas de drenaje

Fuente: Montejo (2021)

El diseño de esta mezcla debe considerar factores como:

- Granulometría abierta para permitir el paso del agua sin comprometer la estabilidad.

- Selección del ligante para evitar desprendimientos y garantizar la durabilidad.
- Mantenimiento preventivo para evitar obstrucciones por sedimentos.

En términos de aplicación, el asfalto permeable ha sido utilizado con éxito en parques urbanos, estacionamientos, ciclovías y calles con problemas de drenaje en ciudades con climas lluviosos (Ravello, 2020). Su implementación en la Plaza Narcisa de Jesús representaría una solución eficiente para mitigar la acumulación de agua y mejorar la gestión pluvial urbana.

2.2 Marco Legal

El marco legal aplicable a la implementación de pavimentos permeables y la gestión del drenaje urbano en Ecuador está respaldado por diversas normativas nacionales que regulan la construcción, el uso de materiales y la gestión del agua pluvial. Estas regulaciones buscan garantizar que las infraestructuras urbanas sean sostenibles, seguras y respetuosas con el medio ambiente.

A continuación, se detallan las principales normativas que rigen el diseño y la aplicación de pavimentos permeables en el país.

2.2.1 Normativas Nacionales sobre Pavimentos Permeables y Drenaje Urbano

En Ecuador, el desarrollo de infraestructuras con pavimentos permeables está regulado por normas específicas que establecen requisitos técnicos, ambientales y constructivos. Estas normas buscan garantizar la correcta aplicación de estos pavimentos en la planificación urbana sostenible (Punguil, 2020).

2.2.1.1 Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC): Requisitos para pavimentos permeables

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC, 2024) establece lineamientos técnicos para el diseño y construcción de infraestructuras urbanas. Si bien no existe una regulación específica para pavimentos permeables en su versión actual, la NEC incluye disposiciones generales aplicables a su implementación (Tabla 9).

Tabla 9.

Aspectos Claves de la NEC sobre Pavimentos

Requisito	Descripción
Drenaje urbano sostenible	Se promueve la incorporación de materiales que favorezcan la infiltración del agua de lluvia.
Capacidad estructural del pavimento	Se establece que los materiales utilizados deben garantizar estabilidad y resistencia.
Normas de seguridad vial	Se requiere que la superficie de rodadura mantenga condiciones de adherencia y resistencia al deslizamiento.

Fuente: NEC (2024)

2.2.1.2 Norma Técnica Ecuatoriana INEN 3040: Regulación de adoquines de concreto permeable

La NTE INEN 3040, emitida por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN, 2023), regula la fabricación y uso de adoquines de concreto permeable en Ecuador. Esta normativa establece parámetros técnicos para asegurar la calidad y durabilidad de estos pavimentos, promoviendo su adopción en espacios urbanos y zonas con problemas de escorrentía (Tabla 10).

Tabla 10.

Principales parámetros de la NTE INEN 3040

Especificación	Requerimiento según INEN 3040
Resistencia a la compresión	Mínimo 35 MPa para soportar cargas de tráfico liviano y moderado.

Porosidad	Entre 15% y 25% para garantizar una adecuada infiltración del agua.
Espesor mínimo del adoquín	60 mm para tráfico peatonal y 80 mm para tráfico vehicular.
Coefficiente de fricción	Debe garantizar seguridad en condiciones húmedas.

Nota: Este tipo de pavimento permeable es utilizado principalmente en plazas, parques, ciclovías y estacionamientos, donde la gestión del agua pluvial es una prioridad.

Fuente: INEN (2023)

2.2.1.3 Código Orgánico del Ambiente: Directrices para la gestión de aguas pluviales en entornos urbanos

El Código Orgánico del Ambiente (COA, 2018) establece directrices para la gestión integral del agua en Ecuador, incluyendo disposiciones sobre la infraestructura urbana y la reducción del impacto ambiental de las construcciones (Tabla 11).

Tabla 11.

Aspectos Claves del COA en la Gestión del Agua Pluvial

Artículo	Directriz
Art. 90	Promueve el uso de tecnologías y materiales que reduzcan la escorrentía y faciliten la infiltración.
Art. 94	Establece la obligación de implementar sistemas de drenaje sostenible en nuevas urbanizaciones.
Art. 107	Regula el impacto de la impermeabilización del suelo en los ecosistemas urbanos.

Fuente: COA (2018)

2.2.1.4 Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua: Regulación del uso y gestión del agua en Ecuador

La Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (LORHUAA, 2021) establece el marco legal para la gestión y conservación del recurso hídrico en el país. Dentro de esta ley, se incluyen disposiciones relacionadas con la regulación del agua pluvial y su aprovechamiento en el entorno urbano (Tabla 12).

Tabla 12.

Regulaciones Relevantes en la LORHUAA

Disposición Legal	Aplicación en Pavimentos Permeables
Aprovechamiento del agua pluvial	Fomenta el uso de sistemas de recolección y filtración de agua en proyectos urbanos.
Protección de acuíferos	Promueve la implementación de infraestructuras que favorezcan la recarga natural de acuíferos.
Control de inundaciones	Obliga a los municipios a implementar medidas de reducción de escorrentía en el desarrollo urbano.

Fuente: LORHUAA (2021)

2.2.2 Regulaciones Municipales en Guayaquil

Guayaquil, como una de las ciudades más importantes de Ecuador, ha establecido regulaciones municipales que buscan mejorar la sostenibilidad de su infraestructura urbana. Estas normativas incluyen disposiciones sobre el diseño vial, la gestión del drenaje pluvial y los requisitos para nuevas construcciones, con el objetivo de minimizar el impacto ambiental y garantizar la seguridad de la población (Alcaldía de Guayaquil, 2020).

A continuación, se presentan las principales regulaciones municipales relacionadas con la implementación de pavimentos permeables y la gestión del agua en entornos urbanos.

2.2.2.1 Ordenanzas locales sobre infraestructura vial sostenible

Las ordenanzas municipales de Guayaquil regulan el diseño y construcción de vías, priorizando la sostenibilidad y la reducción de escorrentía en nuevas infraestructuras (Municipalidad de Guayaquil, 2024). Si bien aún no existen disposiciones específicas para el uso de asfalto permeable, sí se promueve el uso de materiales que mejoren la gestión del agua pluvial y reduzcan la impermeabilización del suelo.

Tabla 13.

Aspectos claves de las ordenanzas sobre infraestructura vial

Ordenanza	Descripción
Ordenanza Municipal sobre Uso de Materiales Sostenibles en Infraestructura Vial	Promueve la incorporación de pavimentos con propiedades permeables en parques, ciclovías y estacionamientos.
Ordenanza de Movilidad y Espacios Públicos	Fomenta el desarrollo de infraestructura que optimice la movilidad y minimice el impacto ambiental.
Ordenanza sobre Diseño Urbano y Medio Ambiente	Establece la importancia de implementar soluciones urbanísticas que favorezcan la sostenibilidad y el drenaje natural.

Fuente: Municipalidad de Guayaquil (2024)

2.2.2.2 Regulaciones sobre drenaje pluvial y gestión del agua en áreas urbanas

El crecimiento urbano descontrolado ha incrementado los problemas de inundaciones y escorrentía en Guayaquil (Alcaldía de Guayaquil, 2020). Para mitigar estos efectos, el municipio ha desarrollado regulaciones enfocadas en el drenaje pluvial y el aprovechamiento del agua de lluvia en áreas urbanas (Tabla 14).

Tabla 14.

Principales regulaciones sobre drenaje pluvial

Regulación	Objetivo
Reglamento de Manejo de Aguas Lluvias del Municipio de Guayaquil	Obliga a la construcción de sistemas de drenaje que reduzcan la acumulación de agua en zonas urbanas.
Normativa para la Construcción de Sistemas de Infiltración de Aguas Pluviales	Promueve la implementación de sumideros y pavimentos permeables en nuevos desarrollos urbanos.

Ordenanza para la Reducción del Riesgo de Inundaciones en Áreas Críticas	Exige estudios de impacto hídrico en proyectos de infraestructura vial.
--	---

Fuente: Alcaldía de Guayaquil (2020)

Estas regulaciones favorecen la implementación de pavimentos permeables como una solución viable para mejorar la filtración del agua pluvial y reducir el impacto de inundaciones en la ciudad.

2.2.2.3 Normativas de construcción y requisitos para nuevos desarrollos urbanos

La (Municipalidad de Guayaquil, 2024) establece una serie de normativas que regulan los nuevos desarrollos urbanos, asegurando que los proyectos de infraestructura cumplan con criterios de sostenibilidad y seguridad (Tabla 15).

Tabla 15.

Requisitos para Nuevas Construcciones en Guayaquil

Normativa	Requisito Principal
Ordenanza de Zonificación y Desarrollo Urbano	Define las áreas donde se permite la construcción de pavimentos permeables.
Código Municipal de Construcción	Establece estándares de calidad y materiales permitidos en pavimentación urbana.
Regulación sobre Gestión Ambiental en Construcciones	Obliga a los desarrolladores a incluir estrategias de reducción de escorrentía en sus proyectos.

Fuente: Municipalidad de Guayaquil (2024)

2.2.3 Requisitos para la implementación y mantenimiento del asfalto

permeable

La implementación del asfalto permeable en proyectos urbanos requiere el cumplimiento de normativas específicas en materia de permisos, certificaciones, estándares de calidad y mantenimiento a largo plazo (Moraga, 2024). Su correcto diseño y conservación garantizan que este tipo de pavimento cumpla con su función de gestionar el agua pluvial de manera sostenible y eficiente.

A continuación, se detallan los principales requisitos para su instalación, control de calidad, mantenimiento y regulaciones ambientales.

2.2.3.1 Permisos y certificaciones necesarias para su instalación

La instalación de asfalto permeable en proyectos urbanos y privados debe cumplir con los siguientes permisos y certificaciones, establecidos por las autoridades municipales y ambientales (Tabla 16):

Tabla 16.

Principales permisos y certificaciones

Permiso / Certificación	Entidad Responsable	Descripción
Licencia de construcción	Municipio de Guayaquil	Autoriza la ejecución de obras de pavimentación en la ciudad.
Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)	Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica	Evalúa el impacto de la obra en el ecosistema local y en la gestión de aguas pluviales.
Certificación de calidad de materiales	Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)	Garantiza que los materiales usados cumplen con las normativas nacionales e internacionales.

