



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCION**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE TITULACIÓN

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

TEMA

**EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL REVESTIMIENTO DEL
CANAL DE AGUAS LLUVIAS CON MEZCLA ASFÁLTICA DE
MATERIAL RECICLADO, MILAGRO**

TUTOR

DR. MARCIAL SEBASTIÁN CALERO AMORES

AUTORES

CRISTHIAN PATRICIO AURIA VERA

TOMMY ALBERTO HAZ LOZANO

GUAYAQUIL

2025

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO:

Evaluación Técnica Y Económica Del Revestimiento Del Canal De Aguas Lluvias Con Mezcla Asfáltica De Material Reciclado, Milagro

Autor/Es:

Cristhian Patricio Auria Vera
Tommy Alberto Haz Lozano

TUTOR:

Calero Amores Marcial Sebastián

INSTITUCIÓN:

**Universidad Laica Vicente
Rocafuerte de Guayaquil**

Grado obtenido:

Ingeniero Civil

FACULTAD:

Ingeniería, Industria Y
Construcción

CARRERA:

Ingeniería Civil

FECHA DE PUBLICACIÓN:

2025

N. DE PÁGS:

168

ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y construcción

PALABRAS CLAVE: Canal, plástico, Asfalto, hidrocarburo, erosión, sedimentación.

RESUMEN: Este estudio evalúa la viabilidad técnica, económica y ambiental del revestimiento de un canal de aguas lluvias en Simón Bolívar, Milagro, utilizando una mezcla asfáltica con material reciclado. Se plantea como alternativa sostenible ante los problemas de erosión y sedimentación en los canales naturales, que afectan la eficiencia hidráulica y elevan los costos de mantenimiento.

La metodología empleada sigue un enfoque cuantitativo, combinando ensayos de laboratorio y modelado hidráulico. Se diseñó una mezcla asfáltica con la adición del 0.5% de plástico reciclado y un contenido óptimo de 5.6% de asfalto AC-20. Las pruebas de estabilidad, flujo, permeabilidad y compactación fueron realizadas bajo normativas ASTM y MTOP. Asimismo, se llevó a cabo un análisis comparativo de costos entre la mezcla reciclada y la tradicional.

Los resultados indican que la mezcla modificada presenta una estabilidad del 15.9% superior a la convencional, con menor porcentaje de vacíos (3.7%), alta impermeabilidad (99.87%) y densidad de 2186 kg/m³, mejorando la resistencia a la erosión y prolongando la vida útil del canal. Aunque el costo inicial de implementación es un 2.95% mayor que el de la mezcla tradicional y la inversión total del revestimiento es un 0.74% más alta, los costos de mantenimiento se reducen significativamente, lo que la convierte en una opción económicamente viable a largo plazo.

<p>Desde el punto de vista ambiental, se verificó la presencia de residuos de hidrocarburos en el agua de escurrimiento, lo que sugiere la necesidad de estudios adicionales. En conclusión, el uso de mezclas asfálticas con plástico reciclado representa una solución técnica y económicamente factible, con beneficios en la eficiencia hidráulica, reducción de residuos y mejora de la sostenibilidad del sistema de drenaje urbano.</p>		
N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (Web):		
ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTOR/ES: Cristhian Patricio Auria Vera Tommy Alberto Haz Lozano	Teléfono: 0978623786 0988777749	E-mail: Cauriav@ulvr.edu.ec Thazl@ulvr.edu.ec
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Dr. Marcial Sebastián Calero Amores Teléfono: (04) 2596500 Ext. 241 E-mail: mcaleroa@ulvr.edu.ec	

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Evaluación Técnica y Económica del Revestimiento del Canal de Aguas Lluvias con Mezcla Asfáltica de Material Reciclado, Milagro

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

4%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE



Escuela de Ingeniería Civil
MARCELO SEBASTIAN
CALERO AMORES

FUENTES PRIMARIAS

1	www.lanamme.ucr.ac.cr Fuente de Internet	1%
2	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	<1%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%
4	www.dspace.espol.edu.ec Fuente de Internet	<1%
5	www.scribd.com Fuente de Internet	<1%
6	docplayer.es Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.ulvr.edu.ec Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente Trabajo del estudiante	<1%
9	qdoc.tips Fuente de Internet	<1%
10	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	<1%
11	pdfcoffee.com Fuente de Internet	<1%
12	Norma Cristina Solarte Vanegas. "Efecto en el módulo dinámico de la mezcla asfáltica modificada con añadido de residuos triturados de la industria cerámica", Universitat Politecnica de Valencia, 2022 Publicación	<1%

13	Submitted to UNIBA Trabajo del estudiante	<1 %
14	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	"Estudio del comportamiento de mezclas asfálticas tibias (mezclas templadas) empleando emulsiones súper-estabilizadas", Pontificia Universidad Católica de Chile, 2016 Publicación	<1 %
16	Wilson Cando, Mauricio Cely, Estuardo Páez, Doménica Londoño, Wilson Terán. "Determination of the Young's Modulus like Mechanical Property of Concrete Materials from the Holcim Mine Located in Pifo of Pichincha Province", Key Engineering Materials, 2022 Publicación	<1 %
17	oldri.ues.edu.sv Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 20 words

Excluir bibliografía

Activo



Princedo, Sebastián
MARCIAL SEBASTIAN
CALERO AMORES

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados CRISTHIAN PATRICIO AURIA VERA Y TOMMY ALBERTO HAZ LOZANO declaramos bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, "EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL REVESTIMIENTO DEL CANAL DE AGUAS LLUVIAS CON MEZCLA ASFÁLTICA DE MATERIAL RECICLADO, MILAGRO", corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

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

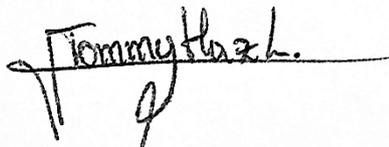
Autores



Firma:

CRISTHIAN PATRICIO AURIA VERA

C.I.0925500886



Firma:

TOMMY ALBERTO HAZ LOZANO

C.I.0803340223

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación **EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL REVESTIMIENTO DEL CANAL DE AGUAS LLUVIAS CON MEZCLA ASFÁLTICA DE MATERIAL RECICLADO, MILAGRO**, designado por el Consejo Directivo de la Facultad de **INGENIERIO CIVIL** de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: **EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL REVESTIMIENTO DEL CANAL DE AGUAS LLUVIAS CON MEZCLA ASFÁLTICA DE MATERIAL RECICLADO, MILAGRO**, presentado por los estudiantes **CRISTHIAN PATRICIO AURIA VERA - TOMMY ALBERTO HAZ LOZANO**, como requisito previo, para optar al Título **INGENIERIO CIVIL**, encontrándose apto para su sustentación.



Firmado electrónicamente por:
**MARCIAL SEBASTIAN
CALERO AMORES**

Firma:

Marcial Sebastián Calero Amores

C.C. 0905197869

AGRADECIMIENTO

A Dios por iluminar y guiar mi camino, pues el Señor es dueño de la sabiduría e inteligencia, en todo momento, la oportunidad de cada mañana en la que puedo empezar de nuevo y por cada detalle durante el desarrollo de esta tesis, hoy puedo decir que eres fiel a tus promesas.

La familia es el pilar de mayor importancia que podemos tener en nuestras vidas, Por eso hoy agradezco a mi madre **Leonor Vera tómal**a por ser el canal de bendición para traerme a este mundo, a mi padre **Walter Auria Hernández**, aunque hoy no está presente, me enseñaste que puedo lograr todo lo que nos proponemos en la vida con la ayuda de Dios. Sé que te hubiera gustado estar presente en este tiempo especial, pero simplemente te adelantaste.

La bendición de tener una pareja implica que en el transcurso de tu vida no estarás solo, esto también implica que habrá una ayuda siempre a tu lado, por eso y mucho más hoy te agradezco mi querida esposa **Leyvi Moran Torres**.

Mis hijos son el mejor regalo que he recibido de parte de Dios, son mi mayor tesoro y también la fuente más pura de mi inspiración para continuar este proyecto, hoy quiero que sepan que por ustedes mis pequeños continuaré hacia adelante, los amo **Patrick, Benjamín, Ashley, Ethan y Kepler**. Que este logro sea un ejemplo para ustedes de que todo en la vida con esfuerzos se puede lograr. Que el cielo es el límite y que todo lo que sueñen y se propongan con dedicación y Dios en sus corazones lo pueden.

A mi gran amigo y aliado **Alberto Salvador Hernández** por apoyarme en esta trayectoria y compartir sus conocimientos conmigo, luchando cada día hombro a hombro en la vida profesional.

También extendo mi agradecimiento a la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, especialmente a la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción, por brindarme los conocimientos y herramientas necesarias para mi formación académica y profesional.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento, primeramente, a **Dios**, por darme la vida, la fortaleza y la perseverancia necesaria para afrontar cada desafío en este camino académico. De manera especial, quiero expresar mi gratitud a mi madre, **Viviana Isabel Lozano Moreno**, a mi hermano mayor, **Heinz Alexander Marrett Lozano**, y, por último, a mi abuelo, **Tomás Alirio Lozano Suárez**, por su constante apoyo, sacrificio y confianza en mí. Gracias a su motivación y respaldo, he podido avanzar en este proceso académico. Por ende, no tengo palabras suficientes para expresar cuánto los valoro y aprecio, pues son los seres que más amo. También extiendo mi agradecimiento a la **Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil**, especialmente a la **Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción**, por brindarme los conocimientos y herramientas necesarias para mi formación académica y profesional.

DEDICATORIA

Este proyecto se lo dedico a mi padre **Walter Auria Hernández**, porque fue una promesa y compromiso el inicio de esta carrera, mi esposa **Leyvi Moran Torres**, mi madre **Leonor Vera tómalá**, mis hijos **Patrick, Benjamín, Ashley, Ethan y Kepler**. sin dejar de lado a mis hermanos **David Auria y Johana Auria**.

Cristhian Patricio Auria Vera

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado, en primer lugar y desde siempre, a mi madre, **Viviana Isabel Lozano Moreno**, y a mi abuelo, **Tomás Alirio Lozano Suárez**, quienes, con su amor incondicional, sacrificio y dedicación han sido pilares fundamentales en mi vida. Su apoyo constante y sus enseñanzas me han impulsado a superar cada desafío y alcanzar esta meta.

También, quiero dedicar este logro a mis hermanos, **Heinz Marrett Lozano e Issabella Valencia**, cuya motivación y palabras de aliento me han acompañado en cada paso de este camino. Su confianza en mí ha sido una gran fuente de inspiración. A mis tíos por creer en mí y estar siempre presente, brindándome su apoyo a lo largo de este arduo proceso académico. A mi enamorada, quien me acompañó en gran parte de este camino, apoyándome incondicionalmente y creyendo siempre en mí. Finalmente, dedico este logro a todas las personas que confiaron en mí, pues fueron mi inspiración para no rendirme y culminar mis estudios con éxito.

Tommy Alberto Haz Lozano

RESUMEN

Este estudio evalúa la viabilidad técnica, económica y ambiental del revestimiento de un canal de aguas lluvias en Simón Bolívar, Milagro, utilizando una mezcla asfáltica con material reciclado. Se plantea como alternativa sostenible ante los problemas de erosión y sedimentación en los canales naturales, que afectan la eficiencia hidráulica y elevan los costos de mantenimiento.

La metodología empleada sigue un enfoque cuantitativo, combinando ensayos de laboratorio y modelado hidráulico. Se diseñó una solución asfáltica añadiendo un 0.5% de plástico y un contenido óptimo de 5.6% de asfalto AC-20. Las pruebas de estabilidad, flujo, permeabilidad y compactación fueron realizadas bajo normativas ASTM y MTOP. Asimismo, se llevó a cabo un análisis comparativo de costos entre la mezcla reciclada y la tradicional.

Los resultados indican que la mezcla modificada presenta una estabilidad del 15.9% superior a la convencional, con menor porcentaje de vacíos (3.7%), alta impermeabilidad (99.87%) y densidad de 2186 kg/m³, mejorando la capacidad de resistir la erosión y así extender la durabilidad del canal. Aunque su costo inicial de implementación es un 2.95% mayor que el de la mezcla tradicional y la inversión total del revestimiento es un 0.74% más alta, los costos de mantenimiento se reducen significativamente, lo que la convierte en una opción económicamente viable a largo plazo.

Desde el punto de vista ambiental, se verificó la presencia de residuos de hidrocarburos en el agua de escurrimiento, lo que sugiere la necesidad de estudios adicionales. En conclusión, el uso de mezclas asfálticas con plástico reciclado representa una solución técnica y económicamente factible, con beneficios en la eficiencia hidráulica, reducción de residuos y mejora de la sostenibilidad del sistema de drenaje urbano.

Palabras clave: Canal, plástico, Asfalto, hidrocarburo, erosión, sedimentación.

ABSTRACT

This study evaluates the technical, economic, and environmental feasibility of lining a stormwater channel in Simón Bolívar, Milagro, using an asphalt mixture incorporating recycled materials. This approach is proposed as a sustainable alternative to address erosion and sedimentation issues in natural channels, which compromise hydraulic efficiency and increase maintenance costs.

The methodology follows a quantitative approach, combining laboratory testing and hydraulic modeling. An asphalt mixture was designed with the addition of 0.5% recycled plastic and an optimal asphalt content of 5.6% AC-20. Stability, flow, permeability, and compaction tests were conducted in accordance with ASTM and MTOP standards. Additionally, a cost comparison was performed between the recycled and conventional asphalt mixtures.

The results indicate that the modified mixture exhibits 15.9% higher stability than the conventional one, a lower air void content (3.7%), high impermeability (99.87%), and a density of 2186 kg/m³, enhancing erosion resistance and extending the channel's service life. Although the initial implementation cost is 2.95% higher than that of the traditional mixture, and the total investment for the lining is 0.74% higher, maintenance costs are significantly reduced, making it a financially viable long-term option.

From an environmental perspective, the presence of hydrocarbon residues in runoff water was detected, suggesting the need for further studies. In conclusion, the use of asphalt mixtures with recycled plastic represents a technically and economically viable solution, offering benefits in hydraulic efficiency, waste reduction, and improved sustainability of urban drainage systems.

Keywords: Channel, plastic, asphalt, hydrocarbon, erosion, sedimentation.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
ENFOQUE DE LA PROPUESTA	3
1.1 Tema:.....	3
1.2 Planteamiento del Problema:.....	3
1.3 Formulación del Problema:.....	4
1.4 Objetivo General.....	4
1.5 Objetivos Específicos.....	4
1.6 Idea a Defender.....	5
1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad.....	5
CAPÍTULO II	6
MARCO REFERENCIAL	6
2.1 Marco Teórico:.....	6
2.1.1 Antecedentes del Problema.....	6
Revestimientos de Canales con Mezclas Asfálticas	7
Conceptos Fundamentales de Canales Abiertos	9
Importancia del Revestimiento en Canales Abiertos	9
Influencia de la Rugosidad en la Hidráulica del Canal	9
Aspectos Económicos del Revestimiento	10
Tipos de Flujos	10
Geometría del Canal	11
Ecuación de Manning	14
Profundidad y Forma de la Corriente	15
Pendiente del Canal	18
2.1.2 Fundamento Teórico.....	18
Revestimiento	18
Propiedades Fundamentales del Revestimiento	18
Tipos de Revestimiento	19
Tipos de mezclas: Estas Varían de Acuerdo con la Temperatura	20
Materiales Reciclados en Mezclas Asfálticas	21
El Pavimento Asfáltico Reciclado (RAP)	23

Concreto con PET (Polietileno Tereftalato).....	25
Relación entre Urbanización y Aumento de la Escorrentía Superficial.....	25
Gestión de Aguas Lluvias en Zonas Urbanas	26
Principios de la Construcción Sostenible	27
Impacto del Uso de Materiales Reciclados en Proyectos de Infraestructura	27
Daño por Humedad en Mezclas Asfálticas	28
Métodos de Mitigación del Daño por Humedad	29
Efecto del Agua en las Propiedades del Asfalto.....	29
Aplicaciones en Revestimiento de Canales de Aguas Lluvias	29
Caracterización de Materiales.....	30
Efectos del Agua en el Ligante Asfáltico	30
Método Marshall para el Diseño de Mezclas Asfálticas	31
Procedimiento del Método Marshall.....	32
Importancia del Método Marshall en el Uso de Materiales Reciclados	33
<i>Plástico</i>	34
<i>Características del Plástico</i>	34
<i>Obtención del Plástico</i>	34
<i>Propiedades del Plástico</i>	35
<i>Categorización del Plástico</i>	35
<i>Ubicación de la Zona del Proyecto</i>	36
<i>Información Cartográfica y Topográfica</i>	36
<i>Características Climáticas de la Zona</i>	41
<i>Régimen de Lluvia</i>	42
<i>Impacto Ambiental y Sostenibilidad</i>	42
2.2 Marco Legal:	43
Constitución de la República del Ecuador.....	43
Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo	43
Normativa Ecuatoriana de la Construcción	44
Normas de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua	44
Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Normativas de diseño para edificaciones.....	45
CAPÍTULO III	48
MARCO METODOLÓGICO	48
3.1 Enfoque de la Investigación:	48

3.2. Alcance de la Investigación:.....	49
3.3 Técnica e Instrumentos para Obtener los Datos	50
3.4 Población y Muestra.....	53
3.5 Fase para la obtención de resultados	53
CAPÍTULO IV	60
INFORME Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	60
4.1 Presentación y Análisis de Resultados	60
Evaluación Técnica y Económica de la Mezcla Asfáltico con Plástico Reciclado y Mezcla Asfáltico Tradicional	92
Evaluación Técnica y Económica del canal de tierra versus canal revestido de Mezcla Asfáltico con Plástico Reciclado y Mezcla Asfáltico Tradicional	97
4.2 Propuesta.....	131
4.2.1 Propuesta de mezcla asfáltica.....	131
Propuesta de sección de canal revestido	132
CONCLUSIONES.....	138
RECOMENDACIONES	139
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	140
ANEXOS.....	143

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valores de Caracterización de los Agregados Empleados en Mezclas Asfálticas.....	30
Tabla 2: Características Generales de los Asfaltos CA 80-100 y CA 60-70.....	30
Tabla 3: Coordenadas de la Vía Proyectada	36
Tabla 4: Coordenadas de las Estaciones Consultadas.....	37
Tabla 5: Precipitación Máxima Anual en 24 Horas (mm). Estación: Milagro (Ingenio Valdez)	37
Tabla 6: Precipitación Media Mensual (mm). Estación: Milagro (Ingenio Valdez)	38
Tabla 7: Precipitación Media Mensual (mm). Estación: Milagro (Ingenio Valdez)	39
Tabla 8: Precipitación Media mensual (mm). Estación: Milagro (Ingenio Valdez)	40
Tabla 9: Precipitación Media Mensual (mm). Estación: Milagro (Ingenio Valdez)	41
Tabla 10: Porcentaje de Adición de Plástico Reciclado	60
Tabla 11: Granulometría de Piedra 3/4.....	61
Tabla 12: Granulometría de Piedra 3/8.....	62
Tabla 13: Datos de la Muestra Piedra $\frac{3}{4}$	65
Tabla 14: Gravedad Específica y Absorción de Piedra 3/4	65
Tabla 15: Datos de la Muestra Piedra 3/8	66
Tabla 16: Gravedad específica y absorción de piedra 3/8.....	66
Tabla 17: Datos de la Muestra Cisco	66
Tabla 18: Gravedad Específica y de Cisco.....	67
Tabla 19: Gravedad y Absorción de los Agregados Combinado	67
Tabla 20: Resultado de la Mezcla.....	68
Tabla 21: Gravedad Específica Teórica Máxima de la Mezcla	68
Tabla 22: Tamaño Máximo	69
Tabla 23: Porcentaje de Utilización de los Agregados	69
Tabla 24: Graduación Combinada de los Agregados.....	69
Tabla 25: Curva Granulométrica de los Agregados.....	70
Tabla 26: Resultados de Muestreo de Parámetros de Asfalto.....	70
Tabla 27: Dosificación de Briqueta con AC-20 y Plástico Reciclado	71
Tabla 28: Datos Generales de Parámetros de Muestra	71
Tabla 29: Gravedad Bulk de Muestra.....	72
Tabla 30: Gravedad Específica de Muestra	72
Tabla 31: Porcentajes de Vacíos de los Agregados de Muestra	73
Tabla 32: Porcentaje de Vacíos de Muestra	73
Tabla 33: Porcentaje de Asfalto de Muestra	73
Tabla 34: Estabilidad de Muestra	73
Tabla 35: Flujo de Muestra	74
Tabla 36: Gravedad Bulk de Muestra.....	75
Tabla 37: Gravedad Específica de la Muestra.....	75
Tabla 38: Porcentajes de Vacíos de los Agregados de Muestra	76
Tabla 39: Porcentaje de Vacíos de Muestra	76
Tabla 40: Porcentaje de Asfalto de Muestra	77
Tabla 41: Estabilidad de Muestra	77

Tabla 42: Flujo de Muestra	77
Tabla 43: Gravedad Bulk de Muestra.....	78
Tabla 44: Gravedad Especifica de la Muestra.....	78
Tabla 45: Porcentajes de Vacíos de los Agregados de Muestra.....	79
Tabla 46: Porcentaje de Vacíos de Muestra.....	79
Tabla 47: Porcentaje de Asfalto de Muestra.....	80
Tabla 48: Estabilidad de Muestra	80
Tabla 49: Flujo de Muestra	81
Tabla 50: Gravedad de Bulk de Muestra.....	81
Tabla 51: Gravedad Especifica de Muestra.....	82
Tabla 52: Porcentajes de Vacíos de los Agregados de Muestra.....	82
Tabla 53: Porcentaje de Vacíos de Muestra.....	83
Tabla 54: Porcentaje de Asfalto de Muestra.....	83
Tabla 55: Estabilidad de Muestra	84
Tabla 56: Flujo de Muestra	84
Tabla 57: Gravedad Bulk de Muestra.....	85
Tabla 58: Gravedad Especifica de Muestra.....	85
Tabla 59: Porcentajes de Vacíos de los Agregados de Muestra.....	86
Tabla 60: Porcentaje de Vacíos de Muestra.....	86
Tabla 61: Porcentaje de Asfalto de Muestra.....	87
Tabla 62: Estabilidad de Muestra	87
Tabla 63: Flujo de Muestra	88
Tabla 64: Resultados de las 5 Muestras de Mezclas Asfálticas.....	88
Tabla 65: Cuadro de Evaluación Económica de Mezclas Asfálticas	96
Tabla 66: Topografía del Canal Libreta 1	97
Tabla 67: Topografía del Canal Libreta 2.....	99
Tabla 68: Topografía del Cana Libreta 3.....	100
Tabla 69: Sección Promedio de Canal Existente.....	103
Tabla 70: Calculo del Caudal Anual Existente.....	104
Tabla 71: Calculo del Caudal Anual Existente (Rediseño).....	104
Tabla 72: Calculo de Caudal Anual Existente.....	109
Tabla 73: Tabla Anual Existente.....	112
Tabla 74: Sección Promedio de Rediseño de Canal.....	113
Tabla 75: Calculo de Excavación.....	114
Tabla 76: Calculo de Relleno.....	115
Tabla 77: Pregunta 1	125
Tabla 78: Pregunta 2	125
Tabla 79: Pregunta 3	126
Tabla 80: Pregunta 4	127
Tabla 81: Pregunta 5	127
Tabla 82: Pregunta 6	128
Tabla 83: Pregunta 7	128
Tabla 84: Pregunta 8.....	129
Tabla 85: Pregunta 9.....	130
Tabla 86: Pregunta 10.....	130