Fuente: MOP (2021)

2.2.3.2 Protocolos de mantenimiento y conservación a largo plazo

El asfalto permeable requiere un mantenimiento regular para conservar su permeabilidad y resistencia estructural (Jiménez & Vega, 2023). A continuación, la Tabla 17 presenta los protocolos clave para su conservación a largo plazo.

Tabla 17.

Protocolos de mantenimiento

Actividad	Frecuencia Recomendada	Objetivo
Limpieza superficial	Mensual	Eliminar residuos que puedan obstruir los poros del pavimento.
Mantenimiento con succión y presión de agua	Cada 6 meses	Restaurar la capacidad de infiltración eliminando partículas finas.
Revisión estructural	Anual	Identificar grietas o deformaciones que puedan comprometer su funcionamiento.
Remoción y reposición de secciones afectadas	Según necesidad	Reemplazar áreas dañadas por tráfico o desgaste.

Fuente: Jiménez & Vega (2023)

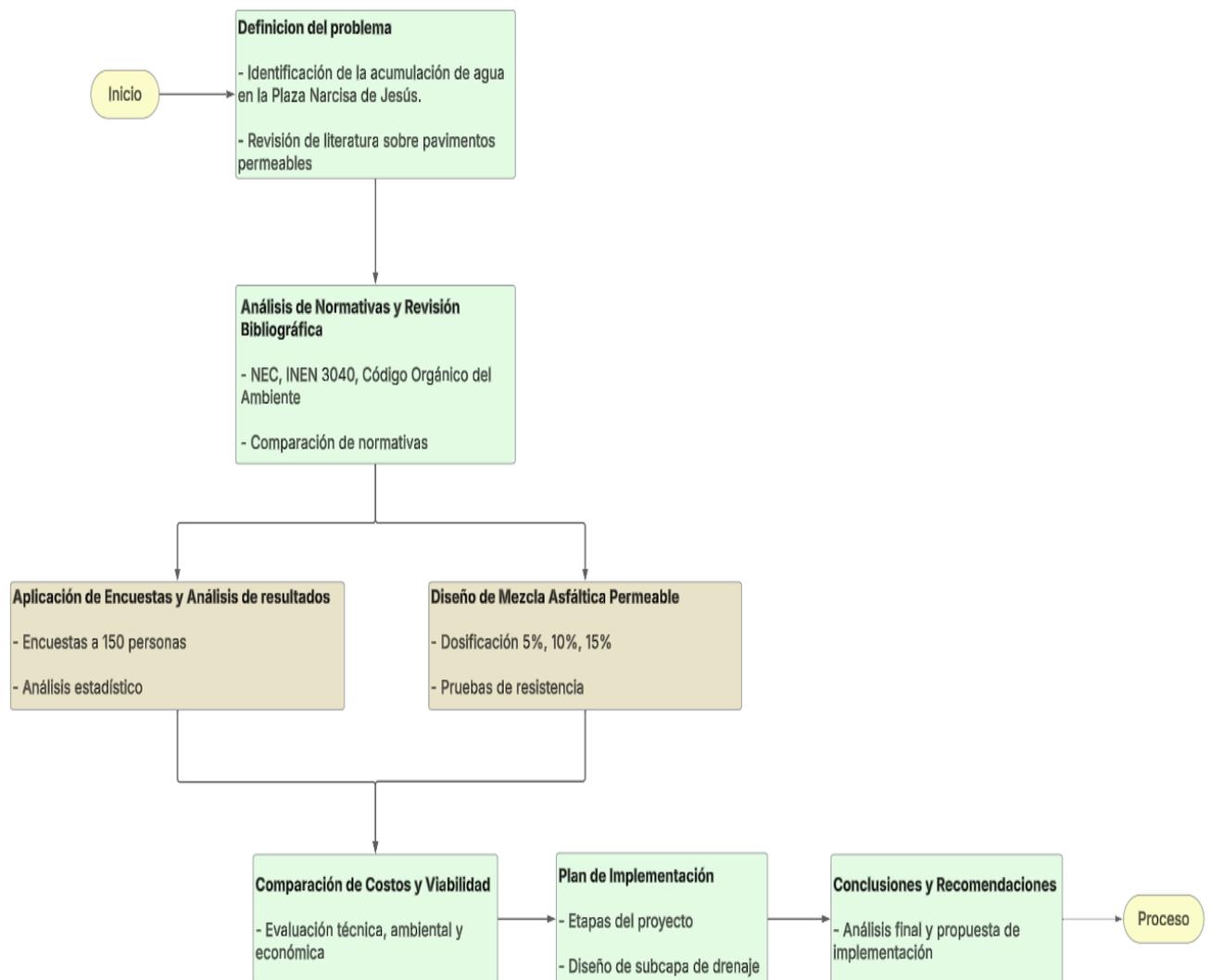
CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Diagrama Metodológico

La Figura 2 muestra el diagrama con los procesos seguidos para el desarrollo de la investigación

Figura 2. Diagrama metodológico



Elaborado por: Consuegra, (2025)

3.2 Enfoque de la Investigación.

3.2.1 Tipo de Estudio

El presente estudio adopta un enfoque cuantitativo, ya que busca recolectar y analizar datos numéricos relacionados con la viabilidad, percepción y posibles beneficios del uso de asfalto permeable en la Plaza Narcisa de Jesús, Guayaquil. A través de la aplicación de encuestas estructuradas, se pretende obtener información objetiva y medible sobre el conocimiento y la aceptación de este tipo de infraestructura por parte de la comunidad.

El enfoque cuantitativo es adecuado para esta investigación porque permite identificar patrones, establecer relaciones entre variables y realizar análisis estadísticos que respalden la factibilidad del uso de pavimentos permeables en el contexto urbano de Guayaquil (Huamán, 2022).

3.2.2 Métodos Utilizados para el Análisis de Información

Para garantizar un análisis riguroso y fundamentado, se emplearán los siguientes métodos:

- **Análisis documental:** Revisión de normativas nacionales e internacionales sobre infraestructura vial sostenible, incluyendo la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 3040, el Código Orgánico del Ambiente, la Ley Orgánica de Recursos Hídricos y regulaciones municipales aplicables.
- **Revisión bibliográfica:** Consulta de investigaciones previas, artículos científicos y estudios técnicos sobre pavimentos permeables en ciudades con características climáticas similares a Guayaquil.
- **Estudio de normativas y regulaciones:** Evaluación comparativa entre los requisitos legales vigentes y las condiciones necesarias para la implementación del asfalto permeable en el sector de estudio.
- **Encuestas estructuradas:** Aplicación de cuestionarios cerrados a habitantes y usuarios de la Plaza Narcisa de Jesús para conocer su percepción sobre el impacto del asfalto permeable en la reducción de

inundaciones, su disposición a aceptar este tipo de infraestructura y su conocimiento previo sobre el tema.

- **Análisis comparativo:** Comparación entre pavimentos tradicionales y pavimentos permeables en términos de costos, beneficios ambientales y viabilidad técnica.

3.3 Alcance de la Investigación

3.3.1 Definición del Alcance

El estudio tiene un alcance descriptivo, ya que su objetivo principal es analizar y documentar las características, ventajas y desafíos del uso de asfalto permeable en entornos urbanos (Guevara, 2020). Se busca proporcionar una visión clara sobre cómo esta tecnología puede impactar la infraestructura vial y la gestión del agua pluvial en Guayaquil.

A través de la aplicación de encuestas y el análisis documental, se recopilaron datos que permitan describir la percepción ciudadana, las condiciones técnicas y los requisitos normativos para la implementación de pavimentos permeables. Este enfoque no busca establecer relaciones causales ni realizar predicciones, sino proporcionar información detallada que contribuya a la toma de decisiones en proyectos de infraestructura sostenible.

3.3.2 Justificación del Alcance de la Investigación en Función del Problema de Estudio

El alcance descriptivo se justifica debido a la necesidad de caracterizar el estado actual del drenaje urbano en la Plaza Narcisca de Jesús y evaluar si la adopción del asfalto permeable podría representar una solución viable.

Este tipo de investigación es esencial para:

- Identificar las principales problemáticas de acumulación de agua en el sector.

- Determinar el grado de conocimiento y aceptación de la comunidad sobre pavimentos permeables.
- Evaluar el marco normativo y su relación con la implementación de infraestructuras sostenibles en Guayaquil.
- Comparar las ventajas y limitaciones del asfalto permeable frente a los pavimentos tradicionales en términos de eficiencia, costo y sostenibilidad.

Dado que no se busca establecer relaciones de causa y efecto, sino describir y analizar la información disponible, el alcance descriptivo es el más adecuado para esta investigación.

3.4 Técnicas e Instrumentos para la Obtención de Datos

Para garantizar la validez y confiabilidad de la información recolectada en este estudio sobre el diseño de asfalto permeable en la Plaza Narcisa de Jesús, Guayaquil, se han seleccionado técnicas e instrumentos que permitan analizar datos cuantitativos relevantes.

3.4.1 Técnicas de Recolección de Información

La investigación se basa en la aplicación de encuestas estructuradas y el análisis documental de normativas. Estas técnicas permitirán conocer la percepción de la comunidad respecto a los beneficios, viabilidad y aceptación del asfalto permeable, así como evaluar la normativa vigente en Ecuador sobre pavimentos sostenibles.

Las técnicas utilizadas incluyen:

- **Encuestas a la comunidad del sector Plaza Narcisa de Jesús:** Se aplicaron preguntas cerradas a los residentes y usuarios frecuentes del área para conocer su percepción sobre el problema de acumulación de agua y su disposición a aceptar el uso de asfalto permeable en el sector.

- **Análisis de normativas y regulaciones vigentes:** Se realizó una revisión detallada de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 3040, el Código Orgánico del Ambiente y la Ley Orgánica de Recursos Hídricos con el fin de evaluar los requisitos legales aplicables a la implementación del asfalto permeable.
- **Revisión bibliográfica de investigaciones previas:** Se consultó estudios sobre la aplicación de pavimentos permeables en entornos urbanos con condiciones similares a Guayaquil, a fin de contextualizar los hallazgos en esta investigación.

3.4.2 Instrumentos Utilizados para la Recopilación de Datos

Para la recolección de datos, se empleará un cuestionario estructurado dirigido a los habitantes, comerciantes y usuarios frecuentes del sector Plaza Narcisa de Jesús. Este cuestionario está diseñado para recopilar información cuantificable sobre la percepción comunitaria respecto al asfalto permeable, su conocimiento sobre el tema y su disposición a aceptar su implementación como una solución a la acumulación de agua en la zona.

El cuestionario se compone de 10 preguntas cerradas, formuladas en un formato de opción múltiple para facilitar su análisis estadístico. Estas preguntas están enfocadas en los siguientes aspectos:

- Frecuencia de uso y percepción del problema de acumulación de agua.
- Conocimiento sobre el asfalto permeable y su efectividad en la reducción de inundaciones.
- Aceptación y disposición de la comunidad ante la posible implementación de esta tecnología.

A continuación, se presenta el cuestionario aplicado:

Cuestionario

¿Con qué frecuencia transita o utiliza el sector Plaza Narcisa de Jesús?

- Todos los días
- Varias veces a la semana
- Una vez por semana
- Ocasionalmente

¿Ha notado problemas de acumulación de agua o encharcamientos en el sector Plaza Narcisa de Jesús?

- Sí, con frecuencia
- A veces
- No, nunca

¿Considera que el problema de acumulación de agua afecta la movilidad y el uso del sector?

- Sí, afecta mucho
- Afecta en cierta medida
- No afecta en absoluto

¿Conoce qué es el asfalto permeable y sus beneficios?

- Sí, tengo conocimiento sobre el tema
- He escuchado sobre el tema, pero no tengo detalles
- No, nunca he oído hablar del asfalto permeable

¿Estaría de acuerdo con la implementación de asfalto permeable en el sector Plaza Narcisa de Jesús como una solución para la acumulación de agua?

- Sí, totalmente de acuerdo
- De acuerdo, pero tengo dudas sobre su efectividad
- No estoy seguro/a

No, no estoy de acuerdo

¿Qué aspecto considera más importante al evaluar una nueva infraestructura vial en su comunidad?

- Durabilidad y resistencia
- Reducción del impacto ambiental
- Bajo costo de implementación
- Mejora en la seguridad vial

¿Cree que la implementación de asfalto permeable ayudaría a reducir las inundaciones en el sector?

- Sí, sería una solución efectiva
- Podría ayudar
- No creo que haga una diferencia

Si se implementa asfalto permeable en el sector, ¿cree que su mantenimiento sería un problema a largo plazo?

- Sí, el mantenimiento sería complicado y costoso
- No, si se realizan mantenimientos periódicos adecuados
- No tengo conocimiento suficiente para opinar

¿Estaría dispuesto/a a que parte del presupuesto municipal se destine a la implementación de pavimentos permeables en zonas propensas a inundaciones?

- Sí, me parece una inversión necesaria
- Sí, pero solo si se demuestra su efectividad
- No, creo que hay otras prioridades
- No tengo opinión sobre el tema

¿Considera que la comunidad debe ser informada y consultada antes de la implementación de un proyecto de infraestructura vial?

- Sí, siempre
- Solo en proyectos de gran impacto
- No es necesario

3.5 Población y Muestra

3.5.1 Definición de la Población de Estudio

La población de estudio está conformada por los habitantes, comerciantes y usuarios frecuentes del sector Plaza Narcisca de Jesús en Guayaquil. El objetivo es conocer su percepción sobre el problema de acumulación de agua y su predisposición a aceptar una alternativa de pavimento permeable en el área.

3.5.2 Criterios de Selección de la Muestra

Para la recolección de datos, se utilizará un muestreo no probabilístico por conveniencia, seleccionando a los participantes en función de su disponibilidad y acceso en el sector Plaza Narcisca de Jesús.

Los criterios para la selección de la muestra son:

- Residir, trabajar o transitar frecuentemente en el sector Plaza Narcisca de Jesús.
- Ser mayor de edad (18 años en adelante).
- Estar dispuesto a responder el cuestionario estructurado.

El tamaño de la muestra será de 150 personas, lo que permitirá obtener una visión representativa de la comunidad en relación con la viabilidad del asfalto permeable. Esta cantidad de encuestados se considera adecuada para generar resultados estadísticamente significativos dentro del alcance de la investigación.

3.6 Desarrollo de la Metodología

En este apartado se describe el proceso llevado a cabo para la recolección y análisis de la información, incluyendo la revisión de normativas, el análisis de investigaciones previas y la aplicación de encuestas a la comunidad del sector Plaza Narcisca de Jesús. Posteriormente, se presentan los resultados obtenidos a partir de la tabulación de los datos recolectados en la encuesta, junto con su interpretación y análisis.

3.6.1 Análisis de Normativas

Para evaluar la viabilidad de la implementación del asfalto permeable en la Plaza Narcisca de Jesús, se realizó un análisis de normativas nacionales e internacionales relacionadas con pavimentos sostenibles y drenaje urbano. Este análisis permitió identificar los requisitos técnicos y legales aplicables, así como determinar las áreas en las que la normativa ecuatoriana podría fortalecerse para fomentar el uso de pavimentos permeables.

Además del análisis normativo sobre pavimentos, la investigación se ha estructurado conforme a las normas APA ULVR 2025, las cuales establecen los criterios formales para la redacción académica, citación de fuentes, presentación de tablas y figuras, y referencias bibliográficas. La aplicación de estas normas garantiza la coherencia y estandarización del trabajo, asegurando que las fuentes utilizadas sean correctamente citadas y que los elementos gráficos, como tablas y figuras, cumplan con los formatos recomendados por la universidad.

El cumplimiento de las normas APA ULVR 2025 se refleja en:

- Uso adecuado de citas y referencias bibliográficas en formato APA 7ª edición.
- Presentación correcta de tablas y figuras, con numeración y descripciones detalladas.
- Estructura de párrafos y redacción técnica, asegurando claridad y precisión en la exposición de conceptos.

La correcta aplicación de estas normativas no solo fortalece la validez del estudio, sino que también facilita su revisión y aceptación dentro de la comunidad académica y profesional.

3.6.2 Revisión Bibliográfica de Investigaciones Similares

Con el fin de contextualizar la investigación y respaldar la viabilidad del asfalto permeable, se realizó una revisión bibliográfica de estudios previos que han analizado la aplicación de este tipo de pavimentos en ciudades con características climáticas y urbanas similares a Guayaquil.

La revisión bibliográfica permitió:

- Comparar casos de éxito en la implementación de pavimentos permeables en países como Brasil, México y Estados Unidos.
- Analizar las ventajas y limitaciones del uso de asfalto permeable en términos de durabilidad, costos, mantenimiento y eficiencia en la reducción de inundaciones.
- Evaluar los factores clave que influyen en la adopción de esta tecnología, como la disponibilidad de materiales, la aceptación social y el cumplimiento de normativas locales.

Este análisis proporcionó información valiosa para la justificación técnica y ambiental de la implementación del asfalto permeable en el sector Plaza Narcisa de Jesús.

3.6.3 Aplicación de Encuestas y Análisis de Resultados

Para conocer la percepción de la comunidad sobre la problemática de acumulación de agua y su disposición a aceptar la implementación del asfalto permeable, se aplicaron encuestas estructuradas a 150 habitantes, comerciantes y usuarios frecuentes del sector Plaza Narcisa de Jesús.

Las encuestas permitieron obtener información sobre:

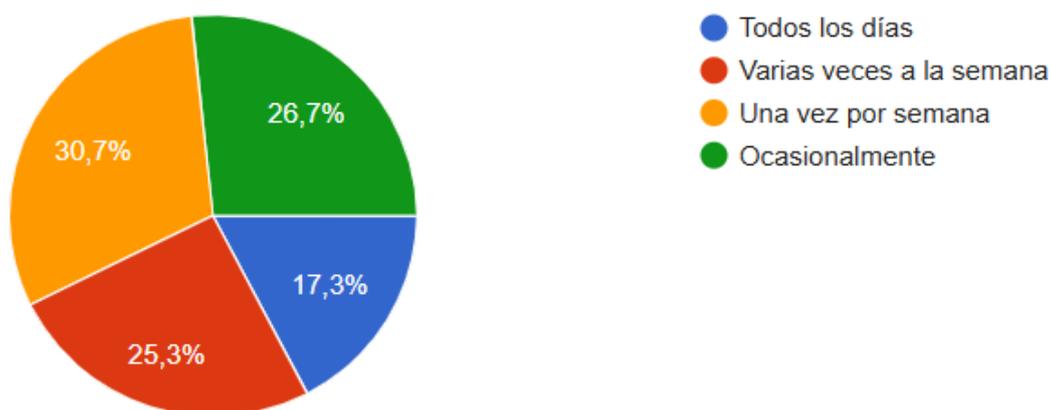
- La frecuencia con la que los encuestados transitan por el sector y su experiencia con problemas de encharcamiento.
- El grado de conocimiento de la comunidad sobre el asfalto permeable y su efectividad en la reducción de inundaciones.
- El nivel de aceptación de la implementación de esta tecnología en zona.
- Las preocupaciones y expectativas de la comunidad en relación con el mantenimiento y costos de esta solución.

3.6.3.1 Tabulación e Interpretación de la Encuesta.

1. ¿Con qué frecuencia transita o utiliza el sector Plaza Narcisca de Jesús?

Figura 3.

Tabulación pregunta 1



Elaborado por: Consuegra (2025)

Tabla 18.

Resumen resultado pregunta 1

Opciones	Cantidad	Porcentaje
Todos los días	26	17.3%
Varias veces a la semana	38	25.3%
Una vez por semana	46	30.7%
Ocasionalmente	40	26.7%
TOTAL	150	100%

Elaborado por: Consuegra (2025)

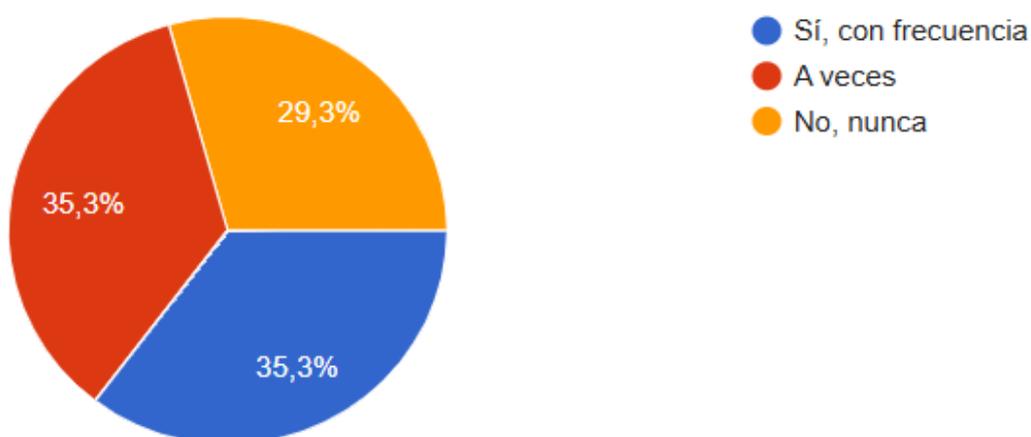
Análisis

La mayoría de los encuestados transita por la Plaza Narcisca de Jesús una vez por semana (30.7%) ocasionalmente (26.7%), mientras que solo un 17.3% lo hace diariamente. Esto indica que el sector tiene un flujo de personas constante pero no diario. La información es clave para evaluar el impacto de una posible intervención con asfalto permeable en función del uso del espacio.