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1: Rectangular	11
Ilustración 2: Trapezoidal	12
Ilustración 3: Natural	13
Ilustración 4: Circular Medio Llena	14
Ilustración 5: Número de Froude.....	16
Ilustración 6: Radio Hidráulico.....	17
Ilustración 7: Propiedades Fundamentales del Revestimiento	19
Ilustración 8: Clasificación de Cemento Asfáltico.....	20
Ilustración 9: Tipos de Clima en la Zona de Estudio.....	41
Ilustración 10: Régimen de Lluvias en Milagro	42
Ilustración 11: Piedra $\frac{3}{4}$ Agregado Grueso	53
Ilustración 12: Piedra $\frac{5}{8}$ Agregado Mediano.....	54
Ilustración 13: Arena Grava Agregado Fino.....	54
Ilustración 14: Plástico Reciclado Trozado	54
Ilustración 15: Dosificación de Agregados	55
Ilustración 16: Mezcla Asfáltica	55
Ilustración 17: Briquetas de Asfalto	56
Ilustración 18: Briquetas de Asfalto	56
Ilustración 19: Toma de Pesos	57
Ilustración 20: Baño María 60°C	57
Ilustración 21: Ensayo de Flujo	58
Ilustración 22: Muestra de Permeabilidad	58
Ilustración 23: Muestra de Permeabilidad Toma de Datos.....	59
Ilustración 24: Curva Granulométrica de Piedra $\frac{3}{4}$	62
Ilustración 25: Curva Granulométrica de Piedra $\frac{3}{8}$	63
Ilustración 26: Granulometría de Piedra Cisco	63
Ilustración 27: Curva Granulométrica de Cisco	64
Ilustración 28: Curva Gravedad Especifica Bulk	89
Ilustración 29: Curva Volumen de Vacíos (%VA).....	89
Ilustración 30: Curva de Vacíos en el Agregado Mineral (%).....	90
Ilustración 31: Curva de Estabilidad Marshall "Lb".....	90
Ilustración 32: Curva Flujo	91
Ilustración 33: Curva de Vacíos de Asfalto (%)	91
Ilustración 34: Cuadro de Evaluación de Mezclas Asfálticas	92
Ilustración 35: Grafica de Evaluación de Mezclas Asfálticas	92
Ilustración 36: Análisis de Precio Unitario de Mezcla Asfáltica Caliente	94
Ilustración 37: Análisis de Precio Unitario de Mezcla Asfáltica con Material de Plástico Reciclado	95
Ilustración 38: Evaluación Económica de Mezclas Asfálticas.....	96
Ilustración 39: Modelado del Canal Existente.....	102

Ilustración 40: Sección Promedio Canal Existente	103
Ilustración 41: Sección Promedio de Rediseño de Canal.....	113
Ilustración 42: Perfil de Canal con Cotas Existentes Versus Rediseño.....	113
Ilustración 43: Análisis de Precio Unitario de Trazado y Replanteo.....	117
Ilustración 44: Análisis de Precio Unitario Limpieza y Desbroce de Terreno	118
Ilustración 45: Análisis de Precio Unitario Excavación a Maquinaria.....	119
Ilustración 46: Análisis de Precio Unitario Excavación de Zanja para Tuberías	120
Ilustración 47: Análisis de Precio Unitario Acarreo Interno.....	121
Ilustración 48: Análisis de Precio Unitario Acarreo Interno.....	122
Ilustración 49: Presupuesto de Canal den tierra	123
Ilustración 50: Presupuesto de Canal en Tierra Revestido con Mezcla Asfáltica	123
Ilustración 51: Presupuesto de Canal en Tierra Revestido con Mezcla Asfáltica y plástico Reciclado.....	124
Ilustración 52: Pregunta 1	125
Ilustración 53: Pregunta 2	126
Ilustración 54: Pregunta 3	126
Ilustración 55: Pregunta 4	127
Ilustración 56: Pregunta 5	128
Ilustración 57: Pregunta 6	128
Ilustración 58: Pregunta 7	129
Ilustración 59: Pregunta 8	129
Ilustración 60: Pregunta 9	130
Ilustración 61: pregunta 10	130
Ilustración 62: Diseño de Asfalto con Plástico Reciclado Propuesto para Revestimiento de Canales de AALL	132
Ilustración 63: Propuesta de Sección Promedio de Rediseño de Canal	133
Ilustración 64: Sección Promedio de Rediseño de Canal.....	134
Ilustración 65: Vista del Canal Existente	135
Ilustración 66: Propuesta de Rediseño de Canal	135
Ilustración 67: Propuesta de Rediseño de Canal en Tierra	136
Ilustración 68: Propuesta de Redícelo de Canal con Revestimiento de Asfalto	136
Ilustración 69: Propuesta de Rediseño de Canal con Revestimiento de Asfalto	137
Ilustración 70: Propuesta de Rediseño de Canal con Revestimiento de Asfalto	137

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Informe de Resultados.....	143
-------------------------------------	-----

INTRODUCCIÓN

El revestimiento de canales de aguas lluvias es un aspecto fundamental en la infraestructura urbana, ya que garantiza el adecuado flujo del agua y previene problemas de erosión y sedimentación. Tradicionalmente, materiales como el hormigón han sido empleados en este tipo de obras, pero presentan limitaciones en cuanto a costos, durabilidad y sostenibilidad. No obstante, la degradación de estos sistemas debido a la erosión y sedimentación puede comprometer su funcionalidad, lo que hace indispensable la implementación de revestimientos adecuados.

El plástico reciclado es uno de los materiales reciclados con más potencial para la elaboración de mezclas asfálticas, siendo frecuentemente empleado en recipientes y botellas. Su reutilización en la industria de la construcción no solo contribuye a la reducción de desechos, sino que también aporta propiedades mecánicas favorables a las mezclas asfálticas, como mayor flexibilidad, durabilidad y resistencia al desgaste. De esta manera, el uso de plástico reciclado en el revestimiento de canales de aguas lluvias puede representar una solución técnica y económicamente viable, Adaptado a los principios económicos y de sostenibilidad.

Para el desarrollo del estudio, se llevarán a cabo pruebas en muestras para desarrollar una combinación asfáltica que incluya el plástico reutilizado en su composición. A partir de estos ensayos, se obtendrán mediciones y parámetros aplicables al revestimiento del canal de aguas lluvias en el sector Milagro. Igualmente, se examinará el rendimiento de esta mezcla asfáltica alterada en la sección del canal, con el propósito de optimizar sus condiciones y eficacia hidráulica, favoreciendo la reducción de deformaciones y erosiones en la estructura. A través de ensayos experimentales y análisis económicos, se determinará la viabilidad de esta solución en comparación con materiales convencionales.

Este análisis no solo busca proporcionar datos significativos para el sector de la edificación, sino también impulsar la utilización consciente de materiales

reciclados, incentivando prácticas más sustentables en la infraestructura urbana. Con ello, se espera aportar al avance de soluciones innovadoras que incrementen la eficacia de los sistemas de drenaje y disminuyan el impacto ambiental de los proyectos de infraestructura vial e hidráulica.

CAPÍTULO I

ENFOQUE DE LA PROPUESTA

1.1 Tema:

Evaluación Técnica y Económica del Revestimiento del Canal de Aguas Lluvias con Mezcla Asfáltica de Material Reciclado, Milagro

1.2 Planteamiento del Problema:

Según Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2020) El crecimiento de la urbanización y el cambio climático han incrementado la regularidad y la fuerza de las precipitaciones, generando una demanda creciente de sistemas de drenaje eficaces. El objetivo del proyecto será evaluar la viabilidad de cubrir el canal con agua pluvial. con una combinación de materiales reciclados, particularmente en el cantón Simón Bolívar, empleando el diseño de la combinación de asfalto con materiales reciclados. Los canales de aguas lluvias son estructuras naturales o artificiales destinadas a la conducción y drenaje del agua pluvial, cuyo propósito es prevenir inundaciones y gestionar lo que vendría a ser el flujo de agua. El revestimiento de estos canales con mezcla asfáltica de material reciclado implica utilizar una combinación de asfalto y materiales reutilizados, como caucho de neumáticos desechados y plásticos reciclados, para formar una capa protectora y duradera sobre las superficies del canal.

Indica Ramos (2021) que la incorporación de material reciclado en la mezcla asfáltica no solo fomenta la sostenibilidad al disminuir el volumen de residuos que llegan a los vertederos, sino que también brinda ventajas prácticas, como una mayor resistencia al desgaste y la erosión. Además, esta técnica ayuda a mejorar la capacidad de drenaje y la integridad estructural de los canales, lo que es esencial para manejar el aumento de escorrentía debido a la urbanización y los cambios climáticos. (Organización Mundial de la Salud, 2021) En la parroquia Simón Bolívar, esta intervención busca mitigar los problemas recurrentes de inundaciones y erosión, garantizando un manejo más eficiente del agua de lluvia y contribuyendo a la protección del medio ambiente local.

Reducir los problemas habituales de inundaciones y erosión en la Parroquia Simón Bolívar a través del revestimiento de canales de aguas lluvias con una combinación asfáltica de material reciclado, favoreciendo la preservación del entorno natural local, fomentando la sostenibilidad al igual que la condición de vida de los habitantes. (Ramos, 2021)

1.3 Formulación del Problema:

En la actualidad en el cantón Simón Bolívar que cuenta con una extensión de tierra de 62km² teniendo el 56% de sus terrenos establecidos para la producción agrícola de cacao, soya y plátano, en dichas extensiones cuenta con diversos canales de aguas lluvias de encause natural los cuales se encuentran en mal estado, producto del arrastre de sólidos y desprendimiento del material propio del canal, sumado a la acumulación de maleza y material vegetal de las plantaciones del sector, que causan azolves en el canal de aguas lluvias ya que no cuenta con una superficie adecuada para el escurrimiento superficial, representando un riesgo de inundación en la estación invernal y se debe realizar una solución para el latente problema de canal de aguas lluvias.

Las soluciones tradicionales de revestimiento del canal, como el hormigón armado o la piedra labrada, son costosas y no son ambientalmente sostenibles.

1.4 Objetivo General

Evaluar la viabilidad técnica y económica del revestimiento de canales de aguas lluvias con mezcla asfáltica de material reciclado en la Parroquia Simón Bolívar.

1.5 Objetivos Específicos

- Diseñar una mezcla asfáltica de material reciclado adecuada para el revestimiento de los canales de aguas lluvias.

- Evaluar la viabilidad técnica, económica y ambiental del proyecto, considerando las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica, para obtener los costos de inversión, operación y mantenimiento.
- Modelar las condiciones del diseño de la mezcla asfáltica en el canal para comparación con la mezcla tradicional.

1.6 Idea a Defender

La implementación de una mezcla asfáltica de plástico reciclado para revestir el canal de aguas lluvias en la ciudad de Milagro representa una opción técnica y económicamente eficiente. Se realizarán pruebas en muestras con la finalidad de diseñar una mezcla asfáltica que incluya material de plástico reciclado en su composición. Basándonos en estos ensayos, podremos obtener mediciones y parámetros que se pueden emplear para revestir un canal de aguas lluvias en la zona de Milagro. Además, se examinará la reacción de esta mezcla asfáltica alterada en la sección del canal, con el objetivo de optimizar sus condiciones y su eficacia hidráulica, favoreciendo la reducción de deformaciones y erosiones en la estructura del canal.

El estudio se realizará mediante una metodología cualitativa y cuantitativa. La investigación cuantitativa se utilizará para recopilar y analizar datos del canal de aguas lluvias, las propiedades a partir de la combinación asfáltica de material reutilizado y su costo por el revestimiento asfáltico. La investigación cualitativa se utilizará para recolectar los datos y opiniones de los habitantes y autoridades del sector.

1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad.

Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción.

CAPÍTULO II MARCO REFERENCIAL

2.1 Marco Teórico:

2.1.1 Antecedentes del Problema

El Cantón de Milagro ubicado en Guayas cerca de los cantones de Guayaquil y Durán, con alrededor de 408.1 km de superficie, a lo largo de la historia desde inicios ha luchado de manera constante con la naturaleza de su posición Geográfica y los fenómenos naturales que esta presenta, siendo participe el Fenómeno del niño que año tras años deja huella en su infraestructura y la necesidad de una correcta planeación de la red fluvial para este cantón, de la misma manera el crecimiento poblacional con 154.729 habitantes exigen mejoras en la planificación del sistema para evitar el contagio de enfermedades y el correcto manejo de desechos a través de esta vía.

Esto se evidencia durante la temporada de lluvias, cuando los efectos que ha experimentado el cantón Milagro y las áreas que conforman la cuenca baja del Río Guayas muestran la vulnerabilidad ante este fenómeno climático, el cual genera impactos negativos en la población. Es importante señalar que Milagro experimenta las estaciones de invierno y verano en los mismos períodos que el resto del país, siendo que la estación invernal suele traer consigo intensas sequías o inundaciones, lo que afecta gravemente a los agricultores y ganaderos de la región. (Proyecto Formato Senplades, 2017)

La necesidad de establecer una correcta red fluvial con materiales que garanticen, durabilidad, sostenibilidad, y desarrollo es importante para la región puesto que más se trabaje en este sentido sean menos las luchas a enfrenta anualmente tras el manifiesto de ciertos fenómenos naturales y no solo se trata de esto, que al contrario para la productividad del campo, y abastecimiento de la ciudad es la puesta en marcha de revestimiento de aguas generadas por las lluvias que se encuentran en la red de carreteras. En nuestra región, la rehabilitación de carreteras se realiza mediante el uso de pavimentos flexibles

fabricados con emulsiones asfálticas y agregados derivados de rocas naturales obtenidas de canteras locales. Estos pavimentos están expuestos a factores ambientales como la temperatura, la humedad y las precipitaciones, lo que reduce su durabilidad y, como resultado, incrementa la frecuencia de reparaciones necesarias para mantener su rendimiento. La aplicación de materiales reciclados puede representar una opción efectiva para reducir el impacto ambiental en estos proyectos, dado que minimiza la extracción de recursos naturales al sustituir parcialmente el material extraído de las canteras, además de disminuir la cantidad de desechos que son enviados a los vertederos. Así pues, el progreso en la utilización de este método tiene un efecto beneficioso en la disminución del perjuicio ambiental. (Revista de Ingeniería Civil, 2020)

Revestimientos de Canales con Mezclas Asfálticas

Los revestimientos de canales con mezclas asfálticas representan una solución moderna y eficaz en el ámbito de la infraestructura hidráulica, combinando funcionalidad, durabilidad y adaptabilidad. Estas mezclas están compuestas por agregados minerales y betún, un material derivado del petróleo que actúa como aglutinante, proporcionando al revestimiento características impermeables y una notable flexibilidad. Estas propiedades permiten que los canales revestidos con asfalto sean altamente resistentes a las variaciones climáticas, como las lluvias intensas y las fluctuaciones de temperatura.

Uno de los beneficios más sobresalientes de estos revestimientos es su habilidad para evitar que el agua se introduzca en el terreno. Al evitar que el agua se filtre, se disminuyen los problemas asociados, como la pérdida de agua en zonas áridas o el debilitamiento de las estructuras del canal debido a la saturación del terreno circundante. Adicionalmente, el asfalto funciona como un muro de protección que disminuye considerablemente la erosión en las paredes y el fondo del canal, preservando su integridad estructural a largo plazo y minimizando los costos de mantenimiento. (Chancusig Cajas & Vivas Acosta, 2024)

Según Chancusig Cajas & Vivas Acosta (2024) las propiedades físico-mecánicas del asfalto aplicado en canales son fundamentales para garantizar su rendimiento y longevidad. Por consiguiente, se detallan varias características se consideran más destacadas:

- **Resistencia a la Compresión:** El asfalto tiene una excelente capacidad para resistir cargas pesadas y el tráfico constante. Esto es esencial en los canales que soportan el paso de vehículos o maquinaria en obras de mantenimiento, así como en zonas de alta densidad urbana. Esta propiedad asegura que el material mantenga su forma y funcionalidad, incluso bajo condiciones de alta presión.
- **Flexibilidad:** Una de las ventajas más notables del asfalto es su capacidad para adaptarse a movimientos del terreno sin agrietarse. Los suelos pueden expandirse, contraerse o moverse debido a factores climáticos o sísmicos, y el asfalto tiene la elasticidad necesaria para absorber estos movimientos sin perder su eficacia como revestimiento. Esto es especialmente crucial en zonas donde el terreno puede ser inestable o susceptible a variaciones del clima.
- **Impermeabilidad:** El asfalto es un material naturalmente impermeable, lo que lo convierte en una excelente opción para revestir canales de drenaje. La impermeabilidad impide la infiltración del agua en el terreno, lo que puede reducir el riesgo de filtraciones y de erosión en las paredes del canal. Esta característica es clave para mantener el flujo de agua controlado y reducir los daños estructurales a largo plazo.
- **Durabilidad:** Gracias a sus propiedades físicas y su resistencia al desgaste, el asfalto tiene una vida útil prolongada. Es capaz de resistir condiciones extremas de clima y exposición a sustancias químicas es por eso que se convierte en una gran opción para así poder aplicarla en infraestructuras hidráulicas. Su durabilidad significa menos mantenimiento y mayor eficiencia a largo plazo.
- **Alta capacidad de Adherencia a los Agregados:** El asfalto tiene una excelente capacidad para adherirse a los agregados como arena, piedra y grava, formando una capa sólida y cohesionada. Esta alta adherencia

mejora la cohesión del revestimiento y su resistencia a la erosión, incluso en áreas donde el flujo de agua es constante o fuerte.

- **Resistencia a la Erosión:** Por su flexibilidad y adhesión, el asfalto tiene la capacidad de resistir la erosión causada por el agua en movimiento. La combinación de estas propiedades ayuda a evitar el desgaste de las paredes del canal, asegurando que el sistema de drenaje se mantenga funcional durante mucho tiempo. Esto es especialmente importante en áreas donde los canales están expuestos a lluvias intensas o a la acción constante de flujos de agua.

Conceptos Fundamentales de Canales Abiertos

Las estructuras de canales abiertos están concebidas para llevar agua con una superficie libre expuesta a la presión del aire. Su diseño y revestimiento influyen directamente en la eficiencia hidráulica y en la estabilidad estructural. Según Mott (2025) Los elementos cruciales en la conducta del flujo en canales abiertos comprenden la inclinación del canal, la rugosidad del material de revestimiento y las características del caudal.

Importancia del Revestimiento en Canales Abiertos

El propósito del revestimiento de los canales es poder minimizar la erosión en las paredes y en el fondo del canal, disminuir la infiltración de agua y mejorar la eficiencia del flujo. La selección del material de revestimiento debe considerar aspectos como la durabilidad, el costo y la facilidad de mantenimiento. En este sentido, el uso de mezcla asfáltica con material reciclado representa una alternativa sostenible que podría optimizar el desempeño del canal y reducir costos a largo plazo.

Influencia de la Rugosidad en la Hidráulica del Canal

El coeficiente de rugosidad de Manning es un indicador esencial para el estudio del flujo en canales abiertos. La dureza del revestimiento afecta la rapidez del agua y en la capacidad de conducción del canal. Los materiales lisos,

como algunas mezclas asfálticas, presentan valores bajos de rugosidad, lo que reduce la resistencia al flujo y aumenta la capacidad hidráulica del canal.

Aspectos Económicos del Revestimiento

El costo de revestimiento de un canal depende de la selección del material, los costos de instalación y los requerimientos de mantenimiento. La implementación de mezclas asfálticas con material reciclado podría representar una opción económicamente viable, ya que reutiliza materiales y disminuye la necesidad de nuevos insumos. Además, la reducción de la rugosidad puede disminuir costos operacionales al optimizar el flujo y minimizar problemas de sedimentación y mantenimiento. Por lo tanto, este material ofrece un fundamento teórico para la valoración del revestimiento con mezcla asfáltica de material reciclado, incorporando principios esenciales de hidráulica y economía en la creación de canales abiertos.

Tipos de Flujos

- **Flujo laminar:** Se caracteriza por un movimiento suave y ordenado del agua, con líneas de corriente paralelas. Ocurre a bajas velocidades y en canales con superficies lisas.
- **Flujo turbulento:** Se caracteriza por un movimiento caótico y desordenado del agua, con remolinos y fluctuaciones de velocidad. Ocurre a altas velocidades y en canales con superficies rugosas.

El flujo en canales abiertos puede clasificarse como laminar o turbulento, dependiendo del número de Reynolds (Re).

$$R_e = \frac{V R_h}{\nu}$$

Dónde:

- **V** es la velocidad media del flujo (m / s).

- ν es la viscosidad cinemática del fluido (m^2/s), y se relaciona con la viscosidad dinámica y la densidad mediante $\nu = \frac{\mu}{\rho}$
- μ es la viscosidad dinámica del fluido
- ρ es la densidad del fluido (kg / m^3)
- R_h es el radio hidráulico (**m**), definido como el área de la sección transversal del flujo (**A**) dividida por el perímetro mojado (**P**):

$$R_H = \frac{A}{P}$$

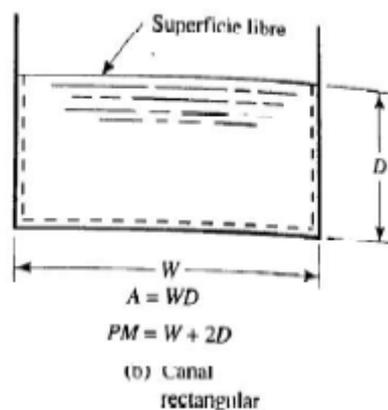
La clasificación del tipo de flujo en canales abiertos según el número de Reynolds es la siguiente:

- **Flujo laminar:** $R_e \leq 500$
- **Flujo de transición:** $500 < R_e < 12500$
- **Flujo turbulento:** $R_e \geq 12500$

Geometría del Canal

La forma de la sección transversal de un canal puede ser muy variada:

Ilustración 1: Rectangular



Fuente: Mott (2025)

VARIABLES:

- **W:** Ancho del canal.
- **D:** Profundidad del agua.
- **A:** Área de la sección transversal del flujo.
- **PM:** Perímetro mojado.

Ilustración 2: Trapezoidal



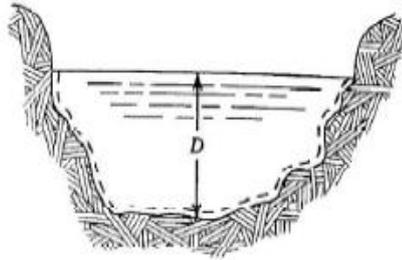
Fuente: Mott (2025)

VARIABLES:

- **A:** Área de la sección transversal del flujo.
- **Y** (Profundidad del flujo o tirante del agua): Es la altura del agua dentro del canal. En la imagen, se indica que es de 1.00 m.
- **b** (Ancho del fondo del canal): Es la base inferior del canal, que aún no está especificada en la imagen.
- **Z₁** y **Z₂** (Taludes del canal): Representan las distancias horizontales desde la base hasta el punto donde el agua toca los bordes inclinados del canal. Dependiendo del diseño, estas pueden estar relacionadas con la pendiente de los lados.

Perímetro mojado (P): Es la suma de las longitudes de las superficies en contacto con el agua (base + lados inclinados).

Ilustración 3: Natural



A y PM Irregulares

(d) Canal natural

Fuente: Mott (2025)

Variables:

- **A:** Área de la sección transversal del flujo (sección irregular).
- **PM:** Perímetro mojado (sección irregular).