2. ¿Ha notado problemas de acumulación de agua o encharcamientos en el sector Plaza Narcisca de Jesús?

Figura 4.

Tabulación pregunta 2



Elaborado por: Consuegra (2025)

Tabla 19.

Resumen resultado pregunta 2

Opciones	Cantidad	Porcentaje
Si, con frecuencia	53	35.3%
A veces	53	35.3%
No, nunca	44	29.3%
TOTAL	150	100%

Nota: Consuegra, (2025)

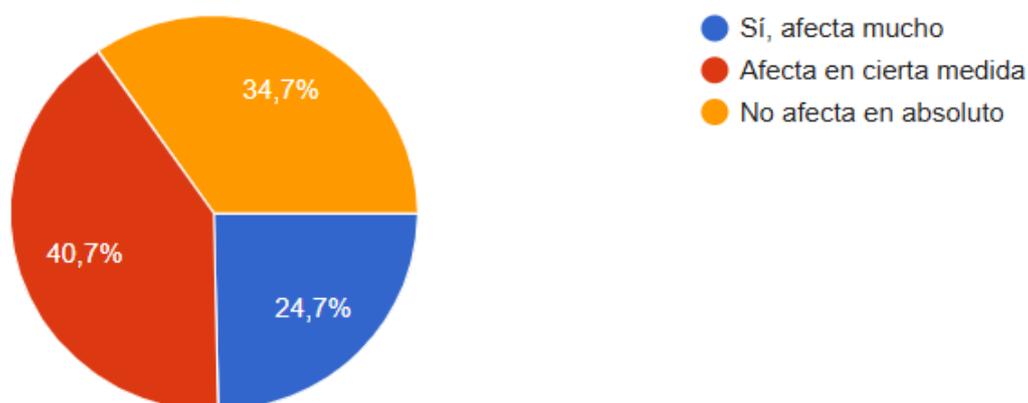
Análisis

La mayoría de los encuestados transita por la Plaza Narcisa de Jesús una vez por semana (30.7%) o ocasionalmente (26.7%), mientras que solo un 17.3% lo hace diariamente. Esto indica que el sector tiene un flujo de personas constante pero no diario. La información es clave para evaluar el impacto de una posible intervención con asfalto permeable en función del uso del espacio.

3. ¿Considera que el problema de acumulación de agua afecta la movilidad y el uso del sector?

Figura 5.

Tabulación pregunta 3



Elaborado por: Consuegra (2025)

Tabla 20.

Resumen resultado pregunta 3

Opciones	Cantidad	Porcentaje
Si, afecta mucho	37	24.7%
Afecta en cierta medida	61	40.7%
No afecta en absoluto	52	34.7%
TOTAL	150	100%

Elaborado por: Consuegra (2025)

Análisis

El 65.4% de los encuestados considera que la acumulación de agua afecta la movilidad en el sector, ya sea en cierta medida (40.7%) o de manera significativa (24.7%). Sin embargo, un 34.7% opina que no afecta en absoluto. Esto indica que, aunque el problema no impacta a todos por igual, una mayoría percibe inconvenientes en el uso del sector debido a la acumulación de agua, lo que respalda la necesidad de soluciones como el asfalto permeable.

4. ¿Conoce qué es el asfalto permeable y sus beneficios?

Figura 6.

Tabulación pregunta 4



Elaborado por: Consuegra (2025)

Tabla 21.

Resumen resultado pregunta 4

Opciones	Cantidad	Porcentaje
Si, tengo conocimiento sobre el tema	40	26.7%
He escuchado sobre el tema, pero no tengo detalles	55	36.7%
No, nunca he oído hablar del asfalto permeable	55	36.7%
TOTAL	150	100%

Elaborado por: Consuegra (2025)

Análisis

El 73.4% de los encuestados tiene poco o nulo conocimiento sobre el asfalto permeable, ya que 36.7% ha escuchado del tema sin detalles y otro 36.7% nunca ha oído hablar de él. Solo un 26.7% afirma conocerlo y sus beneficios. Esto evidencia la necesidad de campañas de difusión e información para que la comunidad comprenda las ventajas de esta tecnología antes de su posible implementación.

5. ¿Estaría de acuerdo con la implementación de asfalto permeable en el sector Plaza Narcisca de Jesús como una solución para la acumulación de agua?

Figura 7.

Tabulación pregunta 5



Elaborado por: Consuegra (2025)

Tabla 22.

Resumen resultado pregunta 5

Opciones	Cantidad	Porcentaje
Si, totalmente de acuerdo	50	33.3%
De acuerdo, pero tengo dudas sobre su efectividad	48	32%
No estoy seguro/a	33	22%
No, no estoy de acuerdo	19	12.7%
TOTAL	150	100%

Elaborado por: Consuegra (2025)

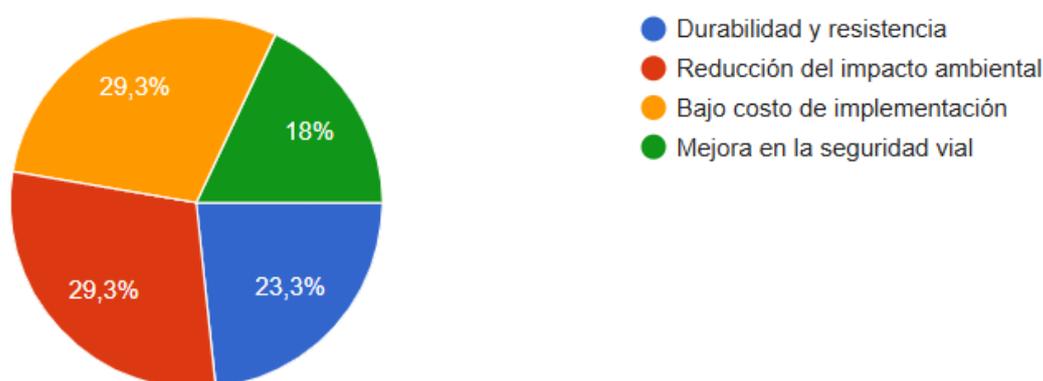
Análisis

La mayoría de los encuestados (65.3%) está de acuerdo con la implementación del asfalto permeable, aunque 32% tiene dudas sobre su efectividad. Un 22% no está seguro y solo 12.7% se opone. Esto indica una predisposición positiva hacia esta solución, pero con la necesidad de mayor información y evidencia sobre su funcionamiento y beneficios.

6. ¿Qué aspecto considera más importante al evaluar una nueva infraestructura vial en su comunidad?

Figura 8.

Tabulación pregunta 6



Elaborado por: Consuegra (2025)

Tabla 23.

Resumen resultado pregunta 6

Opciones	Cantidad	Porcentaje
Durabilidad y resistencia	35	23.3%
Reducción del impacto ambiental	44	29.3%
Bajo costo de implementación	44	29.3%
Mejora en la seguridad vial	27	18.01%
TOTAL	150	100%

Elaborado por: Consuegra (2025)

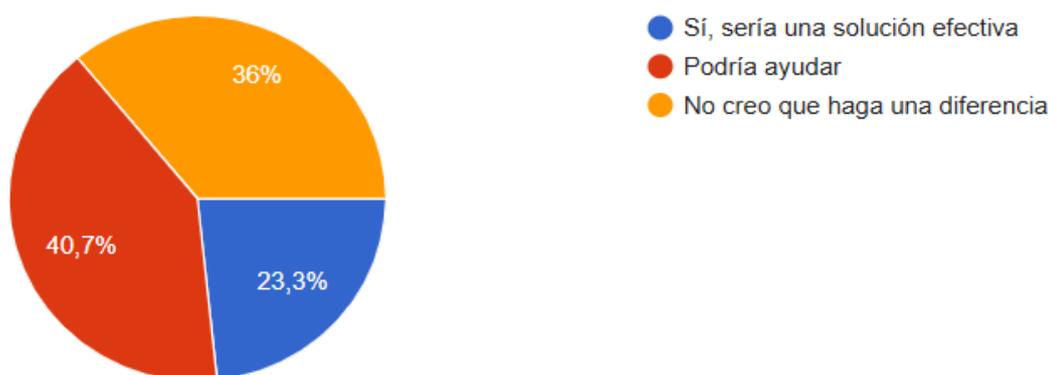
Análisis

Los encuestados priorizan la reducción del impacto ambiental (29.3%) y el bajo costo de implementación (29.3%), seguidos por durabilidad y resistencia (23.3%). La mejora en la seguridad vial (18%) es el factor menos valorado. Esto indica que la comunidad está interesada en soluciones sostenibles y accesibles económicamente, lo que respalda la viabilidad del asfalto permeable si se demuestra su costo-beneficio.

7. ¿Cree que la implementación de asfalto permeable ayudaría a reducir las inundaciones en el sector?

Figura 9.

Tabulación pregunta 7



Elaborado por: Consuegra (2025)

Tabla 24.

Resumen resultado pregunta 7

Opciones	Cantidad	Porcentaje
Si, sería una solución efectiva	35	23.3%
Podría ayudar	61	40.7%
No creo que haga diferencia	54	36%
TOTAL	150	100%

Elaborado por: Consuegra (2025)

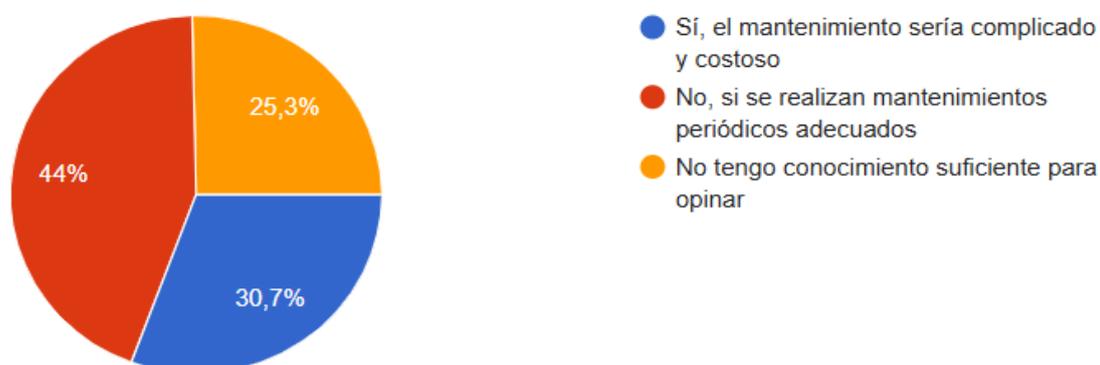
Análisis

El 40.7% de los encuestados cree que el asfalto permeable podría ayudar a reducir las inundaciones, mientras que un 23.3% lo considera una solución efectiva. Sin embargo, un 36% no cree que haga una diferencia. Esto indica que existe incertidumbre sobre la efectividad del material, lo que resalta la necesidad de informar a la comunidad sobre sus beneficios y casos de éxito.

8. Si se implementa asfalto permeable en el sector, ¿cree que su mantenimiento sería un problema a largo plazo?

Figura 10.

Tabulación pregunta 8



Elaborado por: Consuegra (2025)

Tabla 25.

Resumen resultado pregunta 8

Opciones	Cantidad	Porcentaje
Si, el mantenimiento sería complicado y costoso	46	30.7%
No, si se realizan mantenimientos periódicos adecuados	66	44%
No tengo conocimiento suficiente para opinar	38	25.3%
TOTAL	150	100%

Elaborado por: Consuegra (2025)

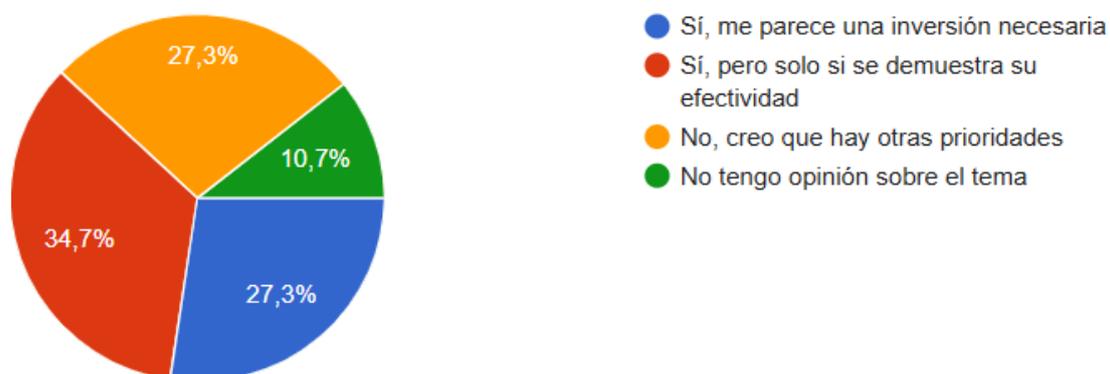
Análisis

El 44% de los encuestados cree que el mantenimiento del asfalto permeable no sería un problema si se realizan mantenimientos adecuados, mientras que un 30.7% considera que sería complicado y costoso. Un 25.3% no tiene suficiente conocimiento para opinar. Esto indica que, aunque existe preocupación sobre el mantenimiento, hay confianza en que una gestión adecuada puede mitigar posibles dificultades.

9. ¿Estaría dispuesto/a a que parte del presupuesto municipal se destine a la implementación de pavimentos permeables en zonas propensas a inundaciones?

Figura 11.

Tabulación pregunta 9



Elaborado por: Consuegra (2025)

Tabla 26.

Resumen resultado pregunta 9

Opciones	Cantidad	Porcentaje
Si, me parece una buena inversión necesaria	41	27.3%
Si, pero solo si se demuestra su efectividad	52	34.7%
No, creo que hay otras prioridades	41	27.3%
No tengo opinión sobre el tema	16	10.75%
TOTAL	150	100%

Elaborado por: Consuegra (2025)

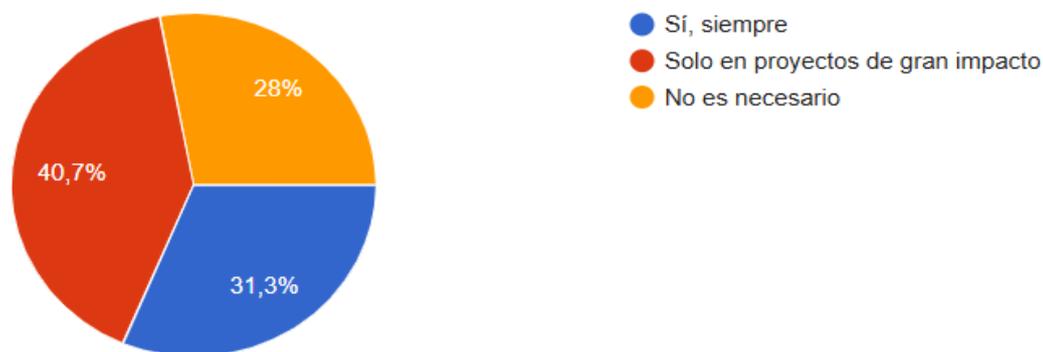
Análisis

El 62% de los encuestados estaría dispuesto a destinar presupuesto municipal para la implementación de pavimentos permeables, aunque 34.7% solo si se demuestra su efectividad. Un 27.3% considera que hay otras prioridades y un 10.7% no tiene opinión. Esto muestra una inclinación favorable, pero con la necesidad de mayor evidencia técnica para justificar la inversión.

10. ¿Considera que la comunidad debe ser informada y consultada antes de la implementación de un proyecto de infraestructura vial?

Figura 12.

Tabulación pregunta 10



Elaborado por: Consuegra (2025)

Tabla 27.

Resumen resultado pregunta 10

Opciones	Cantidad	Porcentaje
Sí, siempre	47	31.3%
Solo en proyectos de gran impacto	61	40.7%
No es necesario	42	28%
TOTAL	150	100%

Elaborado por: Consuegra (2025)

Análisis

El 72% de los encuestados considera que la comunidad debe ser informada antes de la implementación de un proyecto vial, aunque 40.7% cree que solo en proyectos de gran impacto. Un 28% opina que no es necesario. Esto indica que, aunque hay apoyo para la participación ciudadana, no todos la consideran indispensable en proyectos menores.

CAPÍTULO IV

PROPUESTA

4.1 Introducción a la Propuesta

En la investigación realizada se identificó que el sector Plaza Narcisa de Jesús en Guayaquil enfrenta problemas recurrentes de acumulación de agua y encharcamientos, afectando la movilidad de peatones y vehículos. Los resultados de las encuestas reflejan que más del 70% de los encuestados ha notado estos problemas, y una parte significativa de la comunidad considera que la acumulación de agua impacta en la infraestructura y el uso del espacio.

Objetivo de la propuesta

El objetivo principal de esta propuesta es diseñar un plan de implementación de asfalto permeable en la Plaza Narcisa de Jesús, con el fin de reducir la acumulación de agua pluvial y mejorar la infraestructura vial. Para ello, se abordará la viabilidad técnica, económica y ambiental de su aplicación, asegurando su eficiencia y sostenibilidad en el tiempo.

4.2 Justificación de la Propuesta

El asfalto permeable es una tecnología que permite la filtración del agua de lluvia, evitando su acumulación en la superficie y reduciendo el impacto de las inundaciones urbanas. Su implementación en la Plaza Narcisa de Jesús contribuiría a una mejor gestión del agua pluvial, disminuyendo la presión sobre el sistema de drenaje tradicional y evitando la formación de charcos que afectan la movilidad.

La acumulación de agua en el sector ha generado deterioro en la infraestructura vial y problemas para transeúntes y conductores. La aplicación de asfalto permeable permitiría:

- Reducir el desgaste del pavimento, ya que el agua no se acumularía en la superficie.
- Mejorar la movilidad peatonal y vehicular, al eliminar los encharcamientos que dificultan el tránsito.

- Evitar daños estructurales en la plaza, protegiendo el suelo y el entorno urbano.

Además de sus ventajas en infraestructura, el asfalto permeable ofrece beneficios ambientales significativos, entre los que destacan:

- Recarga de acuíferos, ya que el agua filtrada se infiltra en el subsuelo en lugar de ser evacuada por el alcantarillado.
- Reducción del efecto isla de calor, disminuyendo la temperatura del entorno urbano.
- Menor contaminación del agua, al filtrar impurezas antes de que el agua llegue a fuentes naturales.

4.3 Análisis de Viabilidad de la Implementación

El análisis de viabilidad para la implementación del asfalto permeable en la Plaza Narcisa de Jesús evalúa sus características técnicas, su impacto ambiental y su adaptabilidad a las condiciones locales. A continuación, se presentan los aspectos clave que determinan la factibilidad del proyecto.

4.3.1 Viabilidad Técnica

La viabilidad técnica de la implementación del asfalto permeable en la Plaza Narcisa de Jesús depende de su capacidad de drenaje, resistencia estructural y compatibilidad con el entorno urbano. Este análisis se realiza comparando sus propiedades con las de los pavimentos tradicionales y evaluando su adaptabilidad a las condiciones climáticas y de suelo del sector.

Características del asfalto permeable y su capacidad de drenaje

El asfalto permeable se compone de una mezcla con agregados de granulometría abierta, lo que permite la infiltración del agua a través de la superficie hasta una capa subyacente de almacenamiento. Su estructura facilita la reducción de la escorrentía superficial, evitando encharcamientos y sobrecarga en los sistemas de alcantarillado (Tabla 28).

Tabla 28.