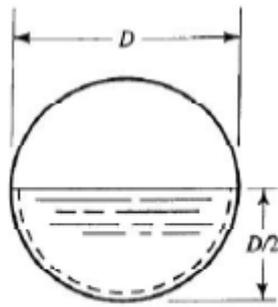
Características:

A y PM irregulares: No tienen formas geométricas definidas, por lo que sus áreas y perímetros mojados se miden directamente en el campo o en planos.

Consideraciones adicionales:

- **Talud (z):** En canales trapezoidales, se define como la relación entre la distancia horizontal (X) y la profundidad (D): $z = X/D$.
- **Pendiente (S):** Es la relación entre la diferencia de elevación y la distancia horizontal a lo largo del canal. Influye en la velocidad del flujo.
- **Rugosidad:** La rugosidad de las paredes del canal (n, coeficiente de Manning) afecta la resistencia al flujo.

Ilustración 4: Circular Medio Llena



$$A = \pi D^2 / 8$$

$$PM = \pi D / 2$$

(a) Tubería circular
medio llena

Fuente: Mott (2025)

Variables:

- **D:** Diámetro de la tubería.
- **A:** Área de la sección transversal del flujo.
- **PM:** Perímetro mojado (la parte del conducto que está en contacto con el líquido).

Ecuación de Manning

El método de Manning es esencial para determinar la velocidad del flujo en canales abiertos, considerando factores como la rugosidad de la superficie del canal, el radio hidráulico y la pendiente.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

Dónde:

- **V** = velocidad del flujo (m/s)
- **n** = coeficiente de rugosidad de Manning (adimensional)
- **R** = radio hidráulica (m)
- **S** = pendiente del canal (adimensional)

- **Radio hidráulico (R):** Se define como el área de la sección transversal del flujo dividida por el perímetro mojado.
- **Coefficiente de rugosidad de Manning (n):** Depende del material y la condición de la superficie del canal. Los valores típicos se encuentran en tablas y manuales de hidráulica.
- **Caudal (Q):** Es el volumen de agua que pasa por una sección transversal del canal por unidad de tiempo. Se calcula como:

$$Q = A * V$$

Dónde:

- **Q** = caudal (m³/s)
- **A** = área de la sección transversal del flujo (m²)
- **V** = velocidad del flujo (m/s)

Profundidad y Forma de la Corriente

El nivel de agua en un canal abierto es un indicador crucial que puede fluctuar considerablemente en función de varios elementos, tales como el flujo, la forma del canal, la inclinación y la aspereza. La conformación de la corriente, o sea, la repartición de la velocidad y la profundidad a través de la sección transversal del canal, también se ve afectada por estos mismos elementos. La longitud del flujo y la configuración del canal establecen el comportamiento del agua en movimiento en un canal.

Profundidad del Flujo: La profundidad del agua en un canal abierto puede clasificarse en diferentes tipos:

- **Profundidad normal (D_{norte}):** Es la profundidad que se alcanza cuando el flujo es uniforme y la fuerza de gravedad equilibra la resistencia al flujo.

- **Profundidad crítica (Ddo):** Es la profundidad a la cual la energía específica es mínima y el flujo cambia de régimen (subcrítico a supercrítico o viceversa).
- **Profundidad de diseño:** Se elige para garantizar que el canal funcione sin desbordamientos ni erosión excesiva.

Según Mott (2025) que la profundidad del flujo está directamente relacionada con el número de Froude (A):

Ilustración 5: Número de Froude

$$A = \frac{V}{\sqrt{g y_H}}$$

Fuente: Mott (2025)

Dónde:

- V velocidad del flujo (m/s)
- g gravedad (9,81 m/s²)
- y_H Profundidad hidráulica del flujo (m)
- **Flujo Subcrítico si A<1,**
 - ✓ Flujo lento y controlado por aguas abajo.
 - ✓ Predomina la profundidad sobre la velocidad.
 - ✓ Ocurre en tramos de canales de pendiente baja.
- **Flujo Crítico si A=1,**
 - ✓ Es el punto de transición entre flujo subcrítico y supercrítico.
 - ✓ La energía específica es mínima y la velocidad del flujo es igual a la velocidad de onda gravitacional.

- **Flujo Supercrítico** si $A > 1$

- ✓ Flujo rápido y controlado por aguas arriba.
- ✓ Predomina la velocidad sobre la profundidad.
- ✓ Puede causar erosión y formación de resaltes hidráulicos.

La forma de la sección transversal del canal influye en la eficiencia hidráulica. Los canales pueden tener diferentes formas:

- **Canal rectangular:** Fácil de construir, pero menos eficiente hidráulicamente debido a un mayor perímetro mojado en relación con el área de flujo.
- **Canal trapezoidal:** Es el más utilizado porque ofrece un equilibrio entre estabilidad y eficiencia hidráulica.
- **Canal circular:** Utilizado en tuberías y alcantarillas, su rendimiento varía con la carga hidráulica.

Para determinar la eficiencia de una sección, recomienda (Mott, 2025) calcular el **radio hidráulico (R_{yo})**:

Ilustración 6: Radio Hidráulico

$$R_{yo} = \frac{A}{P.M}$$

Fuente: Mott (2025)

Dónde:

- **A**= área de la sección transversal (m²)
- **P.M**= perímetro mojado (m)

Cuanto mayor sea **R_{yo}**, menor será la resistencia al flujo y más eficiente será el canal.

Pendiente del Canal

La pendiente del canal es un factor determinante en la velocidad y el caudal del agua. Una pendiente pronunciada acelera el flujo, mientras que una pendiente suave lo ralentiza. Mott clasifica la pendiente de un canal en cinco tipos:

1. **Pendiente crítica (S_{do}):** Ocurre cuando el flujo es crítico ($Fa=1$ $De = 1$ $Es = 1$).
2. **Colgante suave (S_s):** Da lugar a flujo subcrítico ($Fa < 1$ $Es < 1$ $Es < 1$).
3. **Pendiente empinada (S_{mi}):** Genera flujo supercrítico ($Fa > 1$ $Es > 1$ $Es > 1$).
4. **Colgante horizontal (S_{yo}):** No genera flujo sin una presión externa.
5. **Pendiente adversario (S_a):** Se inclina en dirección opuesta al flujo, lo que puede frenar el movimiento del agua.

2.1.2 Fundamento Teórico

Revestimiento

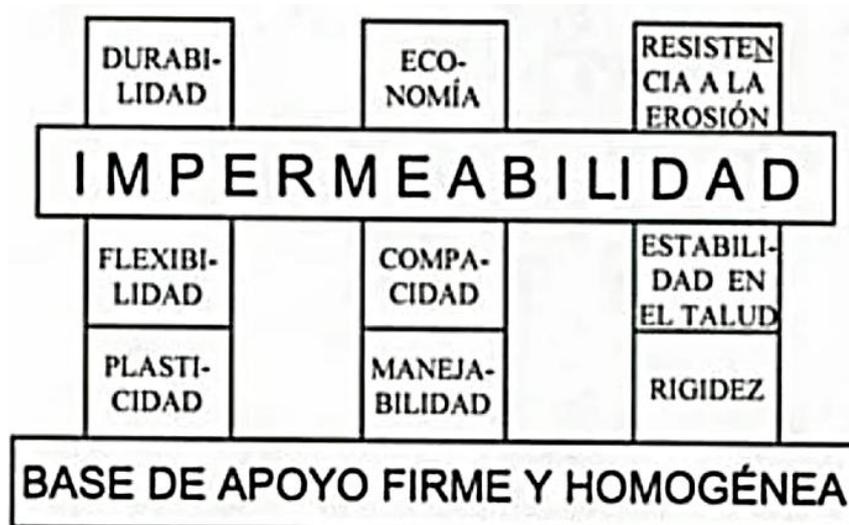
El objetivo es resguardar los canales de agua mediante la mampostería de suelo-cemento, concreto hidráulico, concreto lanzado, concreto asfáltico, especies vegetales, mallas vegetales o geos artificiales y materiales reciclados. Esta estructura se edifica con el propósito de proteger la superficie del canal de agua contra la erosión y prevenir filtraciones, desgaste y posibles contaminaciones de las diferentes sustancias a tratar, con lo que se busca mejorar la fluencia de agua evitando desbordes y futuros daños.

Propiedades Fundamentales del Revestimiento

La característica esencial es la impermeabilidad, alcanzada a través de una elevada compacidad del hormigón asfáltico, adquirida con la manejabilidad correcta de la combinación proyectada. No es suficiente con que el revestimiento sea impermeable, sino que también debe estar libre de fisuras y grietas, provocadas principalmente por la ausencia de flexibilidad y/o estabilidad. La

flexibilidad del hormigón asfáltico está fuertemente vinculada a la plasticidad de la mezcla durante su rodillo; por otro lado, la estabilidad en el talud se basa esencialmente en la rigidez del hormigón asfáltico "endurecido". por lo tanto, la flexibilidad y la estabilidad en el talud implican dos propiedades respectivamente centrarlas: la plasticidad y la rigidez, cuyo balance debe definirse en función de la compacidad. De la misma manera la impermeabilidad tiene como propiedad intrínseca a la rigidez y a la erosión.

Ilustración 7: Propiedades Fundamentales del Revestimiento



Fuente: Orozco (2008)

Tipos de Revestimiento

Cemento asfáltico: Resulta de la destilación del crudo, que se halla en la naturaleza en varias circunstancias, y surgen de la transferencia del petróleo a la superficie. De acuerdo con estudios arqueológicos, las pruebas del uso de líquido asfáltico, resultado de la destilación y tratamiento del petróleo en rutas edificadas, se remontan al 3200 a. C. Donde el asfalto, también conocido como betún, ha sido utilizado en diversas implementaciones, incluyendo la restauración de embarcaciones, como agente impermeabilizante, revestimiento de tuberías, ruedas o principalmente para elaborar mezclas asfálticas. Además, es un recurso no renovable, no obstante, desde un punto de vista de sostenibilidad, resulta beneficioso aprovecharlo para extender su ciclo vital. De la misma forma dependiendo de la viscosidad con referencia a la temperatura

ambiental se puede escoger el tipo de cemento asfáltico a utilizarse (Mejillones, 2023)

Ilustración 8: Clasificación de Cemento Asfáltico

Clasificación	Viscosidad a 60°C Pa·s (P ⁽¹⁾)	Usos más comunes
AC-5	50 ± 10 (500 ± 100)	<ul style="list-style-type: none"> En la elaboración de carpetas de mezcla en caliente dentro de las regiones indicadas como Zona 1 en la Figura 1. En la elaboración de emulsiones asfálticas que se utilicen para riegos de impregnación, de liga y poreo con arena, así como en estabilizaciones.
AC-10	100 ± 20 (1 000 ± 200)	<ul style="list-style-type: none"> En la elaboración de carpetas de mezcla en caliente dentro de las regiones indicadas como Zona 2 en la Figura 1. En la elaboración de emulsiones asfálticas que se utilicen en carpetas y morteros de mezcla en frío, así como en carpetas por el sistema de riegos, dentro de las regiones indicadas como Zona 1 en la Figura 1.
AC-20	200 ± 40 (2 000 ± 400)	<ul style="list-style-type: none"> En la elaboración de carpetas de mezcla en caliente dentro de las regiones indicadas como Zona 3 en la Figura 1. En la elaboración de emulsiones asfálticas que se utilicen en carpetas y morteros de mezcla en frío, así como en carpetas por el sistema de riegos, dentro de las regiones indicadas como Zona 2 en la Figura 1.
AC-30	300 ± 60 (3 000 ± 600)	<ul style="list-style-type: none"> En la elaboración de carpetas de mezcla en caliente dentro de las regiones indicadas como Zona 4 en la Figura 1. En la elaboración de emulsiones asfálticas que se utilicen en carpetas y morteros de mezcla en frío, así como en carpetas por el sistema de riegos, dentro de las regiones indicadas como Zonas 3 y 4 en la Figura 1. En la elaboración de asfaltos rebajados en general, para utilizarse en carpetas de mezcla en frío, así como en riegos de impregnación.

Fuente: CMT (2005)

Tipos de mezclas: Estas Varían de Acuerdo con la Temperatura

- Mezcla asfáltica en caliente:** Se utilizan principalmente y consisten en ligantes, áridos y, a veces, aditivos. Su objetivo es emplearse en las capas de rodamiento o en las partes bajas de la estructura de la vía. Para asegurar una mezcla ideal y una cobertura total de las partículas del árido, es necesario aplicarlas a temperaturas elevadas que varían entre 150 °C y 160 °C, en función de la viscosidad del asfalto. Estas partículas están compuestas principalmente por dos componentes, el asfalto y los agregados materiales, que representan entre el 90 y 95% del peso, mientras que en términos de volumen, representan entre el 75 y 85 %. (Mejillones, 2023).
- Mezcla asfáltica en frío:** Son producidas utilizando emulsión asfáltica y se aplican a temperatura ambiente, esto se debe a que el ligante tiene

una baja viscosidad durante un largo período de tiempo por la utilización de emulsiones con asfalto fluidizado, que facilita el manejo de la mezcla y la cobertura total de las partículas de agregados sin requerir elevadas temperaturas. Estas mezclas se distinguen por su facilidad para manipular. (Mejillones, 2023)

- **Mezcla Asfáltica en tibio:** Se asemejan a las mezclas asfálticas en caliente, pero se producen e instalan a temperaturas inferiores. Se consigue esto utilizando aditivos que disminuyen la viscosidad a temperaturas inferiores y garantizan una cobertura ideal de los agregados. (Mejillones, 2023)

Materiales Reciclados en Mezclas Asfálticas

El uso de materiales reciclados en la producción de mezclas asfálticas ha cobrado relevancia en la ingeniería debido a su impacto económico. Según la investigación de Mindiola & Alcivar (2024) el uso de plástico PET-fibra en combinaciones asfálticas constituye una opción factible para potenciar las características mecánicas del pavimento y disminuir el uso de materiales libres de cloro. En contraposición, uno de los beneficios más destacados detectados en el estudio es el incremento de la resistencia estructural de la mezcla asfáltica al incorporar plástico PET-fibra. Las pruebas llevadas a cabo indican que la incorporación de este material reciclado potencia la estabilidad de la mezcla, disminuyendo su deformabilidad y prolongando su resistencia en comparación con las mezclas tradicionales. Por ende, esto se debe a que las fibras de PET actúan como refuerzo dentro de la matriz asfáltica, distribuyendo mejor los esfuerzos y minimizando la propagación de fisuras.

Aspectos Técnicos

- **Propiedades Mecánicas:** La principal ventaja técnica de las mezclas asfálticas con PET-fibra es la mejora significativa en su resistencia estructural. Según los estudios realizados en investigaciones como las de Mindiola & Alcivar (2024) la adición de PET-fibra mejora la estabilidad de

la mezcla asfáltica, disminuyendo su deformabilidad y prolongando su resistencia. Las fibras funcionan como refuerzo, repartiendo los esfuerzos de forma más eficaz a través de la mezcla y evitando la propagación de fisuras, aspecto vital para la durabilidad del pavimento.

En comparación con las mezclas convencionales, las modificadas con fibra PET exhiben una resistencia superior a la deformación plástica, lo que las hace especialmente adecuadas para pavimentos sometidos a cargas pesadas o condiciones climáticas extremas. Además, su capacidad para resistir el agrietamiento y las tensiones derivadas de los cambios de temperatura y las cargas de tráfico es superior, lo que implica menos necesidades de rehabilitación a lo largo del tiempo.

- **Impacto Ambiental:** Otra ventaja técnica fundamental de las mezclas asfálticas con PET-fibra es su efecto beneficioso en el entorno natural. La reutilización del plástico PET, considerado uno de los contaminantes más importantes por su complicado proceso de degradación, contribuye a la reducción de residuos plásticos. Este enfoque promueve la economía circular, ya que el PET reciclado se convierte en un componente útil de las mezclas asfálticas, disminuyendo la necesidad de vertederos y la incineración del plástico.

Comparado con las mezclas convencionales, las modificaciones con PET-fibra presentan una menor huella de carbono debido a la reducción en la extracción de materiales vírgenes y la disminución de las emisiones asociadas a la producción de asfalto tradicional.

- **Aplicación en Infraestructuras Hidráulicas:** La incorporación de PET-fibra en mezclas asfálticas no solo mejora las propiedades mecánicas en pavimentos, sino que también puede ser aprovechada en el revestimiento de canales de aguas lluvias. La mejora en la resistencia a la erosión y la capacidad para soportar flujos constantes de agua hace que este tipo de mezcla sea adecuado para estructuras hidráulicas. Los resultados obtenidos en estudios de laboratorio sugieren que las mezclas

modificadas con fibra PET podrían prolongar la vida útil de las infraestructuras expuestas a la acción del agua, optimizando su desempeño en términos de durabilidad y resistencia.

Desde el punto de vista económico de Mindiola & Alcivar (2024) destacan que, aunque la inversión inicial en mezclas con PET-fibra puede ser ligeramente mayor debido a los costos de procesamiento del plástico reciclado, a largo plazo los beneficios superan estos costos. La mayor durabilidad y resistencia de la mezcla modificada reduce la necesidad de mantenimiento y rehabilitación del pavimento, lo que genera ahorros significativos en términos de recursos y mano de obra.

Estos hallazgos resultan altamente relevantes para la presente investigación, que busca evaluar la viabilidad del uso de materiales reciclados en el revestimiento de canales de aguas lluvias. La mejora en la resistencia mecánica y la estabilidad de la mezcla con PET-fibra sugiere que su aplicación en estructuras sometidas a la erosión y el flujo constante de agua podría prolongar su vida útil y optimizar su desempeño.

Además, la reducción de costos de mantenimiento a largo plazo y el impacto positivo en la sostenibilidad ambiental refuerzan la pertinencia de explorar la implementación de esta tecnología en infraestructuras hidráulicas. Aplicar una metodología similar a la utilizada por Mindiola & Alcivar (2024) permitirá obtener resultados precisos sobre la eficiencia de estas mezclas en el contexto específico del revestimiento de canales de aguas lluvias.

El Pavimento Asfáltico Reciclado (RAP)

Se refiere al material recuperado de un pavimento adaptable que ha terminado su ciclo de vida; sin embargo, sus propiedades permiten reutilizarlo como parte de estructuras nuevas o rehabilitadas. La incorporación de este material en mezclas asfálticas favorece la reducción de nuevo material, generando ahorros a nivel de costos y a su vez contribuyendo a la conservación de los recursos naturales. El propósito primordial de la implementación del RAP

como componente de la mezcla asfáltica se orienta hacia la sostenibilidad, como estrategia para minimizar el impacto ecológico causado por el reaprovechamiento de un material de residuo con gran potencial mecánico y disminuir la obtención de fuentes de agregados. (Miranda Arguello, 2019)

En cambio, desde el punto de vista económico, reemplazar un porcentaje de material de mezcla asfáltica implica un ahorro en la cantidad de ligante asfáltico y agregados vírgenes necesarios para la elaboración de la mezcla, afectando el costo del producto final. Las propiedades mecánicas del RAP, junto con su función como posible reductor de la mezcla asfáltica, son solo algunas de las ventajas del material.

Sin embargo, la aplicación del método requiere de buenas prácticas, que deben ser implementadas tanto en los procesos de recuperación, triturado e incorporación del material, garantizando la adecuada distribución y revestimiento de las partículas de agregado para asegurar su contribución a las características de la mezcla asfáltica final.

Las ventajas ambientales y económicas derivadas de la aplicación de mezclas asfálticas con RAP incluyen:

- **Reciclaje de materiales:** aplique las aceras que hayan completado su período de uso.
- **Residuos reducidos:** reduzca la cantidad de materiales depositados en el vertedero. Conservación de los recursos naturales: reduzca la producción y el uso de materiales virgen.
- **Menor impacto ambiental:** Reducir la necesidad de métodos de obtención de materias primas que pueden ser limitados o perjudiciales para el medio ambiente.

Estas prácticas no solo promueven la sostenibilidad ambiental, sino que también ofrecen ventajas económicas significativas en la construcción y mantenimiento de infraestructuras viales.

Según diferentes actores desde el punto económico las mezclas que incluyen RAP se ahorran hasta un 20% en la aplicación de este tipo de material.

Concreto con PET (Polietileno Tereftalato)

La contaminación ambiental y la necesidad de encontrar materiales de construcción sostenibles han llevado a la exploración de soluciones innovadoras. Uno de estos avances es el desarrollo del concreto con PET. Este concreto no solo recicla un desecho común, PET, sino que también ofrece ventajas notables en términos de sostenibilidad, resistencia y potencial de aislamiento térmico. El uso de residuos de PET reciclado en la fabricación de concreto ayuda a reducir la cantidad de desechos plásticos en el medioambiente y promueve la sostenibilidad al darles un nuevo uso. Las fibras de PET ayudan a reducir fisuras y la deflexión en elementos estructurales. En ensayos de resistencia al desgaste por abrasión, se ha demostrado que el concreto con fibras PET tiene un mejor desempeño. (Sandoval, 2024)

Relación entre Urbanización y Aumento de la Escorrentía Superficial

La urbanización intensifica notablemente el flujo de escorrentía superficial debido a la creciente impermeabilización de las superficies urbanas, como calles, aceras y techos de edificios. Estas áreas pavimentadas o cubiertas dificultan la absorción natural del agua en el suelo, interrumpiendo el ciclo hidrológico y disminuyendo la recarga de acuíferos. Como resultado, el agua de lluvia se acumula rápidamente en la superficie, generando volúmenes mayores y aumentando la velocidad de su desplazamiento hacia los sistemas de drenaje. Esta situación puede desbordar la capacidad de los sistemas pluviales existentes, desencadenando inundaciones en áreas urbanas y contribuyendo a la erosión de suelos en áreas cercanas. Además, la escorrentía en entornos urbanos no solo incrementa los riesgos físicos asociados con el agua acumulada, sino que también actúa como un vehículo de transporte para una amplia gama de contaminantes. Aceites, residuos químicos, metales pesados y otros desechos provenientes de la actividad humana se arrastran hacia ríos, lagos y cuerpos de agua cercanos, alterando la calidad del agua e impactando

negativamente los ecosistemas acuáticos y la salud pública. Este doble impacto, tanto en términos de cantidad como de calidad del agua, subraya la necesidad urgente de estrategias sostenibles para la gestión de las aguas pluviales en áreas urbanas. (Chow, 2022)

Gestión de Aguas Lluvias en Zonas Urbanas

La gestión de aguas lluvias en áreas urbanas es un desafío clave que requiere soluciones integrales para manejar eficazmente el flujo de agua de lluvia, prevenir inundaciones y salvaguardar tanto la infraestructura como el bienestar de los residentes son fundamentales para mejorar tanto la calidad de vida como la calidad de vida de los ciudadanos. Este proceso no solo se trata de canalizar el agua, sino de trabajar en armonía con el entorno urbano para reducir los impactos negativos del escurrimiento superficial. Entre las estrategias más efectivas se encuentran los sistemas de drenaje sostenible, diseñados para captar, filtrar y liberar el agua de manera controlada. Por ejemplo, el uso de pavimentos permeables facilita la infiltración del agua en el terreno, disminuyendo la carga sobre los sistemas de alcantarillado y reduciendo el riesgo de inundaciones. Asimismo, los estanques de retención y biorretención no solo almacenan temporalmente el agua de lluvia, sino que también ayudan a filtrar contaminantes, mejorando la calidad del agua antes de que llegue a los ríos y lagos. (Chow, 2022)

La planificación urbana también juega un papel crucial. Incorporar espacios verdes como parques, jardines verticales y techos verdes no solo embellece la ciudad, sino que también actúa como una esponja natural para absorber el agua de lluvia. Por otro lado, los sistemas de captación de agua, como cisternas y depósitos pluviales, permiten reutilizar este recurso para actividades como riego, limpieza y hasta usos domésticos, fomentando un enfoque más sostenible y responsable. (Chow, 2022)