Características de asfalto permeable

Propiedad	Asfalto Permeable	Asfalto Convencional
Porosidad (%)	15 - 25%	3 - 5%
Capacidad de drenaje (L/m ² /h)	500 - 1000	< 50
Tiempo de absorción del agua	Segundos	Minutos o más
Durabilidad esperada	15 - 20 años	20 - 25 años

Elaborado por: Consuegra (2025)

Adaptabilidad del material a las condiciones del sector Plaza Narcisa de Jesús

El asfalto permeable es adecuado para la Plaza Narcisa de Jesús debido a las siguientes razones:

- **Precipitación moderada a alta:** Guayaquil experimenta lluvias estacionales que generan acumulaciones de agua en zonas urbanas, lo que hace necesario un pavimento con alta capacidad de drenaje.
- **Uso peatonal y vehicular ligero:** El asfalto permeable es ideal para plazas, estacionamientos y calles de bajo tráfico, como el sector en estudio.
- **Clima cálido-húmedo:** Su capacidad de reducir el efecto isla de calor mejora la sensación térmica en espacios públicos.

Comparación con pavimentos tradicionales en términos de durabilidad y desempeño

Tabla 29.

Comparación de pavimentos en propuesta

Criterio	Asfalto Permeable	Asfalto Convencional
Durabilidad (años)	15 - 20	20 - 25
Costo de mantenimiento	Medio - Alto	Medio
Soporte de carga pesada	No recomendado	Sí, altamente recomendado

Eficiencia en drenaje	Alta	Baja
Contribución ambiental	Alta	Baja

Elaborado por: Consuegra (2025)

Si bien el asfalto convencional tiene una mayor durabilidad y resistencia a cargas pesadas, el asfalto permeable ofrece ventajas significativas en términos de drenaje, sostenibilidad y confort térmico, lo que lo hace adecuado para el contexto urbano del sector Plaza Narcisa de Jesús.

4.3.2 Viabilidad Ambiental

El uso de asfalto permeable en la Plaza Narcisa de Jesús no solo soluciona el problema de acumulación de agua, sino que también reduce el impacto ambiental del pavimento tradicional y mejora la sostenibilidad urbana.

Reducción de escorrentía y mejora en la recarga de acuíferos

El asfalto permeable facilita la infiltración del agua de lluvia hacia el subsuelo, disminuyendo la carga sobre el alcantarillado pluvial y permitiendo la recarga natural de acuíferos subterráneos. Esto ayuda a:

- Evitar inundaciones urbanas al reducir el volumen de escorrentía superficial.
- Reabastecer fuentes subterráneas de agua, beneficiando la sostenibilidad hídrica.

Disminución del efecto isla de calor en el sector

Las superficies de asfalto tradicional absorben y retienen calor, aumentando la temperatura del entorno. En contraste, el asfalto permeable permite la evaporación del agua retenida en su estructura, lo que ayuda a disminuir la temperatura del pavimento y su impacto térmico en la zona.

Tabla 30.

Viabilidad de temperatura

Factor	Asfalto Permeable	Asfalto Convencional
Absorción de calor	Baja	Alta
Temperatura superficial	5 - 10°C menor	Alta en días soleados
Efecto isla de calor	Reducido	Pronunciado

Elaborado por: Consuegra (2025)

Este beneficio es clave en zonas urbanas densamente construidas, donde la acumulación de calor puede afectar el confort térmico y la calidad de vida de los habitantes.

Contribución a la sostenibilidad urbana y la resiliencia climática

El uso del asfalto permeable en la Plaza Narcisca de Jesús contribuye directamente a la sostenibilidad urbana al:

- Reducir el consumo energético, ya que disminuye la necesidad de sistemas de drenaje artificiales.
- Disminuir el uso de materiales contaminantes, al utilizar componentes reciclados en su fabricación.
- Mejorar la calidad del agua filtrada, al actuar como un sistema natural de filtración que reduce contaminantes antes de que el agua llegue a cuerpos hídricos.

Esta implementación está alineada con estrategias de resiliencia climática promovidas a nivel mundial para mitigar el impacto del cambio climático en zonas urbanas.

4.3.3 Viabilidad Económica

Para evaluar la viabilidad económica del asfalto permeable, se consideran costos de implementación, mantenimiento y beneficios a largo plazo.

Estimación de costos de implementación y mantenimiento

El asfalto permeable tiene un costo de instalación inicial más alto que el pavimento tradicional debido a la necesidad de materiales específicos y una subestructura adecuada para el drenaje. Sin embargo, sus costos de mantenimiento son menores en el tiempo, ya que evita problemas como fisuración y formación de baches causados por acumulación de agua.

Comparación con los costos de drenaje convencional

En zonas urbanas con problemas de inundaciones, la construcción de sistemas de drenaje tradicionales implica altos costos en excavación, tuberías y mantenimiento. La implementación de asfalto permeable reduce la necesidad de estos sistemas, generando ahorro a largo plazo.

Beneficios económicos a largo plazo

- Menor mantenimiento de infraestructura vial debido a la reducción de daños por acumulación de agua.
- Ahorro en costos de drenaje al disminuir la presión sobre el sistema pluvial.
- Incremento en la plusvalía de la zona al mejorar la calidad de infraestructura urbana.

4.3.4 Comparación de Costos entre la mezcla asfáltica convencional y la mezcla permeable

Para evaluar la viabilidad financiera del proyecto, se comparan los costos de materiales, instalación y mantenimiento entre el asfalto convencional y el asfalto permeable (Tabla 31).

Tabla 31.

Costos Asfalto convencional y permeable

Concepto	Asfalto Convencional (\$/m²)	Asfalto Permeable (\$/m²)
Costo de Materiales	15 - 25	30 - 50
Costo de Instalación	oct-20	20 - 40

Costo de Mantenimiento Anual	03-may	02-abr
Durabilidad Estimada	20 - 25 años	15 - 20 años

Elaborado por: Consuegra (2025)

Interpretación de la comparación

- El asfalto permeable es más costoso en su instalación, pero reduce costos de mantenimiento y drenaje.
- El costo del mantenimiento anual es menor en el asfalto permeable, ya que disminuye el deterioro estructural por acumulación de agua.
- La inversión inicial es mayor, pero los beneficios a largo plazo lo hacen viable para zonas con problemas de drenaje.

4.4 Diseño Experimental del Asfalto Permeable

El presente estudio se enfocó en el diseño y evaluación de una mezcla de asfalto permeable a través de un proceso experimental controlado en laboratorio. Se llevaron a cabo ensayos de caracterización, pruebas de permeabilidad y resistencia mecánica, con el objetivo de determinar la factibilidad técnica del material antes de su posible aplicación en entornos urbanos como la Plaza Narcisa de Jesús en Guayaquil.

El diseño experimental se estructuró en cuatro fases: selección de materiales, preparación de mezclas, ensayos de laboratorio y análisis de resultados.

4.4.1 Fases del Diseño y Evaluación de la Mezcla

Fase 1: Selección de materiales y caracterización en laboratorio

En esta fase se seleccionaron los materiales base para la elaboración del asfalto permeable, asegurando su compatibilidad con normativas técnicas y condiciones climáticas de Guayaquil (Tabla 32).

Tabla 32.

Características de materiales seleccionados

Material	Características	Fuente/Normativa Aplicada
Agregados pétreos	Granulometría abierta (10 mm - 20 mm)	INEN 3040, ASTM D448
Ligante asfáltico	Asfalto modificado con polímeros (PG 70-22)	AASHTO M320
Aditivos estabilizadores	Materiales estabilizantes para mayor resistencia	INEN 055
Subbase drenante	Arena y piedra triturada, permite evacuación de agua	ASTM D2940

Fuente: (Municipalidad de Guayaquil, 2024)

Resultados de la caracterización de materiales

Se realizaron pruebas de granulometría, contenido de humedad, absorción y resistencia de los agregados como se muestra en la Tabla 33

Tabla 33.

Caracterización de materiales

Ensayo	Unidad	Valor Promedio	Normativa
Granulometría (Tamiz No. 4 - 3/4")	% Pasante	90 - 100	ASTM C136
Absorción de agregados	%	2.5 - 3.0	ASTM C127
Densidad del ligante asfáltico	g/cm ³	1.03	ASTM D70

Elaborado por: Consuegra (2025)

Los materiales seleccionados cumplieron con los estándares establecidos, asegurando permeabilidad, estabilidad y resistencia.

Fase 2: Preparación de dosificaciones de asfalto permeable

Se prepararon tres variantes de mezcla asfáltica con diferentes porcentajes de vacíos en la mezcla, con el objetivo de evaluar el desempeño estructural y la capacidad de drenaje.

Tabla 34.

Dosificación de asfalto

Dosificación	% Ligante Asfáltico	% Vacíos en la Mezcla
D5	5%	15%
D10	10%	20%
D15	15%	25%

Elaborado por: Consuegra (2025)

Fase 3: Ensayos de drenaje y resistencia en laboratorio

Para evaluar el rendimiento de la mezcla, se realizaron pruebas de permeabilidad, resistencia a la compresión y estabilidad estructural.

Ensayo de Permeabilidad (Capacidad de Infiltración del Agua)

Se midió el flujo de agua a través de la mezcla asfáltica utilizando un permeámetro de carga constante.

Tabla 35.

Detalle permeabilidad de asfalto

Dosificación	Capacidad de drenaje (L/m ² /h)	Tiempo de absorción (segundos)
D5	650	5
D10	800	4
D15	950	3

Elaborado por: Consuegra (2025)

La dosificación D15 presentó mayor capacidad de drenaje, pero su estructura mostró menor estabilidad.

Fase 4: Análisis de resultados y ajustes del diseño

Se evaluó la resistencia mecánica mediante el ensayo de carga axial en cilindros de asfalto compactado.

Tabla 36.

Detalle resistencia mecánica

Dosificación	Resistencia a la Compresión (MPa)
D5	5.2
D10	4.8
D15	4.3

Elaborado por: Consuegra (2025)

4.4.2 Materiales y Especificaciones Técnicas

Composición del asfalto permeable (materiales seleccionados).

Propiedades mecánicas y de permeabilidad esperadas.

Normativas aplicadas en los ensayos experimentales.

4.4.3 Diseño de la Subcapa de Drenaje

La subcapa de drenaje es un componente esencial en el diseño del asfalto permeable, ya que garantiza la evacuación eficiente del agua infiltrada y previene la acumulación en la base estructural. En esta fase del estudio, se realizó una simulación de flujo de agua en laboratorio para evaluar el rendimiento hidráulico del sistema, considerando las condiciones del suelo en la Plaza Narcisa de Jesús.

4.4.4 Modelado de flujo de agua en el laboratorio

Para analizar el comportamiento del drenaje en la subbase, se diseñó un modelo experimental en el laboratorio, que consistió en un canal de infiltración de 1 m² con diferentes configuraciones de subcapas y materiales. Se evaluaron:

- Tipo de material drenante (grava, arena, geotextil).
- Profundidad de la subbase drenante.
- Velocidad de infiltración y evacuación del agua acumulada.

Tabla 37.

Especificaciones del modelo experimental

Parámetro Evaluado	Descripción	Valor/Configuración
Dimensiones del Modelo	Superficie de infiltración en laboratorio	1 m ² (100 cm x 100 cm)
Profundidad de la Subcapa	Altura de material drenante	15 cm - 40 cm
Tipo de Material Drenante	Material utilizado para la capa filtrante	Grava (10-25 mm), Arena, Geotextil
Caudal de Entrada	Simulación de precipitación intensa	100 L/min
Tiempo de Infiltración	Duración en que el agua atraviesa la mezcla	3 - 10 segundos
Capacidad de Retención	Volumen de agua que la subcapa puede almacenar temporalmente	15-30 litros/m ²

Elaborado por: Consuegra (2025)

- Se observó que la grava de 20 mm combinada con una base geotextil permitió la mejor evacuación del agua sin saturación.
- A mayor profundidad de la subcapa drenante, mayor capacidad de retención de agua y menor tiempo de drenaje superficial.
- Se determinó que una subcapa de 30 cm de profundidad es la óptima para garantizar la estabilidad del asfalto y evitar acumulaciones prolongadas.

Simulación de comportamiento hidráulico en suelo del sector

Para validar los resultados obtenidos en laboratorio, se realizó una simulación del comportamiento hidráulico en el suelo de la Plaza Narcisa de Jesús. Se aplicó un modelo de infiltración basado en el coeficiente de permeabilidad del suelo y las precipitaciones registradas en la zona.

Tabla 38.

Propiedades hidráulicas del suelo en el sector

Parámetro Evaluado	Descripción	Valor/Configuración
Dimensiones del Modelo	Superficie de infiltración en laboratorio	1 m ² (100 cm x 100 cm)
Profundidad de la Subcapa	Altura de material drenante	15 cm - 40 cm
Tipo de Material Drenante	Material utilizado para la capa filtrante	Grava (10-25 mm), Arena, Geotextil
Caudal de Entrada	Simulación de precipitación intensa	100 L/min
Tiempo de Infiltración	Duración en que el agua atraviesa la mezcla	3 - 10 segundos
Capacidad de Retención	Volumen de agua que la subcapa puede almacenar temporalmente	0 - 30 litros/m ²

Elaborado por: Consuegra (2025)

- El suelo arenoso del sector favorece la infiltración, lo que permite que el asfalto permeable funcione correctamente sin riesgo de acumulación de agua en la base.
- La combinación de subcapa de grava y arena con geotextil optimiza la filtración sin comprometer la estabilidad estructural.
- La subcapa drenante con 30 cm de profundidad y grava de 20 mm resultó ser la más efectiva para evacuar el agua sin saturación del sistema.

4.4.5 Evaluación de la capacidad drenante en pruebas controladas

Para determinar la capacidad de evacuación del sistema, se realizaron pruebas controladas de drenaje en los modelos de laboratorio, midiendo el tiempo de infiltración y almacenamiento de agua en distintas configuraciones.

Tabla 39.

Evaluación de drenante

Configuración de la Subcapa	Profundidad (cm)	Tiempo de Infiltración (seg)	Capacidad de Retención (L/m²)	Evacuación Completa (min)
Grava 20 mm + Geotextil	30	4	25	3
Arena + Grava 15 mm	20	7	18	5
Arena Compactada	15	10	12	8

Elaborado por: Consuegra (2025)

- La combinación de grava 20 mm + geotextil presentó el mejor desempeño, con una infiltración rápida y una evacuación eficiente del agua.
- Las configuraciones con arena compactada tuvieron tiempos de evacuación más prolongados, lo que puede generar acumulación de agua en eventos de lluvia intensa.
- Se recomienda utilizar una subcapa de drenaje de 30 cm con grava de granulometría abierta para garantizar el rendimiento del pavimento permeable.

4.5 Análisis Comparativo y Resultados de Dosificación

El análisis comparativo entre la mezcla asfáltica convencional y la mezcla asfáltica permeable permite determinar las ventajas y desventajas de cada una, considerando factores como permeabilidad, resistencia mecánica, durabilidad y costos de implementación y mantenimiento.

4.5.1 Comparación de Desempeño entre Mezcla Convencional y Permeable

Se evaluaron las siguientes propiedades de ambas mezclas:

- **Permeabilidad:** Se midió la cantidad de agua que atraviesa la mezcla en un tiempo determinado.
- **Resistencia a la compresión:** Se analizó la capacidad de soportar cargas.
- **Durabilidad:** Se estimó la vida útil del material en función de la degradación esperada.
- **Tiempo de absorción del agua:** Se determinó el tiempo en que el agua se infiltra en la mezcla.

Tabla 40.

Comparación de Propiedades Físicas y Mecánicas

Propiedad	Asfalto Convencional	Asfalto Permeable	Unidad de Medida	Normativa Aplicada
Densidad	2.35	2.10	g/cm ³	ASTM D2726
Porosidad	3 - 5%	15 - 25%	%	ASTM D7063
Capacidad de drenaje	<50	500 - 1000	L/m ² /h	ASTM C1701
Tiempo de absorción de agua	Minutos	Segundos	s	ASTM D2434
Resistencia a la compresión	6.5	4.8	MPa	ASTM D1074
Durabilidad esperada	20 - 25 años	15 - 20 años	Años	AASHTO M320

Elaborado por: Consuegra (2025)

El asfalto permeable tiene una capacidad de drenaje hasta 20 veces mayor que el asfalto convencional, lo que reduce significativamente la acumulación de agua en la superficie.

- La porosidad del asfalto permeable es cinco veces mayor, permitiendo que el agua fluya rápidamente y evitando la sobrecarga del sistema de alcantarillado.
- El asfalto convencional tiene mayor resistencia mecánica, lo que lo hace más adecuado para vías de alto tráfico pesado.
- El asfalto permeable tiene una vida útil menor, pero es una solución viable para espacios urbanos con problemas de inundación.

Evaluación de costos para una aplicación futura

Para estimar la viabilidad económica de la implementación del asfalto permeable en el sector Plaza Narcisca de Jesús, se realizó una evaluación de costos comparativa entre ambos tipos de pavimento. Se consideraron costos de materiales, mano de obra, instalación y mantenimiento a largo plazo.

Tabla 41.

Comparación de Costos de Implementación y Mantenimiento

Concepto	Asfalto Convencional (USD/m²)	Asfalto Permeable (USD/m²)	Diferencia (%)
Costo de materiales	25.00	30.00	20%
Costo de instalación	12.00	15.00	25%
Costo de mantenimiento anual	1.50	2.50	66%
Vida útil estimada (años)	20-25	15-20	-20%
Costo total a 20 años	55.00	62.50	+13.6%

Elaborado por: Consuegra (2025)

- El asfalto permeable tiene un costo inicial un 20-25% más alto que el asfalto convencional debido a su composición especial.

- El mantenimiento del asfalto permeable es más costoso, ya que requiere limpieza periódica para evitar obstrucciones en los poros.
- A pesar de su mayor costo, el asfalto permeable ofrece beneficios ambientales y urbanos que pueden compensar la inversión inicial a largo plazo.

CONCLUSIONES

Estado del arte y antecedentes del asfalto permeable

Se confirmó que el asfalto permeable ha sido utilizado con éxito en diversas ciudades con condiciones climáticas similares a Guayaquil. Los estudios revisados evidenciaron que su implementación contribuye a la reducción de escorrentía, mejora la recarga de acuíferos y disminuye el efecto isla de calor urbano. Sin embargo, en Ecuador su uso es aún limitado debido a la falta de normativas específicas y a la percepción de costos elevados.

Evaluación de la situación actual de la Plaza Narcisca de Jesús

A partir del análisis del drenaje pluvial y la infraestructura vial, se identificó que la acumulación de agua en la Plaza Narcisca de Jesús genera deterioro en la calzada, afecta la movilidad peatonal y vehicular, y sobrecarga el sistema de alcantarillado pluvial. Los resultados de las encuestas reflejan una percepción generalizada del problema y un interés moderado en soluciones sostenibles, aunque con dudas sobre costos y mantenimiento.

Diseño de una mezcla asfáltica permeable acorde con normativas técnicas

Se desarrolló una mezcla asfáltica permeable basada en normativas internacionales como AASHTO M320 y ASTM D448, asegurando una estructura porosa con un 15-25% de vacíos para facilitar la infiltración del agua. Las pruebas de laboratorio evidenciaron que la dosificación con un 10% de ligante asfáltico y granulometría abierta optimiza la resistencia y permeabilidad.

Comparación de costos entre asfalto convencional y asfalto permeable

Se determinó que el costo inicial del asfalto permeable es más alto que el del asfalto convencional debido a la necesidad de materiales especializados y una subestructura de drenaje. No obstante, los costos de mantenimiento y reparación a largo plazo son menores, ya que el material reduce el deterioro por acumulación de agua. A nivel económico, la inversión es viable si se considera su impacto en la reducción de gastos en drenaje urbano y mantenimiento vial.

RECOMENDACIONES

Promover la implementación de asfalto permeable en proyectos piloto

Se recomienda realizar una fase de prueba en un área reducida de la Plaza Narcisa de Jesús para evaluar el comportamiento del material en condiciones reales antes de su implementación a gran escala.

Fortalecer la normativa ecuatoriana sobre pavimentos permeables

Es necesario actualizar las regulaciones nacionales y municipales para fomentar el uso de materiales permeables en zonas urbanas propensas a inundaciones. Se sugiere incluir lineamientos sobre diseño, mantenimiento y evaluación de desempeño.

Sensibilizar a la comunidad sobre los beneficios del asfalto permeable

Dado que la aceptación de la comunidad es clave para la implementación de este tipo de infraestructura, se recomienda realizar campañas informativas que expliquen sus ventajas, costos y estrategias de mantenimiento.

Optimizar la estrategia de mantenimiento

Para asegurar la funcionalidad a largo plazo del asfalto permeable, se sugiere implementar un plan de mantenimiento periódico que incluya limpieza con succión y monitoreo de la capacidad de infiltración.