Principios de la Construcción Sostenible

los principios de la construcción sostenible buscan armonizar el desarrollo humano con el respeto al medio ambiente, adoptando enfoques que reduzcan más que todo el impacto ambiental mientras optimizan el uso de los recursos disponibles. Uno de los objetivos fundamentales es reducir el consumo de materiales y recursos no renovables, promoviendo el uso de alternativas más sostenibles y el reciclaje de materiales. Además, la eficiencia energética juega un papel crucial, con el fin de disminuir el consumo de energía durante toda la vida útil de los edificios y espacios urbanos. Esto no solo implica el uso de tecnologías y sistemas energéticamente eficientes, sino también el diseño de espacios que maximicen la luz natural, la ventilación cruzada y el aislamiento térmico, reduciendo la dependencia de recursos energéticos externos. Asimismo, la construcción sostenible pone un énfasis especial en la gestión adecuada de los residuos generados durante la construcción y a lo largo del ciclo de vida de los edificios. En lugar de que estos residuos terminen en vertederos, se fomenta su reutilización y reciclaje para darles un nuevo propósito. A nivel urbano, se busca la creación de entornos que favorezcan tanto el bienestar social como el ecológico, promoviendo la accesibilidad, la integración de espacios verdes y la mejora de la calidad del aire. Finalmente, uno de los objetivos clave es garantizar que los edificios y estructuras tengan un ciclo de vida sostenible, desde su planificación y construcción hasta su eventual deconstrucción, asegurando que el proceso final sea tan respetuoso con el medio ambiente como lo fue su construcción inicial. (Acosta, 2025)

Impacto del Uso de Materiales Reciclados en Proyectos de Infraestructura

La implementación de materiales reciclados en iniciativas de infraestructura no solo ofrece ventajas inmediatas en cuanto a la disminución de desechos, sino que también desempeña un rol vital en la preservación de los recursos naturales. Mediante el uso de materiales reciclados, se previene la necesidad de obtener nuevas materias primas, lo que disminuye la presión en los ecosistemas y contribuye a la conservación de la biodiversidad. Además, al

incluir estos componentes, se reduce la huella de carbono vinculada a la fabricación y traslado de materiales novedosos, aportando de manera significativa a la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero. Esta práctica no solo impulsa la preservación del entorno, sino que también abre nuevas oportunidades de innovación en el ámbito de la edificación, al promover el uso de técnicas y materiales que previamente no se consideraban. (Acosta, 2025)

Desde un punto de vista económico, el uso de materiales reciclados puede ser una alternativa más asequible tanto para los constructores como para los dueños de proyectos, dado que puede disminuir los gastos relacionados con la extracción y traslado de materiales recientes. Además, fomenta la economía circular al dar una nueva vida a los materiales que, de otro modo, serían desechados, lo que crea un ciclo continuo de reutilización y reciclaje. Esta economía circular no solo beneficia al medio ambiente, sino que también fortalece las economías locales al promover la producción y el reciclaje de materiales dentro de la comunidad. Implementar materiales reciclados en la construcción, por lo tanto, no solo tiene ventajas económicas y ambientales, sino que también impulsa la adopción de prácticas responsables y sostenibles, mejorando la calidad y la longevidad de los proyectos de infraestructura. (Acosta, 2025)

Daño por Humedad en Mezclas Asfálticas

Uno de los mecanismos de degradación más significativos en las mezclas asfálticas en uso es el deterioro por humedad, que sucede cuando el ligante asfáltico se desprende del agregado pétreo debido a la existencia de agua (stripping). La humedad disminuye la resistencia mecánica y la longevidad de la mezcla, lo que promueve el surgimiento de fisuras por agotamiento, deformaciones permanentes y ahuellamiento. Este tipo de perjuicio es resultado de elementos físicos, químicos, mecánicos y termodinámicos, incluyendo la tensión superficial entre el agregado y el ligante asfáltico. La adhesión entre el asfalto y el agregado es esencial para mantener la resistencia a la humedad. En

este sentido, los agregados angulares o con baja capacidad de adhesión incrementan el riesgo de desprendimiento.

Métodos de Mitigación del Daño por Humedad

Se han creado varios aditivos antistripping con el propósito de potenciar la adhesión entre el asfalto y el agregado, incluyendo la cal hidratada, el cemento Portland y productos nanotecnológicos. La resistencia al deterioro por humedad puede aumentarse a través de la utilización de asfaltos de mayor viscosidad y la ampliación del grosor de la película de asfalto sobre el agregado. Para evaluar la resistencia de la mezcla a la humedad, se emplean ensayos como Marshall (AASHTO T 245-97, 04), Cántabro (NLT 352/86), tracción indirecta (AASHTO T283) e inmersión estática (AASHTO T182).

Efecto del Agua en las Propiedades del Asfalto

A pesar de que el asfalto se considera un material impermeable, la exposición prolongada al agua provoca cambios en sus propiedades físicas, químicas y geológicas. En estudios experimentales, las láminas de cemento asfáltico, a veces inmersas en agua durante un lapso de 12 a 17 meses, mostraron una reducción del ligante asfáltico, lo que podría contribuir al fenómeno de stripping. Asimismo, la exposición al agua generó un incremento en la rigidez y viscosidad del asfalto, posiblemente debido a un proceso de oxidación inducido por el oxígeno presente en el agua.

Aplicaciones en Revestimiento de Canales de Aguas Lluvias

En el caso del revestimiento de canales con mezcla asfáltica reciclada, el análisis del daño por humedad resulta fundamental, ya que la exposición constante al agua puede comprometer la durabilidad del material. La incorporación de aditivos que mejoren la adherencia y la resistencia al agua podría desempeñar un papel clave en la formulación de la mezcla. Además, se recomienda evaluar la resistencia mecánica de la mezcla en condiciones de

inmersión prolongada, con el propósito de determinar su viabilidad en este tipo de aplicación.

Caracterización de Materiales

Tabla 1: Valores de Caracterización de los Agregados Empleados en Mezclas Asfálticas.

Test	Método	Resultado (%)
Gravedad específica	ASTM D 854-00	2,62
Equivalente de arena	ASTM D 2419-95	76
Límite líquido	ASTM D 4318-00	0
Índice de plasticidad	ASTM D 4318-00	0
Caras fracturadas	ASTM D 5821-01	87
Índices de alargamiento y aplanamiento	NLT 354-91	9,5
Resistencia a sulfato de magnesio	ASTM C 88-99a	12,9
Micro-Deval	ASTM D6928-03	22,3
10% de finos (relación húmedo/seco)	DNER-ME 096-98	83
Ensayo máquina de Los Ángeles	ASTM C 131-01	24,6

Fuente: Rondón Quintana, Ruge Cardenas, & Moreno Anselm (2016)

Tabla 2: Características Generales de los Asfaltos CA 80-100 y CA 60-70

Ensayo	Método	Unidad	80-100	60-70
Ensayos sobre el asfalto original				
Penetración	ASTM D-5	0,1 mm	84	65
Punto de ablandamiento	ASTM D-36	°C	51,2	52,5
Viscosidad (60 °C)	ASTM D-2171	Pa-s	140,5	175,2
Viscosidad a 135 °C	AASHTO T-316	Pa-s	0,35	0,36
Ductilidad	ASTM D-113	cm	139	117
Solubilidad en tricloroetileno	ASTM D-2042	%	> 99	> 99
Contenido de agua	ASTM D-95	%	< 0,2	< 0,2
Punto de inflamación	ASTM D-92	°C	295	275
Ensayos sobre el residuo luego del RTFOT				
Pérdida de masa	ASTM D-2872	%	0,34	0,47
Penetración del residuo en % de la penetración original	ASTM D-5	%	62	72

Fuente: Rondón Quintana, Ruge Cardenas, & Moreno Anselm (2016)

Efectos del Agua en el Ligante Asfáltico

Las mezclas asfálticas sumergidas en agua durante 17 meses mostraron una reducción significativa en su resistencia mecánica. Lograron notar que la pérdida debido al desgaste en seco es por te que hubo un incrementó de 182,4% para el asfalto CA 80-100 y un 194,5% para el CA 60-70. Además, la relación estabilidad-flujo (E/F) disminuyó en un 67% (Rondón Quintana et al., 2016). Por

otro lado, los asfaltos sumergidos en agua experimentaron aumento en su rigidez y viscosidad, lo que sugiere un proceso de oxidación debido a la interacción con el oxígeno del agua. Este endurecimiento del ligante podría contribuir a la separación del petróleo agregado y la aparición del fenómeno de stripping.

Calidad del agua en la preparación de mezclas asfálticas

El agua utilizada en la producción de mezclas asfálticas desempeña un papel fundamental en la calidad y durabilidad del pavimento, ya que cualquier impureza puede alterar la adhesión entre el ligante asfáltico y los agregados, comprometiendo su desempeño estructural. (Gerconcesiòn, 2007)

Para garantizar una mezcla de calidad, el agua debe cumplir ciertos parámetros químicos. Se recomienda que su pH se mantenga en un rango de **5.5 a 8.0**, ya que valores fuera de este intervalo pueden generar reacciones adversas con el asfalto y los agregados. Un pH ácido puede acelerar la corrosión de los materiales, mientras que un pH excesivamente alcalino puede reducir la adherencia del ligante asfáltico. (Gerconcesiòn, 2007)

Método Marshall para el Diseño de Mezclas Asfálticas

Este método es una de las metodologías más utilizadas a nivel mundial para el diseño de mezclas asfálticas en pavimentación. Por eso, su principal objetivo es determinar el contenido óptimo de ligante asfáltico que garantice un equilibrio entre estabilidad, durabilidad y resistencia a las condiciones de tráfico y ambientales. Este método, desarrollado por Bruce Marshall en la década de 1930 y posteriormente adoptado por la Administración Federal de Carreteras de los Estados Unidos, se basa en la compactación de especímenes cilíndricos y la evaluación de su comportamiento mecánico bajo carga.

Procedimiento del Método Marshall

El diseño de mezclas asfálticas mediante el **Método Marshall** involucra varias etapas que permiten caracterizar la interacción entre el ligante asfáltico y los agregados. Estas etapas incluyen:

1. **Selección de Materiales:** Se eligen los agregados pétreos y el ligante asfáltico de acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto, considerando aspectos como granulometría, resistencia y adherencia.
2. **Preparación de Muestras:** Se elaboran probetas cilíndricas compactadas con diferentes contenidos de asfalto. Para la compactación, se utiliza un martillo de impacto que aplica un número específico de golpes en cada cara de la muestra, simulando el efecto del tránsito vehicular.
3. **Curado y Acondicionamiento:** Las probetas compactadas se sumergen en un baño de agua a una temperatura de 60°C durante un período de 30 a 40 minutos, con el fin de simular las condiciones de temperatura a las que la mezcla estará expuesta en el pavimento.
4. **Ensayo de Estabilidad y Flujo:** Se someten las muestras a una carga axial en la prensa Marshall, donde se registra la **estabilidad** (resistencia máxima a la carga antes del fallo) y el **flujo** (deformación plástica sufrida por la mezcla antes del colapso). Estos valores permiten evaluar la resistencia de la mezcla ante cargas dinámicas.
5. **Determinación de Parámetros Volumétricos:** Se calculan diversas propiedades fundamentales para garantizar el adecuado desempeño de la mezcla, tales como:
 - **Densidad aparente (Gmb)**
 - **Densidad máxima teórica (Gmm)**
 - **Porcentaje de vacíos en la mezcla (Vv)**
 - **Vacíos en el agregado mineral (VMA)**
 - **Vacíos llenos con asfalto (VFA)**
6. **Selección del Contenido Óptimo de Asfalto:** A partir del análisis de los resultados obtenidos en los ensayos, se selecciona el contenido de asfalto

que maximiza la estabilidad y minimiza los vacíos, garantizando la durabilidad y el comportamiento estructural de la mezcla.

Importancia del Método Marshall en el Uso de Materiales Reciclados

En el contexto de la sostenibilidad y la reducción del impacto ambiental en la infraestructura vial, el **Método Marshall** ha demostrado ser una herramienta eficaz para evaluar el desempeño de mezclas asfálticas que incorporan materiales reciclados, tales como **RAP (Reclaimed Asphalt Pavement)** o polímeros reciclados. La metodología permite determinar si la inclusión de estos materiales afecta la resistencia, la estabilidad y la durabilidad de la mezcla, asegurando su viabilidad técnica y económica.

Según el estudio presentado en Civilgeeks.com (2021), el método sigue siendo una referencia clave en la ingeniería vial debido a su facilidad de aplicación y a la confiabilidad de sus resultados en la predicción del comportamiento de las mezclas en campo. La combinación de ensayos de laboratorio con este método permite optimizar la formulación de mezclas y garantizar la longevidad del pavimento

Módulo de Resiliencia en Mezclas Asfálticas

El Módulo de Resiliencia (M_r) es un parámetro fundamental en la evaluación del comportamiento mecánico de las mezclas asfálticas, ya que mide su capacidad de recuperación elástica ante cargas repetitivas, simulando las condiciones de tránsito vehicular. Este módulo es un indicador clave en el diseño de pavimentos flexibles, pues permite estimar la resistencia de la mezcla a la fatiga y la deformación permanente, influyendo directamente en su vida útil y desempeño estructural. De acuerdo con el Instituto Mexicano del Transporte (IMT), la determinación del M_r se realiza mediante ensayos de carga repetitiva en laboratorio, bajo normativas como UNE 12697-26 anexo C y ASTM 7369. Durante estos ensayos, se aplica una serie de cargas dinámicas a especímenes de mezcla asfáltica y se mide la deformación recuperable de los mismos. Los resultados obtenidos permiten evaluar la elasticidad de la mezcla y su capacidad

para resistir esfuerzos inducidos por el tráfico sin sufrir deformaciones plásticas irreversibles. (Flores Flores, 2022)

Plástico

El plástico es uno de los materiales más utilizados en la industria moderna debido a su versatilidad, bajo costo y facilidad de procesamiento. Se trata de una clase de materiales sintéticos, principalmente compuestos de polímeros, que pueden ser moldeados y transformados en una variedad de formas. Sin embargo, a pesar de sus múltiples ventajas, el plástico ha generado importantes preocupaciones medioambientales debido a su resistencia a la biodegradación y a los desafíos asociados con su reciclaje. (Editorial RSyS, 2021)

Características del Plástico

Los plásticos se distinguen por su capacidad de ser moldeados a alta temperatura y por sus propiedades como materiales ligeros, resistentes y duraderos. Su estructura está compuesta principalmente por átomos de carbono, con algunos elementos adicionales como hidrógeno, oxígeno, cloro, nitrógeno y azufre, dependiendo del tipo de plástico. Los plásticos presentan una notable flexibilidad en sus aplicaciones, lo que permite que se utilicen en una vasta gama de productos, desde envases hasta componentes electrónicos y de construcción.

Obtención del Plástico

El proceso de producción de plástico se inicia con la extracción de recursos naturales, tales como el petróleo y el gas natural, que constituyen los materiales fundamentales para la fabricación de plásticos. Estos recursos se someten a un proceso de refinado, tras el cual se obtienen monómeros, compuestos químicos que se enlazan para formar los polímeros. Este proceso de polimerización puede ser de dos tipos: adición o condensación, dependiendo de cómo se unen las moléculas. Posteriormente, los polímeros obtenidos se mezclan con aditivos, como estabilizadores, plastificantes o colorantes, para darles las propiedades específicas requeridas para cada aplicación.

Propiedades del Plástico

Las propiedades del plástico varían dependiendo del tipo de polímero y los aditivos empleados en su fabricación. Entre las propiedades más destacadas, se incluyen la resistencia a la corrosión, su bajo peso, buena conductividad térmica y eléctrica, así como su impermeabilidad al agua. Sin embargo, uno de los aspectos más relevantes es su durabilidad, ya que muchos plásticos no se biodegradan fácilmente, lo que plantea un desafío ambiental significativo. Además, los plásticos son buenos aislantes, lo que los hace ideales para aplicaciones eléctricas, y poseen una alta resistencia a los agentes químicos, lo que permite su uso en una amplia gama de entornos industriales.

Categorización del Plástico

El plástico se clasifica en función de su origen y sus propiedades, principalmente en dos grandes categorías: **naturales** y **sintéticos**. Los plásticos naturales provienen de materiales orgánicos como la celulosa, mientras que los sintéticos son derivados de recursos fósiles, como el petróleo y el gas natural. Dentro de los plásticos sintéticos, la clasificación más común se realiza en función de su comportamiento frente al calor. Se distingue entre:

- **Termoplásticos:** Son aquellos plásticos que se ablandan al ser calentados y pueden ser moldeados repetidamente sin alterar sus propiedades. Ejemplos de termoplásticos incluyen el polietileno (PE), el polipropileno (PP) y el poliestireno (PS).
- **Termoestables:** Estos plásticos, una vez que se han moldeado y curado, no pueden ser reblandecidos con el calor. Su estructura reticulada le proporciona una alta resistencia al calor. Ejemplos de estos plásticos son la baquelita y la resina epóxica.
- **Elastómeros:** Son plásticos con una gran elasticidad, como el caucho, que pueden estirarse considerablemente y recuperar su forma original. Son utilizados principalmente en la fabricación de gomas y sellos.

Ubicación de la Zona del Proyecto

De acuerdo con los términos de referencia del estudio, la vía se inicia en la población Simón Bolívar, y finaliza en Mariscal Sucre, cubriendo una longitud de 11.75 kilómetros. Se trata de una vía existente con un ancho promedio de 7.00 m. Las coordenadas de la vía en estudio se presentan en la Tabla.

Tabla 3: Coordenadas de la Vía Proyectada

DESCRIPCIÓN	ESTE	NORTE
Mariscal Sucre	666581.72	9766885.62
Simón Bolívar	668062.90	9778052.42

Fuente: Consejo Provincial del Gobierno Autonomo Descentralizado del Guayas (2025)

Información Cartográfica y Topográfica

El Instituto Geográfico Militar (IGM) proporciona la información cartográfica y topográfica necesaria para el proyecto. La carta empleada es Milagro, con un datum WGS 84 en escala 1:50000. Para una investigación en hidrología, es crucial disponer de datos hidrometeorológicos, siendo las variables de precipitación y escurrimiento superficial las de mayor jerarquía. Es importante destacar que en el río Ñauza no hay datos de escurrimiento en el punto de cruce con la carretera, ni en ningún otro próximo. Este estudio ha recolectado datos de la estación climática Milagro (Ingenio Valdez), cuyo registro tiene una extensión de 54 años, de los cuales se han escogido 49 años por estar completos e incluyen hasta el año 2015. La confiabilidad de esta información está fuera de toda duda, ya que se trata de una estación agrometeorológica (AP) y por tanto operada por un técnico especializado. Esta información, fue extraída de los registros de la ex – Cedegé y de los anuarios meteorológicos publicados por el INAMHI.

Tabla 4: Coordenadas de las Estaciones Consultadas

ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD
Milagro (Ingenio Valdez)	02°08'20" S	79°36'19" O

Fuente: Consejo Provincial del Gobierno Autonomo Descentralizado del Guayas (2025)

Tabla 5: Precipitación Máxima Anual en 24 Horas (mm). Estación: Milagro (Ingenio Valdez)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	MAX. DIARIA ANUAL
1959			80.8	52.1	1.5	0.0	0.8				14.2		
1960	36.1	61.0	24.2	3.1								8.6	
1961	7.1		38.6	50.8									
1962									T	T	1.9	2.4	
1963	62.4	19.1	42.1	22.1	11.8	0.4	0.1	T	T	0.3	0.7	14.7	62.4
1964	29.9	31.5	50.2	62.5	0.1	0.4	0.0	0.0	0.1	1.3	1.0	6.5	62.5
1965	73.3	25.4	97.8	106.1	31.6	25.6	0.2	0.0	1.2	0.8	2.6	59.9	106.1
1966	68.1	69.4	91.0	26.1	2.4	1.2	0.4	1.0	0.1	3.9	0.2	7.4	91.0
1967	75.6	74.4	54.1	26.8	0.8	0.2	0.7	0.0	1.0	1.9	0.0	2.8	75.6
1968	86.0	11.5	38.8	16.2	0.0	2.2	0.4	0.4	0.0	3.0	1.2	46.0	86.0
1969	18.0	26.5	68.4	64.2	60.3	26.6	0.2	1.3	1.0	0.0	3.0	42.4	68.4
1970	61.2	70.3	32.7	41.3	47.4	1.4	0.0	T	T	T	1.6	12.6	70.3
1971	33.2	23.6	66.6	22.6	25.6	11.1	0.1	0.0	1.8	0.5	4.7	5.0	66.6
1972	70.3	86.1	134.1	43.2	23.0	29.3	0.0	1.4	0.6	0.1	0.2	77.5	134.1
1973	122.4	99.1	90.5	44.1	57.6	2.2	0.3	0.0	2.5	0.0	0.3	13.2	122.4
1974	79.4	74.7	42.1	91.0	33.8	0.3	0.0	0.0	4.2	2.2	2.1	8.3	91.0
1975	53.0	116.7	164.0	64.2	22.2	2.0	1.5	3.4	0.0	12.4	0.5	12.8	164.0
1976	103.4	98.9	98.5	48.9	45.5	7.7	0.3	0.4	0.6	0.0	0.1	3.3	103.4

Fuente: Consejo Provincial del Gobierno Autonomo Descentralizado del Guayas (2025)

Tabla 6: Precipitación Media Mensual (mm). Estación: Milagro (Ingenio Valdez)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	MAX. DIARIA ANUAL
1977	31.4	58.4	63.6	59.2	2.8	0.5	0.5	0.1	18.5	1.0	0.3	4.8	63.6
1978	35.8	83.0	20.1	53.2	9.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.5	6.4	83.0
1979	29.9	52.2	48.1	109.3	12.8	0.1	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	109.3
1980	48.8	74.8	61.5	113.3	8.8	0.3	0.0	0.5	0.0	1.8	0.8	5.0	113.3
1981	31.4	40.6	106.7	38.7	1.3	0.1	3.7	0.1	0.0	0.0	1.0	18.2	106.7
1982	37.8	61.5	18.8	5.0	6.2	0.8	0.2	0.0	1.5	29.0	62.0	86.0	86.0
1983	67.9	69.3	130.5	92.8	62.0	137.1	102.6	0.3	28.6	1.8	3.0	41.1	137.1
1984	6.4	111.6	68.5	56.2	3.5	18.9	0.3	0.0	1.0	1.2	0.8	30.7	111.6
1985	56.3	17.7	63.6	20.9	1.0	0.1	0.0	0.0	0.6		0.0	56.6	63.6
1986	162.1	75.2	22.4	80.2	2.7	0.1	0.1	0.6	1.4	2.5	0.7	52.1	162.1
1987	108.5	148.6	73.7	89.7	27.5	0.0	0.3	5.5	0.2	0.7	0.0	36.8	148.6
1988	95.4	41.7	22.1	115.9	69.5	0.4	0.7	TT	0.1	0.5	TT	31.1	115.9
1989	76.3		63.6	64.8	35.1	3.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.5	1.6	76.3
1990	20.6	103.2	42.2	36.0	13.0	35.2	0.2	0.1	0.4	4.0	0.3	33.9	103.2
1991	15.8	77.6	75.0	3.9	11.4	0.6	1.0	0.4	0.4	0.3	1.1	30.0	77.6
1992	61.0	98.0	104.5	133.1	67.0	4.0	3.5	0.3	0.1	0.4	1.7	3.4	133.1
1993	72.0	92.6	76.3	70.4	12.0	0.5	0.6	TT	0.0	1.2	0.3	60.5	92.6
1994	95.4	56.8	73.5	57.6	19.5	0.2	0.0	0.0	0.2	0.3	3.5	63.9	95.4
1995	119.4	52.6	86.5	46.3	10.1	TT	2.5	0.1	0.6	0.2	1.6	13.3	119.4
1996	21.9	79.2	130.5	23.3	0.4	0.1	0.5	0.0	0.1	0.0	0.6	3.7	130.5
1997	71.0	106.9	124.0	92.0	47.1	120.8	112.5	6.5	33.3	9.8	107.5	106.4	124.0
1998	115.3	194.5	120.7	110.7	129.0	19.4	27.7	0.0	0.5	0.4	0.9	2.8	194.5
1999	58.8			89.5	26.3	1.0	0.0	0.0	1.5	2.2	2.1	40.9	
2000	36.4	43.6	111.8	33.8	60.3	4.8	0.0	0.0	2.3	2.0	0.1	2.8	111.8
2001	112.5	169.0	158.6	46.9	4.4	0.0		0.0	0.0	0.1	0.0	0.4	169.0
2002	30.5	178.0	111.4	56.7	3.0	5.1	0.0	0.0	0.0	3.3	0.0	14.3	178.0
2003	45.2	113.9	102.0	33.4	50.0	0.5	0.4	0.0	0.0	1.0	0.0	19.8	113.9
2004	44.4	65.0	78.7	34.5	42.8	1.8	0.5	0.0	2.9	1.1	0.2	12.5	78.7
2005	112.2	53.0	74.4	51.4	25.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	1.0		112.2
2006	111.9	119.7	83.7	11.3	51.4	1.2	0.0	1.0	0.0	0.1	0.8	12.4	119.7
2007	43.6	25.3	100.9	100.2	5.5	1.7	1.0	0.0	0.0	2.8	4.0	1.4	100.9
2008	69.2	104.1	116.0	64.8	23.1	0.3		0.3	2.6	0.5	0.3	0.1	116.0
2009	93.5	61.5	93.2	11.8	40.1	2.0	0.3	0.2	0.0	0.1	0.0	16.9	93.5
2010	75.2	75.0	39.7	112.5	24.7	0.4	1.0	0.5	0.0	0.2	5.5	27.5	112.5
2011	34.5	87.8	32.5	89.7	0.6	13.3	13.0	0.1	0.0	0.0	0.4	2.8	89.7
2012	88.7	143.2	105.3	45.1	30.2	0.3	0.0	0.0	0.0	1.8	0.4	5.7	143.2
2013	47.2	51.3	120.0	37.8	10.3	0.9	1.0	2.6	0.1	0	0	1	120.0
2014	102.2	54.2	35.2	14.0	56.0	1.3	0.7	0.4	1.5	7.7	0	0.4	102.2
2015	14.4	91.1	97.9		59.2	24.4	0.9	0.0	0.0	4.3	0.7	12.1	

Fuente: Consejo Provincial del Gobierno Autonomo Descentralizado del Guayas (2025)

Tabla 7: Precipitación Media Mensual (mm). Estación: Milagro (Ingenio Valdez)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1921	365.0	404.0	217.0	97.0	20.0	2.0	2.0	0.0	0.0	0.0	5.0	59.0	1171.0
1922	617.0	523.0	410.0	146.0	49.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	0.0	86.0	1838.0
1923	499.0	482.0	376.0	358.0	120.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.0	2.0	1851.0
1924	458.0	80.0	236.0	228.0	40.0	5.0	0.0	1.0	7.0	8.0	0.0	57.0	1120.0
1925	291.0	796.0	763.0	567.0	205.0	48.0	0.0	0.0	3.0	0.0	4.0	163.0	2840.0
1926	510.0	540.0	550.0	281.0	32.0	11.0	0.0	0.0	0.0	7.0	0.0	6.0	1937.0
1927	354.0	263.0	466.0	75.0	14.0	6.0	1.0	0.0	5.0	12.0	1.0	13.0	1210.0
1928	156.0	526.0	423.0	324.0	117.0	34.0	0.0	1.0	0.0	8.0	1.0	91.0	1681.0
1929	577.0	728.0	474.0	268.0	46.0	3.0	0.0	0.0	0.0	5.0	8.0	21.0	2130.0
1930	250.0	589.0	214.0	340.0	64.0	0.0	2.0	5.0	1.0	43.0	55.0	192.0	1755.0
1931	464.0	266.0	344.0	367.0	74.0	16.0	0.0	0.0	4.0	0.0	33.0	33.0	1601.0
1932	640.0	582.0	504.0	601.0	220.0	83.0	1.0	1.0	17.0	4.0	0.0	53.0	2706.0
1933	577.0	532.0	766.0	308.0	66.0	8.0	0.0	0.0	1.0	5.0	10.0	56.0	2329.0
1934	224.0	477.0	515.0	221.0	75.0	22.0	1.0	1.0	3.0	5.0	6.0	56.0	1606.0
1935	235.0	480.0	350.0	200.0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	1.0	218.0	1536.0
1936	346.5	554.1	340.8	333.4	31.0	18.0	0.0	0.0	0.0	8.0	10.0	66.0	1707.8
1937	68.0	429.0	622.0	65.0	16.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1203.0
1938	154.0	604.0	422.0	131.0	25.0	2.0	0.0	0.0	6.0	8.0	8.0	38.0	1398.0
1939	451.0	798.0	926.1	655.5	232.0	30.0	0.0	8.0	13.0	0.0	0.7	104.0	3218.3
1940	667.0	511.0	231.0	261.0	204.0	0.0	0.0	0.0	28.3	5.0	0.5	7.0	1914.8
1941	482.0	463.0	508.0	276.0	326.5	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	34.0	2094.1
1942	350.2	572.0	263.0	287.0	33.0	4.5	0.0	3.0	3.0	0.0	0.0	34.0	1549.7
1943	353.3	368.6	434.0	432.0	24.0	7.1	0.0	0.0	0.0	2.0	56.2	98.0	1775.2
1944	166.0	343.0	519.0	126.0	82.0	28.0	0.0	0.0	9.0	0.1	0.0	27.0	1300.1
1945	560.0	529.0	197.0	22.0	8.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	4.0	178.0	1498.3
1946	400.0	298.0	214.0	224.0	83.0	0.0	0.1	1.0	0.1	1.0	0.1	1.0	1222.3
1947	421.0	547.0	421.0	203.0	12.0	0.1	0.1	1.0	4.0	7.0	4.0	163.0	1783.2
1948	425.7	343.7	196.0	145.8	100.0	6.2	0.0	0.0	1.1	11.2	1.6	0.1	1231.4
1949	283.6	445.2	308.2	346.9	11.3	0.8	1.0	0.1	0.0	0.0	0.0	1.6	1398.7
1950	391.9	510.6	379.0	38.2	0.5	1.7	0.2	0.0	0.0	5.8	2.6	126.0	1456.5
1951	378.3	119.1	145.3	198.3	79.2	48.6	178.6	0.8	1.2	3.0	4.5	40.3	1197.2
1952	211.5	193.5	24.2	140.7	2.5	13.0	0.0	0.0	0.0	3.7	0.7	0.7	590.5
1953	266.8	622.8	506.7	585.7	341.1	7.4	10.4	0.0	0.6	0.0	4.0	0.5	2346.0
1954	463.0	294.2	298.6	31.5	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6	0.0	79.9	1175.6
1955	459.4	324.8	235.8	186.0	17.4	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	7.4	1233.8
1956	161.5	189.9	413.7	181.0	17.8	0.0	6.8	0.7	0.7	2.0	0.0	0.8	974.9
1957	193.1	465.7	442.8	420.1	158.6	15.7							
1958												2.0	
1959			344.1	127.9	1.5	0.0	0.8				32.9	119.4	

Fuente: Consejo Provincial del Gobierno Autonomo Descentralizado del Guayas (2025)

Tabla 8: Precipitación Media mensual (mm). Estación: Milagro (Ingenio Valdez)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1960		209.2	313.2	59.6	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.6	
1961	34.0		131.0	286.9								42.1	
1962									T	T	2.1	4.9	
1963	280.4	108.1	344.4	29.2	21.4	0.4	0.1	T	T	0.5	0.7	29.8	815.0
1964	261.0	131.8	375.6	171.3	0.1	1.0	0.0	0.0	0.1	1.4	1.2	7.0	950.5
1965	345.8	105.4	482.4	522.3	190.8	43.0	0.2	0.0	2.0	1.1	4.8	153.2	1851.0
1966	436.9	168.2	354.9	100.6	8.9	1.9	0.4	1.0	0.1	5.9	0.2	18.8	1097.8
1967	427.6	465.8	111.5	31.6	1.9	0.5	1.0	0.0	1.0	2.8	0.0	4.2	1047.9
1968	228.9	46.6	116.6	40.4	0.0	2.7	0.4	0.8	0.0	4.2	1.4	53.1	495.1
1969	57.2	66.7	284.3	357.5	155.2	36.5	0.3	1.3	1.0	T	4.4	46.2	1010.6
1970	275.2	223.2	92.3	246.4	126.0	2.1	0.0	T	T	T	2.3	31.2	998.7
1971	119.5	124.1	478.5	41.3	29.9	11.6	0.1	T	2.4	1.2	4.9	14.9	828.4
1972	205.7	352.6	525.6	208.6	53.7	131.8	0.0	2.3	0.6	0.2	0.2	188.4	1669.7
1973	580.4	390.3	1083.2	218.7	191.6	2.6	0.3	0.0	6.6	0.0	0.3	23.4	2497.4
1974	141.5	304.7	113.0	159.0	54.2	0.3	0.0	0.0	7.0	2.7	3.9	38.8	825.1
1975	219.6	437.6	734.4	291.9	23.1	2.6	3.4	6.0	0.0	20.0	1.1	17.1	1756.8
1976	400.8	546.0	634.8	341.9	106.7	12.8	0.6	0.6	0.8	0.0	8.2	8.5	2061.7
1977	177.9	372.2	297.4	141.8	2.8	1.1	0.5	0.1	18.9	0.1	0.5	14.7	1028.0
1978	118.0	304.3	109.7	97.3	23.3	0.0	0.0	0.0	0.4	0.3	0.5	17.5	671.3
1979	78.4	191.4	130.4	247.2	15.1	0.2	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	663.2
1980	103.9	205.9	234.2	380.3	14.8	0.4	0.0	1.0	0.0	2.8	1.0	8.6	952.9
1981	121.8	319.0	327.9	160.3	1.6	0.1	6.6	0.2	0.0	1.2	0.1	38.5	977.3
1982	127.7	133.6	30.8	27.0	7.8	0.8	0.4	0.0	2.3	50.5	218.9	367.3	967.1
1983	436.5	418.1	661.7	790.0	431.7	446.7	456.4	8.5	89.3	5.6	6.7	84.0	3835.2
1984	8.5	621.0	304.0	266.5	8.5	22.3	0.5	0.0	1.9	2.6	0.8	70.5	1307.1
1985	119.4	67.8	208.7	42.3	2.3	0.1	0.0	0.0	0.6		0.0	83.6	
1986	559.2	216.8	56.7	174.9	3.4	0.1	0.1	0.6	1.4	3.0	0.9	153.7	1170.8
1987	476.4	696.9	531.7	392.3	103.6	0.0	0.3	6.5	0.2	2.4	0.0	62.5	2272.8
1988	434.1	277.0	29.8	262.3	124.3	0.7	0.8	0.0	0.2	0.6	0.0	44.7	1174.5
1989	520.3	471.1	305.0	234.0	36.0	3.5	0.0	0.0	0.0	1.1	1.1	1.6	1573.7
1990	56.3	302.7	177.6	110.8	28.4	43.8	0.2	0.1	0.4	4.5	0.5	67.9	793.2
1991	60.5	448.4	222.4	10.8	25.7	1.4	1.4	0.4	0.9	0.6	1.7	58.8	833.0
1992	127.3	628.7	687.5	506.4	382.4	11.8	5.9	0.3	0.1	0.7	3.7	4.2	2359.0
1993	237.6	668.5	389.5	275.2	59.0	0.5	1.1	0.0	0.0	2.0	0.4	147.0	1780.8
1994	255.0	318.1	264.2	198.9	43.9	0.2	0.0	0.0	0.2	0.6	4.4	139.0	1224.5
1995	308.1	203.2	159.7	108.0	15.6	0.0	3.9	0.1	0.6	0.2	2.1	17.6	819.1
1996	79.5	355.7	338.6	42.0	0.8	0.1	0.5	0.0	0.1	0.0	1.0	8.6	826.9
1997	208.6	487.2	680.0	381.5	99.5	200.5	156.3	31.7	127.1	30.5	551.2	595.5	3549.6
1998	712.7	846.0	966.4	957.3	517.8	91.4	33.8	0.0	0.5	0.4	0.9	3.2	4130.4
1999	113.5	519.8		207.5	60.3	2.1	0.0	0.0	2.9	3.5	3.8	82.0	
2000	110.1	221.4	284.9	164.1	134.1	5.9	0.0	0.0	3.5	2.0	0.1	4.0	930.1
2001	376.0	386.6	748.4	179.5	16.7	0.0	0.5	0.0	0.0	0.1	0.0	0.7	1708.5

Fuente: Consejo Provincial del Gobierno Autonomo Descentralizado del Guayas (2025)

Tabla 9: Precipitación Media Mensual (mm). Estación: Milagro (Ingenio Valdez)

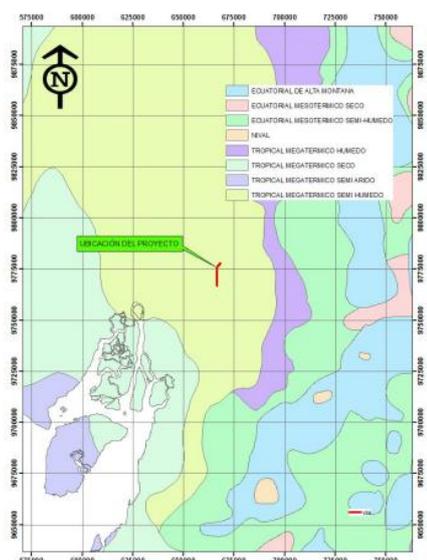
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2002	57.1	590.2	594.0	278.8	6.5	5.8	0.0	0.0	0.0	5.3	0.0	55.9	1593.6
2003	115.2	337.0	173.1	90.7	51.9	0.8	0.4	0.0	0.0	1.3	0.0	28.2	798.6
2004	101.7	275.4	332.7	145.6	66.0	2.3	1.0	0.0	5.9	1.5	0.4	20.6	953.1
2005	131.0	201.5	263.8	120.0	25.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	1.1	44.0	786.5
2006	316.9	573.8	339.0	20.0	56.0	2.1	0.0	1.4	0.0	0.1	2.7	23.2	1335.2
2007	211.1	97.5	481.6	162	15.9	3	1.2	0	0	2.9	5.1	3	983.3
2008	468	669.8	619.2	272.9	48.4	1	0.2	0.6	2.9	2.5	0.4	0.1	2086
2009	456.9	380.8	187.6	49.1	66.1	2.4	0.3	0.2	0	0.1	0	18.0	1161.5
2010	163.5	464.9	238.4	330.5	34.8	1.3	3.3	0.7	0	0.2	7.1	124.8	1369.5
2011	158.1	263.2	39.2	393.8	0.6	18.3	31.5	0.1	0	0	0.50	6.8	912.1
2012	457.5	806.2	494.1	223.1	85	0.4	0	0	0	4.9	0.4	6.1	2077.7
2013	292	253.5	329.5	132.4	15.6	1.6	2.0	2.7	0.1	0	0	1.4	1030.8
2014	398	301.5	125.4	53.7	262.3	3.1	1.5	1.1	2.9	11.4	0	0.5	1161.4
2015	104.3	209.4	329.9	269.3	254.1	50.2	1.9	0	0	5.5	1.8	17.3	1243.7

Fuente: Consejo Provincial del Gobierno Autonomo Descentralizado del Guayas (2025)

Características Climáticas de la Zona

El clima de la zona de proyecto, de acuerdo a la clasificación realizada por el MAGAP usando criterios como la precipitación, temperatura y factores topográficos o de relieve como la latitud, altitud y localización, es del tipo tropical mega térmico semihúmeda. En la Figura N° 9, se presentan los tipos de clima existentes en la zona.

Ilustración 9: Tipos de Clima en la Zona de Estudio

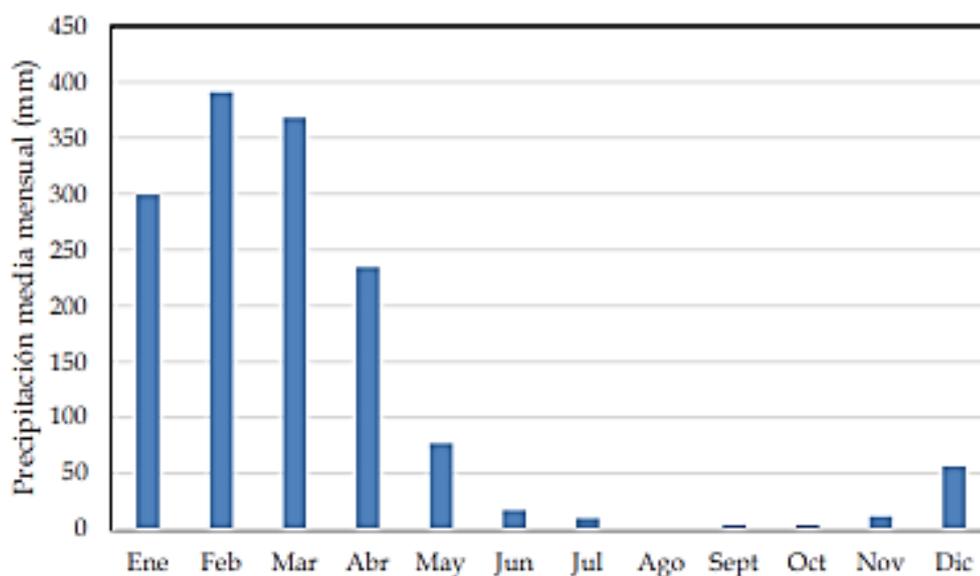


Fuente: Consejo Provincial del Gobierno Autonomo Descentralizado del Guayas (2025)

Régimen de Lluvia

El régimen de lluvia permite observar cómo es la distribución de lluvias durante el año, lo que resulta útil en el momento de planificar el uso y control del recurso agua. En la Figura, se presenta el régimen de lluvia de la estación Milagro, donde claramente se puede observar que, desde enero hasta abril son los meses de mayor precipitación, siendo el de mayor precipitación el de febrero.

Ilustración 10: Régimen de Lluvias en Milagro



Fuente: Consejo Provincial del Gobierno Autonomo Descentralizado del Guayas (2025)

Impacto Ambiental y Sostenibilidad

La evaluación ambiental de proyectos de infraestructura es un proceso esencial para garantizar que el desarrollo se lleve a cabo de manera responsable y sostenible. Este análisis exhaustivo permite identificar, prever y mitigar los posibles impactos ambientales, sociales y económicos que podría generar un proyecto antes de su implementación. Más allá de ser un requisito técnico, se trata de un mecanismo clave para equilibrar las necesidades de desarrollo con la protección del entorno natural y el bienestar de las comunidades. El proceso de evaluación ambiental incluye varias etapas fundamentales. En primer lugar, se realiza un diagnóstico detallado del área afectada para comprender sus características ecológicas, sociales y económicas. Luego, se identifican y

analizan los posibles efectos negativos que el proyecto podría generar, como la deforestación, contaminación del agua, desplazamiento de comunidades o alteración de ecosistemas. A partir de este análisis, se proponen estrategias de mitigación para reducir dichos impactos, priorizando siempre alternativas que minimicen el daño ambiental y maximicen los beneficios para la población. (Consejo Provincial del Gobierno Autonomo Descentralizado del Guayas, 2025)

Un aspecto clave de este proceso es la participación de las comunidades involucradas. Escuchar las preocupaciones, ideas y sugerencias de las personas que habitan la zona es fundamental para garantizar que el proyecto no solo sea técnicamente viable, sino también socialmente aceptado. Además, se evalúan alternativas al diseño inicial, considerando opciones que puedan ser menos invasivas o más sostenibles a largo plazo. El objetivo final de la evaluación ambiental no es frenar el desarrollo, sino guiarlo hacia un camino que respete el equilibrio entre el progreso y la conservación. Al minimizar el impacto ambiental y garantizar beneficios tangibles para las comunidades, se promueve un modelo de desarrollo más justo y consciente, donde el crecimiento económico y el bienestar social vayan de la mano con el cuidado del planeta. (Consejo Provincial del Gobierno Autonomo Descentralizado del Guayas, 2025)

2.2 Marco Legal:

Constitución de la República del Ecuador

- **Artículo 23:** Garantiza el derecho de las personas al acceso y disfrute del espacio público. (Constitución de la República del Ecuador, 2008)
- **Artículo 89:** Define la importancia de reducir el efecto ambiental de las actividades llevadas a cabo en la región. (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo

- **Equidad territorial y justicia social:** Promueve la distribución equitativa del suelo y el acceso a infraestructura básica. (Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo, 2016)

- **Derecho a la ciudad:** Asegura que todos los individuos tengan acceso a servicios, espacios y oportunidades dentro de los entornos urbanos. (Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo, 2016)
- **Función pública del urbanismo:** Regula el uso del suelo para un desarrollo sostenible. (Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo, 2016)

Normativa Ecuatoriana de la Construcción

- **NEC 15 - Cargas no sísmicas:** Regula las cargas estructurales que no están relacionadas con eventos sísmicos. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2023)
- **NEVI 12 mtop volumen 3:** Documento técnico del Ministerio de Transporte y Obras Públicas de Ecuador que establece directrices para infraestructura vial. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2023)

Normas de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua

- **ASTM D6926 – 16:** Diseño de mezclas asfálticas densas en caliente en función del nivel de tránsito (Normas de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes, 2023)
- **ASTM D979:** Práctica estándar para el muestreo de mezclas asfálticas de pavimentación (Normas de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes, 2023)
- **Viscosidad (T-201, D-2170, T-202, D-2171):** Mide la resistencia del asfalto al flujo bajo ciertas condiciones de temperatura. Es un parámetro clave para evaluar su capacidad de trabajo y aplicación en pavimentación. (Normas de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes, 2023)
- **Penetración (T-49, D-5):** Determina la dureza o consistencia del asfalto midiendo la profundidad en décimas de milímetro que una aguja estándar penetra en la muestra bajo condiciones específicas de carga, tiempo y temperatura. (Normas de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes, 2023)
- **Punto de inflamación (T-48, D-92):** Indica la temperatura mínima a la cual los vapores del asfalto pueden encenderse en presencia de una llama. Es un criterio

de seguridad importante en el manejo y almacenamiento de asfaltos. (Normas de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes, 2023)

- **Prueba de película delgada en horno (T-179, D-1754):** Evalúa la pérdida de masa y el envejecimiento del asfalto cuando se expone a altas temperaturas durante un tiempo determinado. (Normas de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes, 2023)
- **Ductilidad (T-51, D-113):** Mide la capacidad del asfalto para estirarse sin romperse, lo que indica su flexibilidad y resistencia a la deformación bajo carga. (Normas de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes, 2023)
- **Solubilidad (T-44, D-2042):** Determina la pureza del asfalto al medir la cantidad de material soluble en un solvente específico, asegurando la ausencia de impurezas no deseadas. (Normas de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes, 2023)
- **Peso específico (T-228, D-70):** Representa la densidad del asfalto en relación con el agua, lo que ayuda a determinar su calidad y comportamiento en mezclas asfálticas. (Normas de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes, 2023)
- **Punto de ablandamiento (T-53, D-3695):** Establece la temperatura a la cual el asfalto comienza a perder su rigidez y se vuelve blando, lo que es esencial para conocer su resistencia al calor. (Normas de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes, 2023)

Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Normativas de diseño para edificaciones

- NEC-HS-CL-Climatización-normativas de diseño para edificaciones o construcción con las exigencias de protección del medio ambiente. (Normas de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes, 2023)

Parámetros

Según (Normas de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes, 2023) El tipo de agua de lluvia, de empresas, y residuales son de las principales sustancias que se manejan a través de los canales de desagüe y tienen la siguiente denominación.