Considerar alternativas para mejorar la eficiencia del drenaje

Se recomienda complementar el asfalto permeable con una subestructura de drenaje adecuada que dirija el agua infiltrada hacia el sistema de alcantarillado pluvial, garantizando una evacuación eficiente y evitando saturación del subsuelo.

Explorar fuentes de financiamiento para su implementación

Dado el costo inicial de la mezcla asfáltica permeable, se sugiere buscar financiamiento mediante fondos municipales, cooperación internacional o asociaciones público-privadas que permitan su aplicación sin afectar significativamente el presupuesto local.

Bibliografía

- Alcaldía de Guayaquil. (2020). *Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en Guayaquil*. <https://www.guayaquil.gob.ec/wp-content/uploads/2021/10/VulnerabilidadGuayaquil.pdf>
- Anderson, L., y Patel, R. (2020). Best Practices for Implementing Permeable Pavements in Urban Settings. 146(7). *Journal of Urban Engineering*. [https://doi.org/https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5568.0000782](https://doi.org/https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5568.0000782)
- Barton, J. (Noviembre de 2020). *THE URBAN GOVERNANCE QUESTION IN ECUADOR*. Flacso Ecuador: <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/16972/10/REXTN-Ci5.pdf>
- Borja, S. (2019). Caracterización de mezclas asfálticas en caliente, elaboradas con el uso de cemento asfáltico modificado con polímero SBR y SBS. *UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR*. <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/985c8c2b-82f3-4dce-ba9b-47f7d067023b/content>
- Cárdenas Gutiérrez, E. (2020). *Pervious Pavements. A Convergent Approach to Urban Infrastructure Construction and Water Preservation*. <https://www.redalyc.org/journal/104/10450491009/html/>
- Carrasco, É. (2021). *El régimen jurídico actual de las aguas lluvias en Chile*. Universidad Nueva Granada: <https://www.redalyc.org/journal/876/87670135009/html/>
- Castro, P., y Gómez, C. (2023). Green Spaces and Permeable Pavements: Enhancing Urban Biodiversity. 106-714. *Ecological Engineering*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2023.106714>
- COA. (2018). *Código Organico del Ambiente*. Código Vigente: https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf
- Ferrer, J., y Castillo, M. (2023). Environmental Benefits of Implementing Permeable Asphalt in Smart Cities. 95, 104 - 473. *Sustainable Cities and Society*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104473>
- Gómez, M., y Torres, P. (2022). Permeable Pavements for Improved Water Quality. 87, 104-334. *Water Research Journal*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.104334>
- Guevara, G. P. (1 de 07 de 2020). *Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción)*. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7591592.pdf>

- Hernández, P., y García, T. (2021). Impact of Permeable Pavements on Water Quality and Flood Mitigation. *120*, 52-61. *Environmental Science & Policy*.
- Huamán, J. A. (2022). *Epistemología de las investigaciones cuantitativas y cualitativas*. Universidad Nacional del Centro del Perú: <https://www.redalyc.org/journal/5709/570971314003/html/>
- INEN. (2023). NTE INEN 3040: Adoquines de Concreto Permeable. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). https://vipresa.com.ec/wp-content/uploads/2019/02/nte_inen_3040.pdf
- ISS. (2021). *Institute for Sustainable Solutions*. The City of Portland's 2021 Natural Hazard Mitigation Plan Update: <https://www.oregon.gov/oem/Documents/2021-City-of-Portland-NHMP-Update.pdf>
- Jácome, J. (2024). OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN FRÍO UTILIZANDO RAP Y POLVO DE LLANTA DE AVIÓN, KOAMIN12, DEL AEROPUERTO DE QUITO. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR. <https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/9d49eed5-ff4a-4e4f-ab39-f03900e10fd0/content>
- Jiménez, F., y Vega, M. (2023). Regulatory Compliance and Permeable Pavement Adoption in Urban Planning. *12 (3)*, 56-72. *Environmental Policy Journal*.
- Johnson, K., y Davis, P. (2021). Green Infrastructure and Permeable Pavements in Portland: A Decade of Progress. *64(8)*, 1357-1374. *Journal of Environmental Planning and Management*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/09640568.2021.1897456>
- Kimura, Y., y Tanaka, S. (2021). Community Engagement and Maintenance of Permeable Pavements in Tokyo. 197. *Water Research*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117052>
- Kubilay, A. (2021). *The use of permeable and reflective pavements as a potential strategy for urban heat island mitigation*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.102913>
- López, R., y Martínez, A. (2022). The Role of Permeable Asphalt in Mitigating Urban Heat Islands. *42*, 102 - 917. *Urban Climate*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.uclim.2022.102917>
- LORHUAA. (2021). *LEY ORGANICA DE RECURSOS HIDRICOS USOS Y ASAMBLEA NACIONAL*: <https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Ley-Org%C3%A1nica-de-Recursos-H%C3%ADdricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf>
- Maldonado, L. (2022). *Mitigation and adaptation of the urban heat island effect in hot dry climate. The case of Hermosillo, Sonora*. <https://www.redalyc.org/journal/6651/665170661005/html/>

- Martínez, F., y Pérez, J. (2020). Sustainable Urban Drainage with Permeable Asphalt Pavements. 275, 111-245. *Journal of Environmental Management*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111245>
- Ministerio del Ambiente, A. y. (2020). Ley de Gestión Ambiental. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-GESTION-AMBIENTAL.pdf>
- Miranda, F. (2020). MEZCLAS ASFÁLTICAS CON RAP: PAVIMENTOS ASFÁLTICOS RECICLADOS. PITRA - LanammeUCR. <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/1421/Boletin%201%20%20Mezclas%20asf%C3%A1lticas%20con%20RAP.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Montejo, A. (2021). *Comparacion de asfalto convencional frente a asfalto*. Universidad Católica de Colombia: https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/25823/1/106_506772_Montejo_506770_Nieto.pdf
- MOP. (2021). *Ministerio de Obras Publicas y Comunicación*. https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/01/MPR_Chimborazo_Cumanda_Especificaciones-Tecnicas-MOP-001-F-2002.pdf
- Moraga, V. F. (2024). *¿Qué es el hormigón permeable y cómo puede contribuir a conservar el agua en las napas subterráneas?* Universidad Católica de Chile: <https://www.uc.cl/noticias/que-es-el-hormigon-permeable-y-como-puede-contribuir-a-conservar-el-agua-en-las-napas-subterranas/>
- Municipalidad de Guayaquil. (2024). *2024-09-26 Registro Oficial N° 1798 Ordenanza que regula los servicios de estudio de impacto vial, informe de factibilidad vial por fraccionamiento de lote que contemplen apertura e implementación de vías y análisis de accesibilidad vehicular y peatonal*. <https://guayaquil.gob.ec/document/2024-09-26-registro-oficial-1798/>
- Navarro, L., y Reyes, J. (2021). Urban Heat Mitigation Using Permeable Pavements. 39(100-944). *Urban Climate*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100944>
- Nazareno, J. E. (2019). *Diseño estructural de un pavimento permeable mediante la relación de vacíos y su aplicación al drenaje vial*. <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2217/1/T-UIDE-1264.pdf>
- NEC. (2024). Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC). <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>
- Padilla, A. (2023). MEZCLAS ASFÁLTICAS. *Universidad Politecnica de Catalunya*. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3334/34065-14.pdf?sequence=14>

- Punguil, M. (2020). *Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q*.
https://www.aguaquito.gob.ec/Alojamientos/PROYECTO%20LA%20MERCED/ANEXO%20%20NORMAS_ALCANTARILLADO_EMAAP.pdf
- Ramírez , M., y Ortiz, S. (2020). Sustainable Drainage Systems: Integrating Permeable Pavements in Urban Planning. 276, 111 - 240. *Journal of Environmental Management*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111240>
- Ranger, O. S. (2024). *Management of rainfall and runoff through Sustainable Urban Drainage Systems in*. UAEH:
<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icbi/article/download/12898/11669/>
- Ravello, B. (2020). Propuesta de concretos permeables para la captación de agua de lluvia en pavimentos de estacionamientos de hospitales en Arequipa. Repositorio Académico UPC.
https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/652418/Ravello_BM.pdf;jsessionid=AB87FDE1BFC8979A4BB2B14808B77224?sequence=3
- REICHHOLF, J. H. (2020). *Das Schwinden*. BIODIVERSITÄT:
https://www.zobodat.at/pdf/OEKO_2019_03-04_0005-0011.pdf
- Sasagawa, M. (3 de April de 2023). *Urban Stormwater Management and the Role of Civil Society*. The Tokyo Foundation for Polic Research:
<https://www.tokyofoundation.org/research/detail.php?id=938>
- Schneider, A., y Müller, B. (2023). Integrating Permeable Pavements in Munich's Urban Green Spaces. 26, 114-165. *Urban Ecosystems*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11252-023-12345-x>
- SFWP. (2024). *Requisitos de gestión de aguas pluviales*. San Francisco Power Sewer: <https://www.sfpuc.gov/es/construction-contracts/design-guidelines-standards/stormwater-management>
- Unico Asfaltos. (2020). Asfalto Permeable: Una Solución Innovadora para la Gestión de Aguas Pluviales. Unico Asfaltos. <https://unicoasfaltos.es/asfalto-permeable/>
- Unilock. (2024). El problema con las aguas pluviales y las soluciones permeables innovadoras. <https://commercial.unilock.com/es/problem-with-stormwater-and-permeable-solutions/>
- Vargas, J., González, L., y Rodríguez, P. (2021). Permeable Pavements for Urban Flood Management: A Sustainable Approach. 13(5), 115-124. *International Journal of Water Resources and Environmental Engineering*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.5897/IJWREE2021.1049>
- Welle, B., y Liu, Q. (2020). Ciudades Más Seguras Mediante El Diseño. *Lineamientos y ejemplos para promover la seguridad vial mediante el diseño urbano y vial*. World Resources Institute.

Yamamoto, T., y Kuroda, H. (2022). Flood Mitigation in Tokyo through Permeable Pavements. 80, 103-761. Sustainable Cities and Society. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103761>

Anexos

Anexo A.



Anexo B.



Anexo C.



Anexo D.



Anexo E.



Anexo F.



Anexo G.



Anexo H



Anexo I



Anexo J



Anexo K



Anexo L



Anexo M.



Anexo N.



Anexo O



Anexo P



Anexo Q



Anexo R