- **Afluyente:** es el agua, agua residual u otro líquido que ingrese a un reservorio, planta de tratamiento o proceso de tratamiento.
- **Agua residual industrial:** agua de desecho generada en las operaciones o procesos de los establecimientos industriales
- **Aguas estuarinas:** son las correspondientes a los tramos de ríos que se hallan bajo la influencia de las mareas y que están limitadas en extensión hasta la zona donde la concentración de cloruros es de 250 mg/l o mayor durante los caudales de estiaje.
- **Canales:** conductos utilizados para el transporte de agua, pudiendo ser para trasvase o conducción de agua a embalses, de drenaje pluvial, de riego o de múltiple propósito.
- **Manejo de aguas residuales:** conjunto de obras de recolección, tratamiento y disposición y acciones de operación, monitoreo y control, en relación con aguas residuales.

Principios Básicos

Según Normas de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes (2023) el procedimiento para controlar la contaminación en los ríos se fundamenta en mantener la calidad del recurso para mantener los usos asignados mediante el logro de los objetivos de calidad correspondientes, de acuerdo con los principios establecidos en esta normativa. Según el Artículo 264.4 de la Constitución, las municipalidades dentro de su ámbito de acción y mediante las Entidades Prestadoras de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado (EPS) de naturaleza pública o asignadas al sector privado, pueden actuar dentro de su ámbito de actuación. Para regular la contaminación del agua en cuerpos de agua altamente contaminados, ya sean ríos o estuarios, la Autoridad Nacional de Control Ambiental tiene la responsabilidad de llevar a cabo la actividad siguiente:

- a) La elaboración del Plan de Gestión Ambiental que contemple; el seguimiento de la calidad del agua, la detección y tratamiento de las descargas; y, las acciones para regular la contaminación por escorrentía pluvial en las zonas urbanas, como etapas antes de conceder la Licencia Ambiental.

- b) No se otorgarán autorizaciones de descarga extra, hasta que se hayan establecido las medidas de control de la contaminación
- c) Si el municipio es el proveedor de los servicios de control de la contaminación, también será la Entidad Ambiental de Control para sus instalaciones. Para así prevenir la disputa de interés. (Normas de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes, 2023)

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque de la Investigación:

El enfoque en el cual se basa esta investigación es de forma cuantitativa, ya que mediante este método o enfoque de investigación pudimos realizar mediciones y recopilación de datos de sitio donde obtuvimos resultados específicos, realizando ensayos de muestras para obtener el diseño de una mezcla asfáltica con la inclusión o adición de material de plástico reciclado en su composición, con lo que realizamos las mediciones y parámetros que se puedan utilizar para el revestimiento de canal de aguas lluvias en el sector milagro, y medir el comportamiento de esta mezcla asfáltica modificada en la sección del canal, con la finalidad de obtener mejoras a las condiciones del mismo y su sección hidráulica comparando su caudal de diseño, rugosidad, velocidad máxima permisible, del canal existente con un rediseño favorable para el revestimiento asfáltico, contribuyendo a la mitigación de las deformaciones y erosiones de los canales.

Con esta investigación esperamos contribuir con los moradores del sector que usan el agua del canal para riego de los cultivos de verde y cacao.

El método cuantitativo es el más idóneo en esta investigación ya que se pudieron establecer los parámetros necesarios para el diseño de la mezcla modificada y obtuvimos de manera precisa los pesos granulométricos de cada uno de los agregados que se usaron en la mezcla, así como el porcentaje de la dosificación del plástico reciclado en el AC-20, calculados en de los diversos ensayos que se realizaron, estableciendo matrices y cuadros comparativos esperando se obtuvieran mejoras de su resistencia, permeabilidad, durabilidad, estado de flujo y porcentajes de vacíos que nos de la estabilidad necesaria bajo las normativas técnicas, con dichos datos podemos evaluar los rendimientos de procesos tanto de construcción y aplicación en el canal de aguas lluvias.

Con los resultados que se tuvieron del diseño de la mezcla asfáltica se puede realizar la evaluación económica con un modelo comparativo del comportamiento una mezcla asfáltica tradicional simulando la sección del canal y su velocidad de diseño y rugosidad, versus el comportamiento de la mezcla modificada con plástico, y tener una relación de costo de la mezcla modificada con la incorporación del plástico reciclado en la emulsión del AC-20, continuando con un esquema de análisis socioeconómico del impacto de esta implementación, simulando los costos tanto en la construcción o readecuación de canal abierto de aguas lluvias, utilización de la mezcla asfáltica con material de plástico reciclado, así como el mantenimiento que este pueda acarrear con el tiempo, considerando su vida útil.

La inclusión del plástico reciclado en esta mezcla asfáltica se espera contribuir con el reciclaje de los plásticos que hoy en día son considerado uno de los principales contaminantes, y de esta forma reducir el costo de producción de las mezclas asfálticas para los revestimientos de canales de riego en nuestro país.

3.2. Alcance de la Investigación:

Esta investigación tiene un alcance descriptivo, con el cual se pudo dar a conocer cada uno de los parámetros para medir las propiedades de la mezcla asfáltica modificada con la incorporación de plástico reciclado en las emulsión AC-20 y analizamos su comportamiento con las diferentes dosificaciones de peso granulométrico, con un el análisis sistemático de sus propiedad físicas y mecánicas, evaluamos de manera precisa y fiables su viabilidad técnica y económica con las correspondientes pruebas de laboratorio, tomando datos numéricos para tener un panorama claro y preciso de este estudio.

Con un alcance exploratorio podemos indicar que la incorporación de plástico reciclado en las mezcla asfáltica incorporado en el AC-20 es un tema de constante innovación, con un enfoque exploratorio diverso, siendo de utilidad para abrir paso a nuevas técnicas o metodologías de ampliación, con la visión de utilización en más campos de la construcción en la rama de la ingeniería, para

obtener materiales diversos, teniendo en consideración el impacto ambiental que este puede causar y los provechos que se pueden obtener a largo plazo.

Teniendo una visión exploratoria se buscó impulsar los revestimientos de canales abiertos de aguas lluvias con mezclas asfálticas con propuestas innovadoras de que contribuyan al desarrollo socioeconómico, y sea este el punto de partida para futuras investigaciones de las mezclas asfálticas con adición de materiales reciclados.

3.3 Técnica e Instrumentos para Obtener los Datos

Recolección de Datos

Considerando el objeto de estudio debíamos realizar la obtención de datos del área del proyecto que es el canal abierto de aguas lluvias en el cantón Milagro , para ello se realizó el levantamiento topográfico en situ de la sección del canal existente incluyendo el perfil del terreno del canal, con el cual determinaremos su capacidad hidráulica y se realizara una propuesta de diseño para la reconstrucción de la sección del canal para poder implementar la mezcla asfáltica modificada en la superficie del mismo.

Para resolver el tema propuesto de nuestra tesis nos enfocaremos en el diseño de mezcla asfáltica modificada con material de plástico reutilizado, realizando una comparación con una mezcla tradicional de asfalto y la mezcla antes descrita, empleando los ensayos de laboratorio de estabilidad y flujo realizado con la metodología Marshall.

Se realizaron briquetas con diferencias porcentajes de adición de plástico reciclado para obtener los resultados que cuenten con rango dados por el MTOP que son las normativas para evaluación de mezclas asfálticas.

Análisis de Datos

Con los datos recopilados in situ del canal de aguas lluvias se procedió a plasmar gráficamente en un plano el perfil y sección de canal existente, y analizar una mejora a la sección del canal que sea favorable para el revestimiento del mescla asfáltica.

Con las muestras realizadas de la mezcla asfáltica se realizó el respectivo análisis de los datos para elaborar los cuadros comparativos con las tablas de resultados y gráficos resultantes de los ensayos tanto de la mezcla tradicional como de la mezcla modificada de asfalto.

Técnicas y Métodos

El proceso metodológico que se usó en el desarrollo de esta investigación fue:

- Modelado de canal existente mediante relevamiento topográfico en sitio.
- Diseño de mezcla asfáltica con material de plástico reciclado.
- Análisis técnico y económico de la mezcla asfáltica de material reciclado comparado con una mezcla asfáltica tradicional.
- Rediseño de canal existente con una geometría adecuada para la aplicación del revestimiento de asfalto reciclado.
- Determinar los costos de mezcla asfáltica modificada.
- Determinar el costo del canal rediseñado con el revestimiento de mezcla asfáltica de plástico reciclado.
- Encuesta realizada a los moradores del sector.

Instrumentos y Equipos

Para nuestra investigación se utilizaron los siguientes instrumentos o equipos:

Equipo topográfico

- Equipo GPS o RTK CONNAV 300 plus.
- Nivel.
- Cinta métrica de 100m.

Equipo de laboratorio

- Tamizadora
- Placa metálica plana
- Moldes de briquetas
- Balanza digital
- Recipientes metálicos
- Cucharon metálico
- Máquina de pruebas de compresión
- Prensa de ensayos Marshall.
- Pala
- Martillo
- Compactador manual
- Pico
- Recipientes plásticos
- Termómetro digital etc.

Materiales

- Piedra 3/4
- Piedra 5/8
- Arena
- Cemento asfáltico AC-20
- Plástico de botellas reciclado

3.4 Población y Muestra

Para nuestra investigación la población y muestra está compuesta de 5 diseños de mezcla asfáltica, cada una de estas muestras con un porcentaje de plástico reciclado el cual está anclado al peso relativo dado por el porcentaje de emulsión asfáltico AC-20 utilizado en los ensayos. Nuestra selección se basa en la obtención de manera óptima de una mezcla asfáltica innovadora utilizando plástico de botellas recicladas para implementarlo como revestimiento de canales abiertos de aguas lluvias.

3.5 Fase para la obtención de resultados

En esta investigación para la obtención de los resultados técnicos de la mezcla asfáltica con material de plástico reciclado ha realizado con los siguientes pasos.

Selección de Materiales para Diseño

Para la elaboración de las muestras de nuestro diseño de mezcla asfáltica se realizó con el acompañamiento del laboratorio DC&VG CONSTRUCCIONES Y ESTUDIOS la recolección de cada uno de los materiales, desde los agregados pétreos, emulsión asfáltica AC-20 y el plástico reciclado.

Para los materiales pétreos fueron recogidos en la cantera Leni roca la cual está ubicado en la parroquia Las-Lojas en el vial salitre.

Ilustración 11: Piedra $\frac{3}{4}$ Agregado Grueso



Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Ilustración 12: Piedra 5/8 Agregado Mediano



Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Ilustración 13: Arena Grava Agregado Fino



Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Ilustración 14: Plástico Reciclado Trozado



Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Proceso de Diseño de Mezcla Asfáltica

Se procede con el ensayo de granulometría de los agregados para determinar el peso granulométrico de cada uno de los agregados y el porcentaje óptimo para la mezcla de asfalto con material de plástico reciclado el cual se ha realizado con las normativas del ASTM d-422 y las especificaciones dados en el MTOP -ASTM D-3515.

Ilustración 15: Dosificación de Agregados



Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Con los porcentajes y pesos volumétricos, se obtuvo la gravedad específica de los agregados. Se procedió con la incorporación del agregado grueso, agregado fino, cisco, emulsión asfáltica AC-20 y el plástico reciclado, para la adición del plástico reciclado, se debe contar con el plástico ya troceado en fragmentos no mayor a 2.5cm por cada lado, con lo cual se realiza la mezcla del plástico y el AC-20 a una temperatura de 160°C a 170°C, con lo cual se da una dosificación especificada para cada una de las muestras a realizar.

Ilustración 16: Mezcla Asfáltica



Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Se procedió con la elaboración de las briquetas con 5 muestras de diferentes porcentajes de AC-20 y con el 0.5% de plástico reciclado para poder elaborar el ensayo Marshall a cada muestra, en la preparación de las briquetas y adición de plástico reciclado, la temperatura que se maneja es de 160°C.

Ilustración 17: Briquetas de Asfalto



Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Con las briquetas realizadas se procede a la medición de los pesos de cada briketa, la cual consta de 3 tomas, la toma de peso seco, peso con agua donde se sumerge las briquetas en agua para ver el peso y porcentaje de absorción y el peso parcialmente seco de la muestra.

Con los datos de los pesos antes realizados se procede con el cálculo de volumen-Densidad Bulk, de cada muestra, continuando con el cálculo de Rice, con los parámetros de peso seco más peso fresco más peso de material y agua.

Ilustración 18: Briquetas de Asfalto



Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Ilustración 19:Toma de Pesos



Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Para el ensayo de la estabilidad y flujo se colocan las briquetas en un baño maría con una temperatura de 60°C a 70°C, por el lapso de unos 25 minutos para que esta se mantenga a una temperatura de 25°C a 30°C.

Ilustración 20: Baño María 60°C



Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Se colocan las briquetas en las prensas con el medidor de flujo directamente en la barra de acero, se realiza la medición del flujo con la prensa ejerciendo una presión de carga constante, dicho ensayo se realiza en un periodo no mayor a 20segundos por cada uno.

Ilustración 21: Ensayo de Flujo



Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Para el ensayo de permeabilidad se tomaron las muestras y se sumergieron en agua para ver la absorción de las briquetas y los pesos de las muestras secas con el peso de las muestras sumergidas.

Ilustración 22: Muestra de Permeabilidad



Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Ilustración 23: Muestra de Permeabilidad Toma de Datos



Elaborado por: Auria y Haz (2025)

CAPÍTULO IV

INFORME Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Mediante este capítulo damos a conocer los resultados obtenidos de nuestra investigación de diseño de mezcla asfáltica con material de plástico reciclado, de conformidad con los objetivos planteados y la metodología empleada.

4.1 Presentación y Análisis de Resultados

Muestras para Ensayos y Dosificación de Diseño

Para las muestras del ensayo Marshall de la mezcla asfáltica con material de plástico reciclado se incorporó el 0.5% a la emulsión asfáltica del AC-20, las muestras de las briquetas para la evaluación fueron con el porcentaje de 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%.

Tabla 10: Porcentaje de Adición de Plástico Reciclado

MUESTRA	DOCIFICACION DE AC-20	DOCIFICACION DE PLASTICO RECICLADO	BRIQUETAS REALIZADAS
1	4,50%	0,50%	3
2	5%	0,50%	3
3	5,50%	0,50%	3
4	6%	0,50%	3
5	6,50%	0,50%	3

Nota: Descripción de los porcentajes usados en las muestras de asfalto y su porcentaje de adición.

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Granulometría de Agregados de Diseño

Para el diseño de la mezcla asfáltica se requiere la granulometría de los materiales pétreos, como son la piedra 3/4, piedra 3/8, arena y cisco según norma ASTM D-422.

Tabla 11: Granulometría de Piedra 3/4

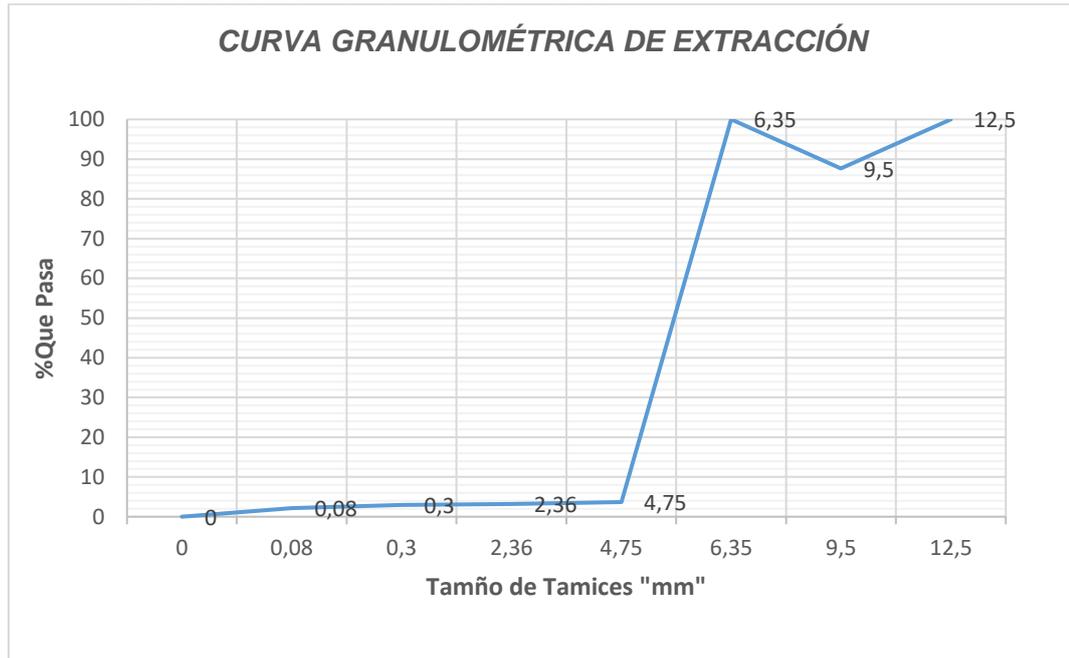
TAMICES		PESO PARCIAL "gr"	% RETENIDO	% QUE PASA	ESPECIFICACIÓN MTOP - ASTM D-3515		
"in"	"mm"				L. SUPERIOR	L. INFERIOR	CUMPLIMIENTO
5"	127	0	0	100			25
4"	101,6	0	0	100			25
3"	73	0	0	100			25
2 1/2"	60,3	0	0	100			25
2"	50,8	0	0	100			25
1 1/2"	37,5	0	0	100			25
1"	25,4	0	0	100			25
3/4"	19	0	0	100			25
1/2"	12,5	0	0	100			25
3/8"	9,5	123,3	12,33	87,67			21,9175
1/4"	6,35	0	0	100			
Nº 4	4,75	839,9	83,99	3,68			0,92
Nº 8	2,36	5,1	0,51	3,17			0,7925
Nº 50	0,3	2,2	0,22	2,95			0,7375
Nº 200	0,08	7,7	0,77	2,18			0,545
Fondo	0	21,8	2,18	0			0

TOTAL	1000,00 gr
--------------	-------------------

Nota: Se tiene un total de 1000 gramos de piedra 3/4

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Ilustración 24: Curva Granulométrica de Piedra 3/4



Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 12: Granulometría de Piedra 3/8

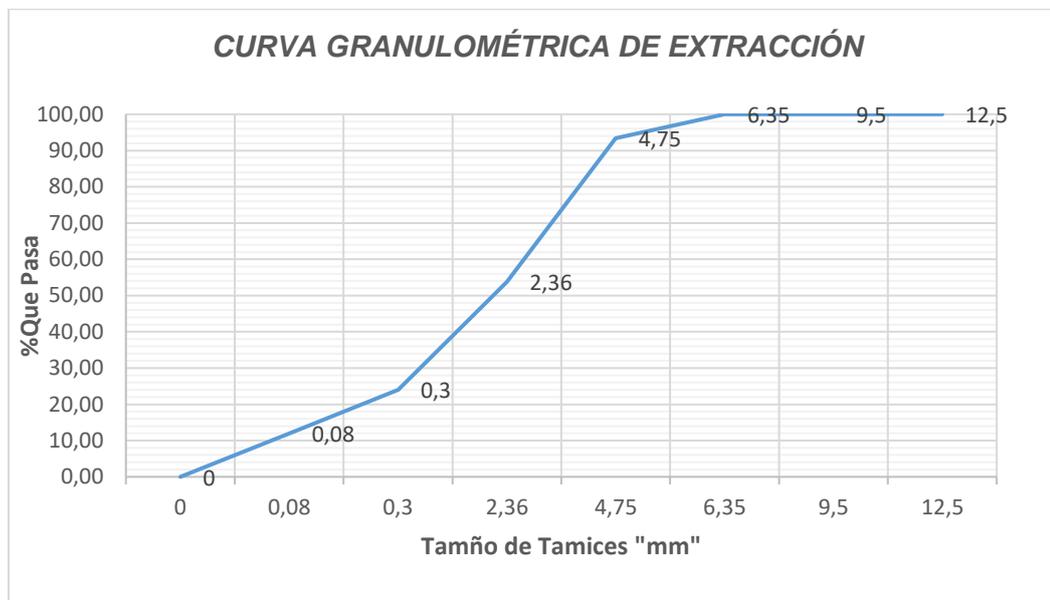
TAMICES		PESO PARCIAL "gr"	% RETENIDO	% QUE PASA
"in"	"mm"			
5"	127	0	0	100
4"	101,6	0	0	100
3"	73	0	0	100
2 1/2"	60,3	0	0	100
2"	50,8	0	0	100
1 1/2"	37,5	0	0	100
1"	25,4	0	0	100
3/4"	19	0	0	100
1/2"	12,5	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,5	0,00	0,00	100,00
1/4"	6,35	0	0	100
Nº 4	4,75	165,10	6,60	93,40
Nº 8	2,36	990,80	39,63	53,76
Nº 50	0,3	744,10	29,76	24,00
Nº 200	0,08	302,00	12,08	11,92

Fondo	0	298,00	11,92	0,00
-------	---	--------	-------	-------------

TOTAL	2500,00 gr
--------------	-------------------

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Ilustración 25: Curva Granulométrica de Piedra 3/8



Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Ilustración 26: Granulometría de Piedra Cisco

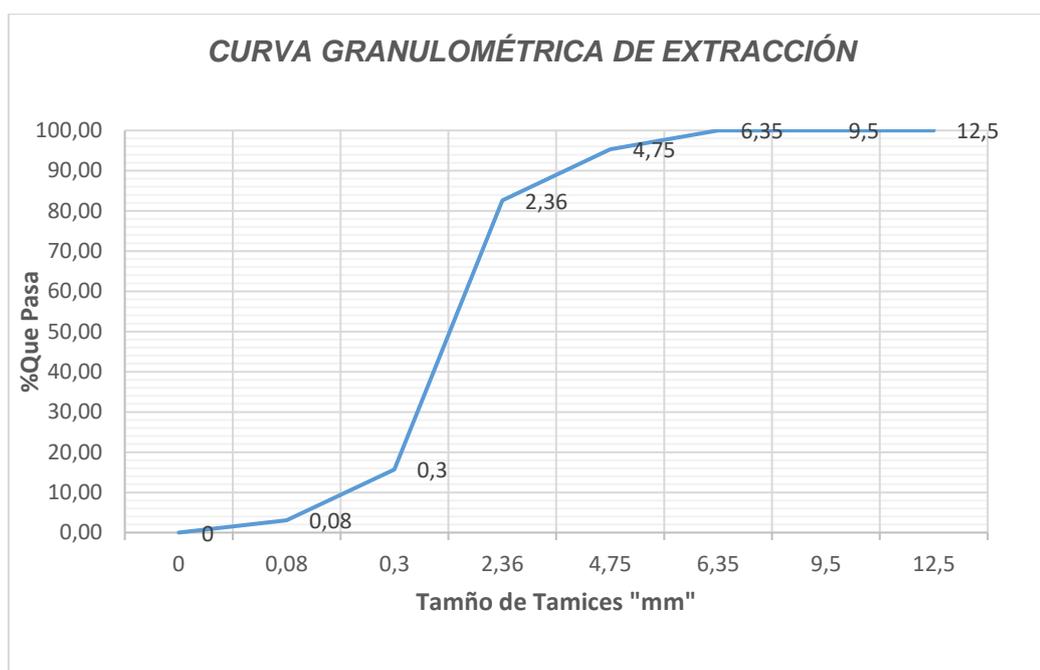
TAMICES		PESO PARCIAL "gr"	% RETENIDO	% PASA QUE
"in"	"mm"			
5"	127	0	0	100
4"	101,6	0	0	100
3"	73	0	0	100
2 1/2"	60,3	0	0	100
2"	50,8	0	0	100
1 1/2"	37,5	0	0	100
1"	25,4	0	0	100
3/4"	19	0	0	100
1/2"	12,5	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,5	0,00	0,00	100,00
1/4"	6,35	0	0	100
Nº 4	4,75	83,80	4,66	95,34
Nº 8	2,36	229,40	12,74	82,60
Nº 50	0,3	1204,60	66,92	15,68

N° 200	0,08	227,70	12,65	3,03
Fondo	0	54,50	3,03	0,00

TOTAL	1800,00 gr
--------------	-----------------------

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Ilustración 27: Curva Granulométrica de Cisco



Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Determinación de la Gravedad Especifica y Absorción de los Agregados

Con la granulometría antes descrita se procede a realizar el cálculo de la gravedad específica y absoluta de los agregados bajo los parámetros de las normas ASTM C127 – AASHTO T-85.

Gravedad Especifica y Absorción de Piedra $\frac{3}{4}$

Considerando el retenido del pasante N.4 es de 96.32% procedemos a realizar el cálculo con los siguientes datos:

Tabla 13: Datos de la Muestra Piedra ¾

Muestra 1	
A =	5000 gr
B =	5062 gr
C =	3004 gr

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Cálculo de Gravedad de Agregado

$$1 \ G_{sb} = \frac{A}{B-C} = \frac{5000}{5062-3004} = 2.430$$

$$2 \ G_{sssb} = \frac{B}{B-C} = \frac{5062}{5062-3004} = 2.460$$

$$3 \ G_{sa} = \frac{A}{A-C} = \frac{5000}{5000-3004} = 2.505$$

$$4 \ \%_{Abs} = \frac{B-A}{A} \times 100 = \frac{5062-5000}{5000} \times 100 = 1.2\%$$

Tabla 14: Gravedad Especifica y Absorción de Piedra 3/4

	Muestra 1	Muestra 2	Promedio
Gravedad E. Bulk o Neta.	2,430		2,430 gr/cm ³
Gravedad Especifica S.S.S Bulk.	2,460		2,460 gr/cm ³
Gravedad Especifica Aparente.	2,505		2,505 gr/cm ³
Porcentaje de Absorción.	1,2%		1,2%

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Gravedad Especifica y Absorción de Piedra 3/8

Considerando el retenido del pasante N.4 es de 6.60% procedemos a realizar el cálculo con los siguientes datos:

Tabla 15: Datos de la Muestra Piedra 3/8

Muestra 1	Muestra 2
A = 204 gr	A =
B = 667 gr	B =
C = 792 gr	C =
D = 208 gr	D =

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Cálculo de Gravedad de Agregado

$$1 \ G_{sb} = \frac{A}{B+D-C} = \frac{204}{667+208-792} = 2.464$$

$$2 \ G_{sssb} = \frac{D}{B+D-C} = \frac{208}{667+208-792} = 2.508$$

$$3 \ G_{sa} = \frac{A}{B+A-C} = \frac{204}{667+204-792} = 2.78$$

$$4 \ \%_{Abs} = \frac{D-A}{A} \times 100 = \frac{208-204}{204} \times 100 = 1.80\%$$

Tabla 16: Gravedad específica y absorción de piedra 3/8

	Muestra 1	Muestra 2	Promedio
Gravedad E. Bulk o Neta.	2,464		2,46 gr/cm3
Gravedad Específica S.S.S Bulk.	2,508		2,51 gr/cm3
Gravedad Específica Aparente.	2,578		2,58 gr/cm3
Porcentaje de Absorción.	1,80%		1,2%

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Gravedad Específica y Absorción del Cisco

Considerando el retenido del pasante N.4 es de 4.66% procedemos a realizar el cálculo con los siguientes datos:

Tabla 17: Datos de la Muestra Cisco

Muestra 1	Muestra 2
A = 198 gr	A =
B = 661 gr	B =
C = 781 gr	C =
D = 201 gr	D =

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Cálculo de Gravedad de Agregado

$$1 G_{sb} = \frac{A}{B+D-C} = \frac{198}{661+201-781} = 2.442$$

$$2 G_{sss} = \frac{D}{B+D-C} = \frac{201}{661+201-781} = 2.484$$

$$3 G_{sa} = \frac{A}{B+A-C} = \frac{198}{661+198-781} = 2.548$$

$$4 \%_{Abs} = \frac{D-A}{A} \times 100 = \frac{201-198}{198} \times 100 = 1.69\%$$

Tabla 18: Gravedad Específica y de Cisco

	Muestra 1	Muestra 2	Promedio
Gravedad E. Bulk o Neta.	2,442		2,44 gr/cm3
Gravedad Específica S.S.S Bulk.	2,484		2,48 gr/cm3
Gravedad Específica Aparente.	2,548		2,55 gr/cm3
Porcentaje de Absorción.	1,69%		1,2%

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Gravedad Específica y Absorción de los Agregados Combinados

Con los resultados de los cálculos de cada uno de los agregados procedemos con el cálculo de la gravedad específica y de adsorción de los agregados combinados los agregados gruesos y los agregados finos empleando la norma ASTM C127 – AASHTO T-85.

Tabla 19: Gravedad y Absorción de los Agregados Combinado

DETERMINACIÓN DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS COMBINADOS (NORMA ASTM C 127 - AASHTO T 85)						
AGREGADO	% USADO	% PASA N° 4	% RETIENE N° 4	GRAVEDAD ESPECÍFICA		% ABSORCION
				BULK	APARENTE	
PIEDRA 3/8	25%	0,79%	99,21%	2,430 gr/cm3	2,505 gr/cm3	1,24%
CISCO	40%	21,51%	78,49%	2,464 gr/cm3	2,578 gr/cm3	1,80%
ARENA	35%	28,91%	71,09%	2,442 gr/cm3	2,548 gr/cm3	1,69%

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Cálculo de Resultado de la Mezcla

$$G_{sb} = \frac{100}{\frac{Agr_1}{(P_1 \times G_{sb1})(R_1 \times G_{sb1})} + \dots + \frac{Agr_n}{(P_n \times G_{sbn})(R_n \times G_{sbn})}}$$

$$G_{sa} = \frac{100}{\frac{Agr_1}{(P_1 \times G_{sa1})(R_1 \times G_{sa1})} + \dots + \frac{Agr_n}{(P_n \times G_{san})(R_n \times G_{san})}}$$

$$\%Abs = \frac{(P_1 \times A_1)(P_2 \times A_2) + \dots + (P_n \times A_n)}{100}$$

Tabla 20: Resultado de la Mezcla

RESULTADOS DE LA MEZCLA	
Gravedad Especifica Bulk, o Neta	2,448 gr/cm3
Gravedad Especifica Aparente.	2,549 gr/cm3
% Absorción	0,88%

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Determinación de Gravedad Especifica Teórica Máxima de la Muestra

Con los datos de resultantes de la mezcla tanto de la gravedad especifica de Bulk, gravedad aparente y de absorción calculamos la determinación de gravedad especifica teórica máxima de la mezcla con los ensayos RICE siguiendo la norma ASTM D2041 – AASHTO T209

Tabla 21: Gravedad Especifica Teórica Máxima de la Mezcla

DETERMINACIÓN DE GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA DE LA MEZCLA (ENSAYO RICE: NORMA ASTM D 2041 - AASHTO T 209)											
	% ASFALTO	5,0		5,5		6,0		6,5		7,0	
	MUESTRA	M1	M2								
A		1000		1000		1000		1000		1000	
B		5222		5222		5222		5222		5222	
C		5789		5786		5783		5780		5778	
RICE		2,309		2,294		2,278		2,262		2,252	

$$G_{mm} = \frac{A}{A + B - C}$$

	PROMEDIO	2,309 gr/cm3	2,294 gr/cm3	2,278 gr/cm3	2,262 gr/cm3	2,252 gr/cm3
--	-----------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Graduación Combinada para la Mezcla

Tamaño Máximo Nominal del Agregado y Porcentaje de Uso

Tabla 22: Tamaño Máximo

TAMAÑO NOMINAL MAXIMO DEL AGREGADO	
9.50 mm	3/8"

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 23: Porcentaje de Utilización de los Agregados

AGREGADO	PIEDRA 3/8	CISCO	ARENA	RESULTADO
% USADO	25%	40%	35%	100%

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Resultado Graduación Combinada

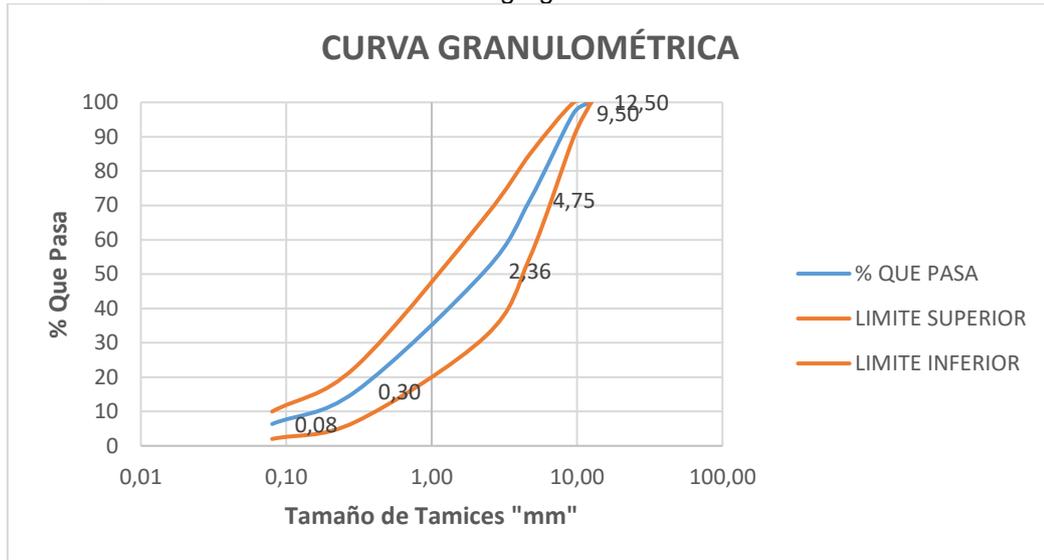
Con los diversos porcentajes y datos de los tamices se realiza la tabla de límites con las especificaciones del MTOP -ASTM 3515

Tabla 24: Graduación Combinada de los Agregados

TAMICES		PORCENTAJE QUE PASA				ESPECIFICACIÓN MTOP - ASTM D-3515	
"in"	"mm"	PIEDRA 3/8	CISCO	ARENA	RESULTADO	LIMITE SUPERIOR E	OBSERVACION
1/2"	12,50	25,00	40,00	35,00	100,00	100	Si Cumple
3/8"	9,50	21,92	40,00	35,00	96,92	90-100	Si Cumple
Nº 4	4,75	0,92	37,36	33,37	71,65	55-85	Si Cumple
Nº 8	2,36	0,79	21,51	28,91	51,21	32-67	Si Cumple
Nº 50	0,30	0,74	9,60	5,49	15,82	7-23	Si Cumple
Nº 200	0,08	0,55	4,77	1,06	6,37	2-10	Si Cumple
Fondo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	Si Cumple

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 25: Curva Granulométrica de los Agregados



Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Resultado de los Ensayos de la Mezcla Asfáltica

Se muestran los resultados de los ensayos de mezcla asfáltica realizados por el laboratorio de DC&VG Construcciones y Estudios S.A. (2025) basados en las normativas ASTM y parámetros del MTOP

Tabla 26: Resultados de Muestreo de Parámetros de Asfalto

Propiedad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Resultado	Especificaciones
Viscosidad Absoluta (60° C)	245	236	213,8		231,6	160 - 240 Pa.s
Viscosidad Cinemática (135° C)	510				510	Min 300 Pa.s
Punto de Inflamación (° C)	260				260	Min 232 C
Densidad Relativa (25° C)			g/cm3
Índice de Penetración					0,28	-1.5 a 1
Penetración (25° C) 100gr/5s min	70	70	72		71	0.1 mm
Punto de Ablandamiento (° C)	52	53			52,5	Max 58 C
sobre el residuo (T.F.O 85 minutos a 163 C)						

Viscosidad Absoluta (60° C)	1211	1209	1210		1210	Max 800 Pa.s
Cambio de Masa	0,14	0,11	0,11		0,12	Max 0.8 %
Ductilidad (25° C)	17	17,5	18		17,5	Min 50 Cm

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Dosificación de las Briquetas con Peso Volumétrico de la Emulsión AC-20

Se procede a dar un peso volumétrico para la adición del plástico en las briquetas y poder proceder a realizar el ensayo Marshall

Tabla 27: Dosificación de Briqueta con AC-20 y Plástico Reciclado

MUESTRA	DOCIFICACION DE AC-20	PESO VOLUMETRICO DE AC-20	DOCIFICACION DE PLASTICO RECIKLADO	PESO VOLUMETRICO DE PLASTICO RECIKLADO	BRIQUETAS REALIZADAS
1	4,50%	114,705	0,5%	5,73525	3
2	5%	127,45	0,5%	6,3725	3
3	5,50%	140,195	0,5%	7,00975	3
4	6%	152,94	0,5%	7,647	3
5	6,50%	165,685	0,5%	8,28425	3

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Resultados de Ensayo de Muestra con el 4.5%

Considerando la adición del 4.5% de mezcla asfáltica con un .5% de adición de plástico reciclado es decir 5.73kg/m³

Tabla 28: Datos Generales de Parámetros de Muestra

Grado de Cemento Asfáltico	AC-20
Penetración	60-70
G_{sb} de la mezcla Agregado =	2,448 gr/cm³
G_{sa} de los Agregados=	2,549 gr/cm³
Gravedad Específica del Asfalto G_b=	1,017 gr/cm³

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 29: Gravedad Bulk de Muestra

% Asfalto Utilizado (Pb)		4,50			
Nº Briqueta		1	2	3	4
Fecha		25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024
Altura cm		6,20	6,10	6,10	
		6,13			
Volumen cm³		493,53	493,37	493,92	
		493,61			
Gravedad Especifica Bulk Mezcla (G_{mb}) g/cm³	Aire gr	1071,4	1058,2	1052,3	
	SSS gr	1075,1	1055,3	1045,6	
	Agua gr	587,0	566,0	559,0	
	Gmb Briqueta	2,195	2,163	2,163	
	Gmb Bulk Media	2,174 gr/cm3			

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 30: Gravedad Especifica de Muestra

% Asfalto Utilizado (Pb)		4,50			
Nº Briqueta		1	2	3	4
Fecha		25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024
Altura cm		6,20	6,10	6,10	
		6,13			
Volumen cm³		493,53	493,37	493,92	
		493,61			
Gravedad Especifica de la mezcla	Teórica Máxima	2,302 gr/cm3			
	Máxima Medida	2,309 gr/cm3			
	Efectiva (Gse)	2,457 gr/cm3			

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 31: Porcentajes de Vacíos de los Agregados de Muestra

% Asfalto Utilizado (Pb)		4,50			
Nº Briqueta		1	2	3	4
Fecha		25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024
Altura cm		6,20	6,10	6,10	
		6,13			
Volumen cm³		493,53	493,37	493,92	
		493,61			
% Volumen de Vacíos	Agregado	84,782			
	Vacíos (Va)	5,601			
	Asfalto (VCA)	9,617			

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 32: Porcentaje de Vacíos de Muestra

% Asfalto Utilizado (Pb)		4,50			
Nº Briqueta		1	2	3	4
Fecha		25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024
Altura cm		6,20	6,10	6,10	
		6,13			
Volumen cm³		493,53	493,37	493,92	
		493,61			
% Vacíos	Aire (Va)	5,601			
	V.M.A.	15,218			
	V.F.A.	63,195			

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 33: Porcentaje de Asfalto de Muestra

% Asfalto Utilizado (Pb)		4,50			
Nº Briqueta		1	2	3	4
Fecha		25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024
Altura cm		6,20	6,10	6,10	
		6,13			
Volumen cm³		493,53	493,37	493,92	
		493,61			
% Asfalto	Pba	0,142			
	Pbe	4,365			

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 34: Estabilidad de Muestra

% Asfalto Utilizado (Pb)		4,50				
Nº Briqueta		1	2	3	4	
Fecha		25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024	
Altura cm		6,20	6,10	6,10		
		6,13				
Volumen cm³		493,53	493,37	493,92		
		493,61				
Estabilidad	Ensayo	1558	1475	1456		
	F. de Correccion	1,040	1,071	1,071		
	Estabilidad	Briqueta	1620,32	1579,73	1559,38	
		Promedio	1586,48 Lb			
		719,62 kg				

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 35: Flujo de Muestra

% Asfalto Utilizado (Pb)		4,50			
Nº Briqueta		1	2	3	4
Fecha		25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024
Altura cm		6,20	6,10	6,10	
		6,13			
Volumen cm³		493,53	493,37	493,92	
		493,61			
Flujo 0,01"	Briqueta	8	8	7	
	Promedio	8			

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Resultados de Ensayo de Muestra con el 5,00%

Considerando la adición del 5,00% de mezcla asfáltica con un 5% de adición de plástico reciclado es decir kg/m³

Tabla 36: Gravedad Bulk de Muestra

% Asfalto Utilizado (Pb)		5,00			
Nº Briqueta		1	2	3	4
Fecha		25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024
Altura cm		6,10	6,00	6,20	
		6,10			
Volumen cm³		479,52	471,87	488,36	
		479,92			
Gravedad Especifica Bulk Mezcla (G_{mb}) g/cm³	Aire gr	1020,5	1008,5	1044,1	
	SSS gr	1025,9	1011,2	1047,3	
	Agua gr	556,0	551,0	570,0	
	Gmb Briqueta	2,172	2,191	2,187	
	Gmb Bulk Media	2,183 gr/cm³			

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 37: Gravedad Especifica de la Muestra

% Asfalto Utilizado (Pb)		5,00			
Nº Briqueta		1	2	3	4
Fecha		25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024
Altura cm		6,10	6,00	6,20	
		6,10			
Volumen cm³		479,52	471,87	488,36	
		479,92			
Gravedad Especifica de la mezcla	Teórica Máxima	2,287 gr/cm³			
	Máxima Medida	2,294 gr/cm³			
	Efectiva (Gse)	2,456 gr/cm³			

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 38: Porcentajes de Vacíos de los Agregados de Muestra

% Asfalto Utilizado (Pb)		5,00			
Nº Briqueta		1	2	3	4
Fecha		25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024
Altura cm		6,10	6,00	6,20	
		6,10			
Volumen cm ³		479,52	471,87	488,36	
		479,92			
% Volumen de Vacíos	Agregado	84,730			
	Vacíos (Va)	4,534			
	Asfalto (VCA)	10,735			

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 39: Porcentaje de Vacíos de Muestra

% Asfalto Utilizado (Pb)		5,00			
Nº Briqueta		1	2	3	4
Fecha		25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024
Altura cm		6,10	6,00	6,20	
		6,10			
Volumen cm ³		479,52	471,87	488,36	
		479,92			
% Vacíos	Aire (Va)	4,534			
	V.M.A.	15,270			
	V.F.A.	70,304			

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 40: Porcentaje de Asfalto de Muestra

% Asfalto Utilizado (Pb)		5,00			
Nº Briqueta		1	2	3	4
Fecha		25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024
Altura cm		6,10	6,00	6,20	
		6,10			
Volumen cm³		479,52	471,87	488,36	
		479,92			
% Asfalto	Pba	0,129			
	Pbe	4,877			

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 41: Estabilidad de Muestra

% Asfalto Utilizado (Pb)			5,00				
Nº Briqueta			1	2	3	4	
Fecha			25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024	
Altura cm			6,10	6,00	6,20		
			6,10				
Volumen cm³			479,52	471,87	488,36		
			479,92				
Estabilidad	Ensayo		1566	1565	1645		
	F. de Correccion		1,071	1,103	1,040		
	Estabilidad	Briqueta		1677,19	1726,20	1710,80	
		Promedio		1704,73 Lb			
				773,26 kg			

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 42: Flujo de Muestra

% Asfalto Utilizado (Pb)		5,00			
Nº Briqueta		1	2	3	4
Fecha		25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024
Altura cm		6,10	6,00	6,20	
		6,10			
Volumen cm³		479,52	471,87	488,36	
		479,92			
Flujo 0,01"	Briqueta	8	9	9	
	Promedio	9			

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Resultados de Ensayo de Muestra con el 5,50%

Considerando la adición del 5,50% de mezcla asfáltica con un 5% de adición de plástico reciclado es decir kg/m³

Tabla 43: Gravedad Bulk de Muestra

% Asfalto Utilizado (Pb)		5,50			
Nº Briqueta		1	2	3	4
Fecha		25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024
Altura cm		6,10	6,10	6,20	
		6,13			
Volumen cm ³		485,82	485,37	489,98	
		487,06			
Gravedad Especifica Bulk Mezcla (G _{mb}) g/cm ³	Aire gr	1051,1	1053,2	1055,3	
	SSS gr	1056,6	1058,0	1060,1	
	Agua gr	574,0	577,0	578,0	
	Gmb Briqueta	2,178	2,19	2,189	
	Gmb Bulk Media	2,186 gr/cm ³			

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 44: Gravedad Especifica de la Muestra

% Asfalto Utilizado (Pb)		5,50			
Nº Briqueta		1	2	3	4
Fecha		25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024
Altura cm		6,10	6,10	6,20	
		6,13			
Volumen cm ³		485,82	485,37	489,98	
		487,06			
Gravedad Especifica de la mezcla	Teórica Máxima	2,272 gr/cm ³			
	Máxima Medida	2,278 gr/cm ³			
	Efectiva (Gse)	2,455 gr/cm ³			

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 45: Porcentajes de Vacíos de los Agregados de Muestra

% Asfalto Utilizado (Pb)		5,50			
Nº Briqueta		1	2	3	4
Fecha		25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024
Altura cm		6,10	6,10	6,20	
		6,13			
Volumen cm³		485,82	485,37	489,98	
		487,06			
% Volumen de Vacíos	Agregado	84,361			
	Vacíos (Va)	3,819			
	Asfalto (VCA)	11,819			

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 46: Porcentaje de Vacíos de Muestra

% Asfalto Utilizado (Pb)		5,50			
Nº Briqueta		1	2	3	4
Fecha		25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024
Altura cm		6,10	6,10	6,20	
		6,13			
Volumen cm³		485,82	485,37	489,98	
		487,06			
% Vacíos	Aire (Va)	3,819			
	V.M.A.	15,639			
	V.F.A.	75,577			

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 47: Porcentaje de Asfalto de Muestra

% Asfalto Utilizado (Pb)		5,50			
Nº Briqueta		1	2	3	4
Fecha		25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024
Altura cm		6,10	6,10	6,20	
		6,13			
Volumen cm³		485,82	485,37	489,98	
		487,06			
% Asfalto	Pba	0,116			
	Pbe	5,390			

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 48: Estabilidad de Muestra

% Asfalto Utilizado (Pb)		5,50				
Nº Briqueta		1	2	3	4	
Fecha		25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024	
Altura cm		6,10	6,10	6,20		
		6,13				
Volumen cm³		485,82	485,37	489,98		
		487,06				
Estabilidad	Ensayo	1675	1669	1665		
	F. de Correccion		1,071	1,071	1,040	
	Estabilidad	Briqueta	1793,93	1787,50	1731,60	
		Promedio	1771,01 Lb			
		803,32 kg				

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 49: Flujo de Muestra

% Asfalto Utilizado (Pb)		5,50			
Nº Briqueta		1	2	3	4
Fecha		25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024
Altura cm		6,10	6,10	6,20	
		6,13			
Volumen cm³		485,82	485,37	489,98	
		487,06			
Flujo 0,01 "	Briqueta	10	10	9	
	Promedio	10			

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Resultados de Ensayo de Muestra con el 6,00%

Considerando la adición del 6,00% de mezcla asfáltica con un 5% de adición de plástico reciclado es decir kg/m³

Tabla 50: Gravedad de Bulk de Muestra

% Asfalto Utilizado (Pb)		6,00			
Nº Briqueta		1	2	3	4
Fecha		25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024
Altura cm		6,20	6,10	6,20	
		6,17			
Volumen cm³		506,33	490,67	515,93	
		504,31			
Gravedad Especifica Bulk Mezcla (G_{mb}) g/cm³	Aire gr	1110,0	1068,0	1115,2	
	SSS gr	1120,0	1066,8	1091,1	
	Agua gr	600,0	581,2	586,0	
	Gmb Briqueta	2,135	2,199	2,208	
	Gmb Bulk Media	2,181 gr/cm³			

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 51: Gravedad Especifica de Muestra

% Asfalto Utilizado (Pb)		6,00			
Nº Briqueta		1	2	3	4
Fecha		25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024
Altura cm		6,20	6,10	6,20	
		6,17			
Volumen cm³		506,33	490,67	515,93	
		504,31			
Gravedad Especifica de la mezcla	Teórica Máxima	2,258 gr/cm3			
	Máxima Medida	2,262 gr/cm3			
	Efectiva (Gse)	2,454 gr/cm3			

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 52: Porcentajes de Vacíos de los Agregados de Muestra

% Asfalto Utilizado (Pb)		6,00			
Nº Briqueta		1	2	3	4
Fecha		25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024
Altura cm		6,20	6,10	6,20	
		6,17			
Volumen cm³		506,33	490,67	515,93	
		504,31			
% Volumen de Vacíos	Agregado	83,726			
	Vacíos (Va)	3,409			
	Asfalto (VCA)	12,865			

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 53: Porcentaje de Vacíos de Muestra

% Asfalto Utilizado (Pb)		6,00			
Nº Briqueta		1	2	3	4
Fecha		25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024
Altura cm		6,20	6,10	6,20	
		6,17			
Volumen cm³		506,33	490,67	515,93	
		504,31			
% Vacíos	Aire (Va)	3,409			
	V.M.A.	16,274			
	V.F.A.	79,053			

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 54: Porcentaje de Asfalto de Muestra

% Asfalto Utilizado (Pb)		6,00			
Nº Briqueta		1	2	3	4
Fecha		25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024
Altura cm		6,20	6,10	6,20	
		6,17			
Volumen cm³		506,33	490,67	515,93	
		504,31			
% Asfalto	Pba	0,103			
	Pbe	5,903			

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 55: Estabilidad de Muestra

% Asfalto Utilizado (Pb)			6,00				
Nº Briqueta			1	2	3	4	
Fecha			25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024	
Altura cm			6,20	6,10	6,20		
			6,17				
Volumen cm³			506,33	490,67	515,93		
			504,31				
Estabilidad	Ensayo		1668	1696	1665		
	F. de Correccion		1,040	1,071	1,040		
	Estabilidad	Briqueta		1734,72	1816,42	1731,60	
		1760,91 Lb					
		Promedio		798,75 kg			

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 56: Flujo de Muestra

% Asfalto Utilizado (Pb)			6,00			
Nº Briqueta			1	2	3	4
Fecha			25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024	25/10/2024
Altura cm			6,20	6,10	6,20	
			6,17			
Volumen cm³			506,33	490,67	515,93	
			504,31			
Flujo 0,01 "	Briqueta		10	11	11	
	Promedio		11			

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Resultados de Ensayo de Muestra con el 6,50%

Considerando la adición del 6,50% de mezcla asfáltica con un 5% de adición de plástico reciclado es decir kg/m³

Tabla 57: Gravedad Bulk de **Muestra**

% Asfalto Utilizado (Pb)		6,50			
Nº Briqueta		1	2	3	4
Fecha		26/10/2024	26/10/2024	26/10/2024	26/10/2024
Altura cm		6,00	6,10	6,00	
		6,03			
Volumen cm ³		481,97	482,77	488,82	
		484,52			
Gravedad Especifica Bulk Mezcla (G _{mb}) g/cm ³	Aire gr	1065,0	1063,0	1060,2	
	SSS gr	1071,3	1075,8	1072,3	
	Agua gr	587,5	592,0	569,0	
	Gmb Briqueta	2,201	2,197	2,106	
	Gmb Bulk Media	2,168 gr/cm ³			

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 58: Gravedad Especifica de Muestra

% Asfalto Utilizado (Pb)		6,50			
Nº Briqueta		1	2	3	4
Fecha		26/10/2024	26/10/2024	26/10/2024	26/10/2024
Altura cm		6,00	6,10	6,00	
		6,03			
Volumen cm ³		481,97	482,77	488,82	
		484,52			
Gravedad Especifica de la mezcla	Teórica Máxima	2,243 gr/cm ³			
	Máxima Medida	2,252 gr/cm ³			
	Efectiva (Gse)	2,460 gr/cm ³			

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 59: Porcentajes de Vacíos de los Agregados de Muestra

% Asfalto Utilizado (Pb)		6,50			
Nº Briqueta		1	2	3	4
Fecha		26/10/2024	26/10/2024	26/10/2024	26/10/2024
Altura cm		6,00	6,10	6,00	
		6,03			
Volumen cm³		481,97	482,77	488,82	
		484,52			
% Volumen de Vacíos	Agregado	82,812			
	Vacíos (Va)	3,329			
	Asfalto (VCA)	13,859			

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 60: Porcentaje de Vacíos de Muestra

% Asfalto Utilizado (Pb)		6,50			
Nº Briqueta		1	2	3	4
Fecha		26/10/2024	26/10/2024	26/10/2024	26/10/2024
Altura cm		6,00	6,10	6,00	
		6,03			
Volumen cm³		481,97	482,77	488,82	
		484,52			
% Vacíos	Aire (Va)	3,329			
	V.M.A.	17,188			
	V.F.A.	80,630			

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 61: Porcentaje de Asfalto de Muestra

% Asfalto Utilizado (Pb)		6,50			
Nº Briqueta		1	2	3	4
Fecha		26/10/2024	26/10/2024	26/10/2024	26/10/2024
Altura cm		6,00	6,10	6,00	
		6,03			
Volumen cm³		481,97	482,77	488,82	
		484,52			
% Asfalto	Pba	0,199			
	Pbe	6,314			

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 62: Estabilidad de Muestra

% Asfalto Utilizado (Pb)			6,50				
Nº Briqueta			1	2	3	4	
Fecha			26/10/2024	26/10/2024	26/10/2024	26/10/2024	
Altura cm			6,00	6,10	6,00		
			6,03				
Volumen cm³			481,97	482,77	488,82		
			484,52				
Estabilidad	Ensayo		1565	1579	1578		
	F. de Correccion		1,103	1,071	1,103		
	Estabilidad	Briqueta		1726,20	1691,11	1740,53	
		Promedio		1719,28 Lb			
				779,86 kg			

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 63: Flujo de Muestra

% Asfalto Utilizado (Pb)		6,50			
Nº Briqueta		1	2	3	4
Fecha		26/10/2024	26/10/2024	26/10/2024	26/10/2024
Altura cm		6,00	6,10	6,00	
		6,03			
Volumen cm³		481,97	482,77	488,82	
		484,52			
Flujo 0,01 "	Briqueta	11	10	11	
	Promedio	11			

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Esquema grafico de resultados de la mezcla asfáltica y plástico reciclado.

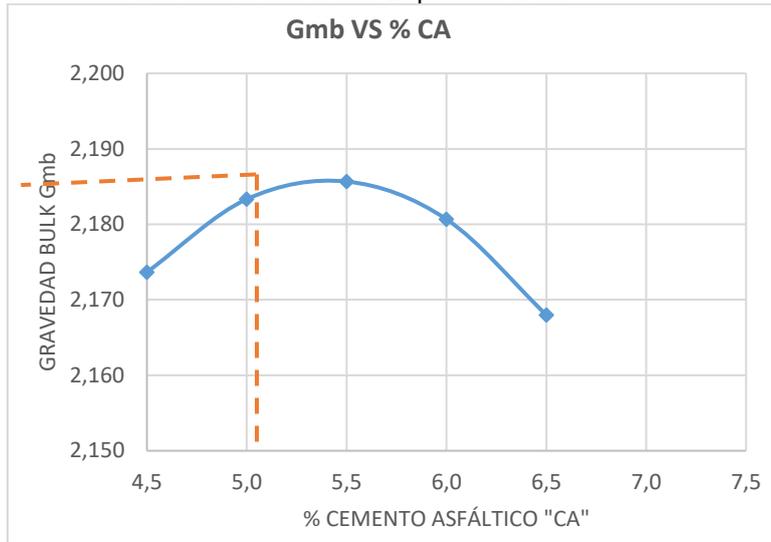
Presentamos la tabla "65" en la cual se enmarcan los parámetros obtenidos en los diferentes ensayos de Marshall realizados las briquetas con los porcentajes de 4.5%, 5.00%, 5.5%, 6.00% y 6.5%

Tabla 64: Resultados de las 5 Muestras de Mezclas Asfálticas

Muestra	GMB	ESTABILIDA D	%VA	FLUJO	% VMA	% VFA
4,5	2,173667	1586,476667	5,601	8	15,218	63,195
5	2,183333	1704,73	4,534	9	15,27	70,304
5,5	2,185667	1771,01	3,819	10	15,639	75,577
6	2,180667	1760,913333	3,409	11	16,274	79,053
6,5	2,168	1719,28	3,329	11	17,188	80,63

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

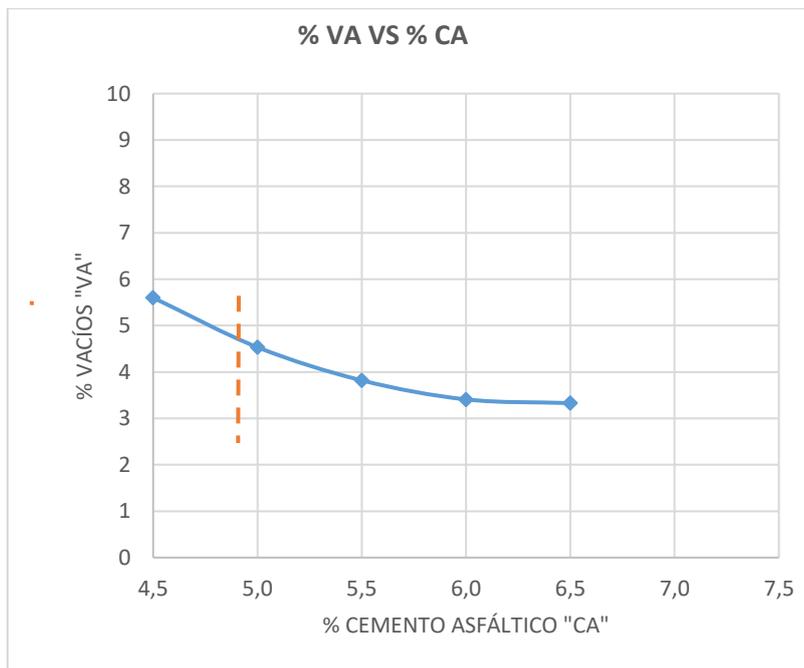
Ilustración 28: Curva Gravedad Especifica Bulk



Elaborado por: Auria y Haz (2025)

La gravedad específica resultante óptima para la mezcla asfáltica con material reciclado es de 2.186,00kg/cm³.

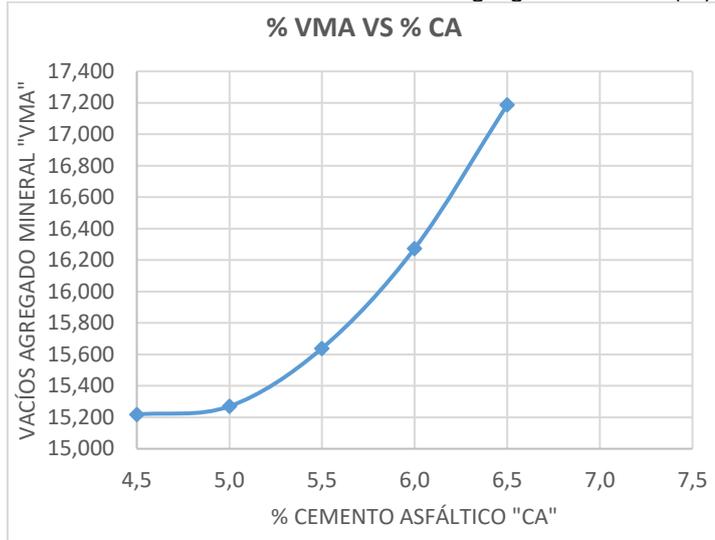
Ilustración 29: Curva Volumen de Vacíos (%VA)



Elaborado por: Auria y Haz (2025)

El volumen de vacíos resultantes de nuestras muestras realizadas de mezcla asfáltica con plástico reciclado de 4.5%, 5.00%,5.5%,6.00%,6.5 %con material de plástico reciclado es de 3.7%.

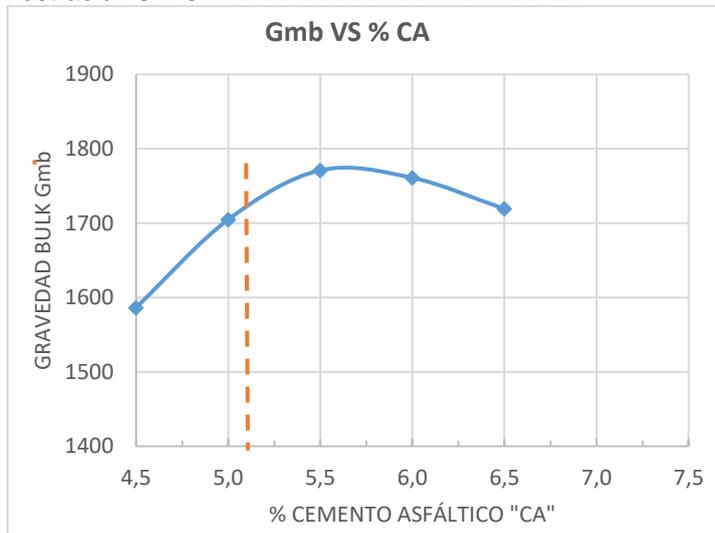
Ilustración 30: Curva de Vacíos en el Agregado Mineral (%)



Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Dentro de las muestras realizadas de mezcla asfáltica con plástico reciclado de 4.5%, 5.00%,5.5%,6.00%,6.5 % los resultados están dentro de los rangos permisibles según el instituto del ASFALTO.

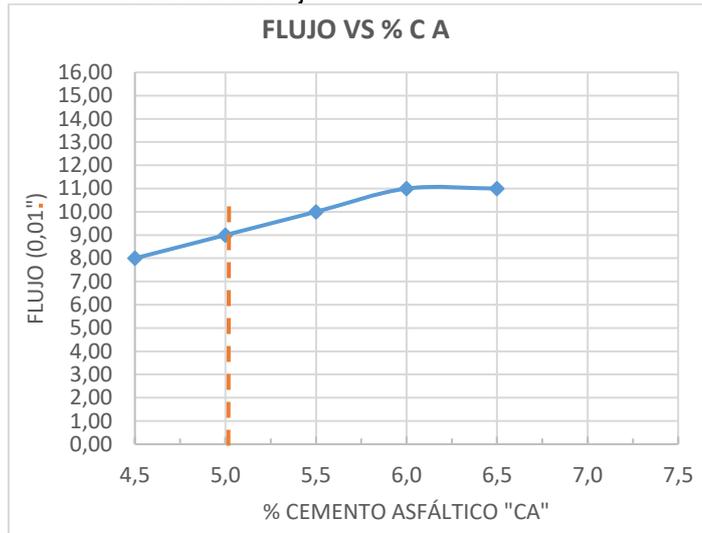
Ilustración 31: Curva de Estabilidad Marshall "Lb"



Elaborado por: Auria y Haz (2025)

La estabilidad Marshall óptima que se pudo obtener en las muestras de mezcla asfáltica con plástico reciclado de 4.5%, 5.00%,5.5%,6.00%,6.5 % es de 1775lb.

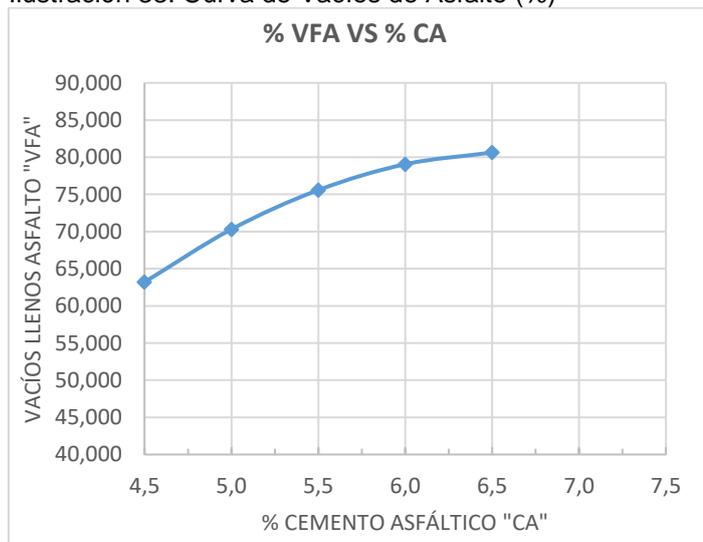
Ilustración 32: Curva Flujo



Elaborado por: Auria y Haz (2025)

El flujo obtenido se las muestras en las muestras de mezcla asfáltica con plástico reciclado de 4.5%, 5.00%,5.5%,6.00%,6.5 % es de 10.

Ilustración 33: Curva de Vacíos de Asfalto (%)



Elaborado por: Auria y Haz (2025)

El porcentaje de vacíos resultante de los ensayos realizados de la mezcla asfáltica con plástico reciclado de 4.5%, 5.00%,5.5%,6.00%,6.5 % es de 37%. Con lo que podemos concluir nuestro porcentaje óptimo de mezcla asfáltica con material reciclado es de 5.6%

Evaluación Técnica y Económica de la Mezcla Asfáltico con Plástico Reciclado y Mezcla Asfáltico Tradicional

Con los resultados mostrados realizamos una evaluación técnica y económica mediante cuadros comparativos de as mezcla asfáltica de plástico reciclado con el 5.6% de asfalto incorporado el 0.5% de plástico y una mezcla tradicional.

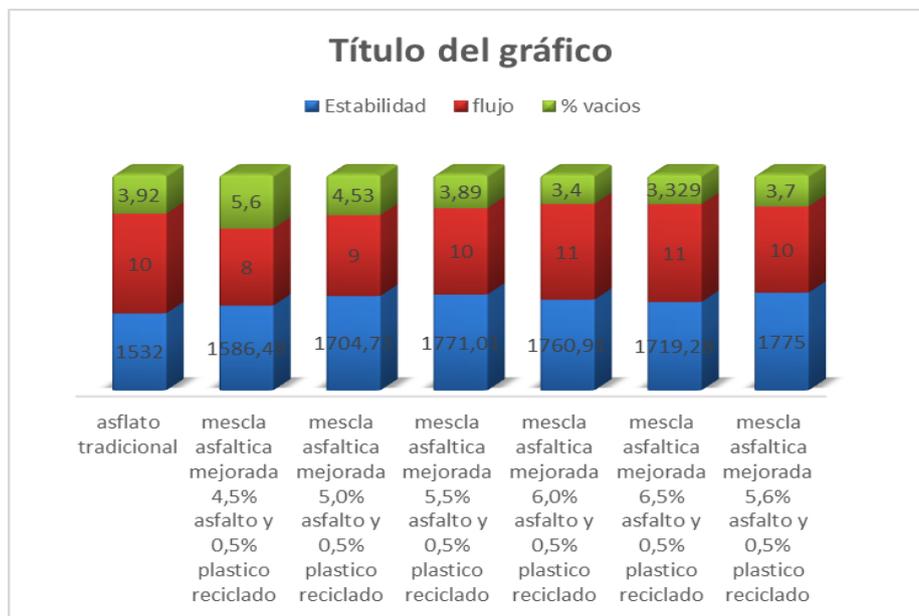
Evaluación Técnica de la Mezclas Modificada con la Mezcla Tradicional

Ilustración 34: Cuadro de Evaluación de Mezclas Asfálticas

Cuadro comparativo de mezclas asfálticas							
especificaciones	asfalto tradicional	mescla asfáltica mejorada 4,5% asfalto y 0,5% plastico reciclado	mescla asfáltica mejorada 5,0% asfalto y 0,5% plastico reciclado	mescla asfáltica mejorada 5,5% asfalto y 0,5% plastico reciclado	mescla asfáltica mejorada 6,0% asfalto y 0,5% plastico reciclado	mescla asfáltica mejorada 6,5% asfalto y 0,5% plastico reciclado	mescla asfáltica mejorada 5,6% asfalto y 0,5% plastico reciclado
Estabilidad	1532	1586,48	1704,73	1771,01	1760,91	1719,28	1775
flujo	10	8	9	10	11	11	10
% vacios	3,92	5,6	4,53	3,89	3,4	3,329	3,7

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Ilustración 35: Grafica de Evaluación de Mezclas Asfálticas



Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Como se muestra en la gráfica la mezcla asfáltica de 5.6% de asfalto AC-20 y 0.5% de plástico reciclado tiene estabilidad de 1775Lb/cm³ mientras que la mezcla tradicional tiene 1532Lb/cm³ es decir una estabilidad de más del 15.9% obtenida con la adición del plástico y menor porcentaje de vacíos ya que la mezcla tradicional tiene 3.92% mientras que la mezcla asfáltica mejorada cuenta con 3.7% que la que una mezcla de asfalto tradicional para tráfico liviano por lo que podemos decir que se cuenta con una mezcla 5.6% más compacta.

Ambas muestras mantienen un flujo 10, sin embargo, al tener una mezcla con mayor estabilidad y menor porcentajes de vacíos su comportamiento y durabilidad es mayor.

Evaluación Económica de la mezcla modificada con la mezcla tradicional.

Para la evaluación económica de la mezcla asfáltica con material de plástico reciclado, tomamos en consideración su peso volumétrico de cada uno de los agregados y su porcentaje de dosificación con los cuales interpolamos y realizamos el análisis de precio unitario a un m³ de cemento asfáltico tradicional versus un m³ de nuestra mezcla asfáltica de 5.6% de AC-20 y el 5% de plástico reciclado.

Podemos indicar que los costos de agregados son constantes en su dosificación para las muestras ensayadas teniendo:

Piedra ¾=\$0.50

Piedra 3/8=\$2.44

Cisco=\$4.77

Arena=\$1.38

Ilustración 36: Análisis de Precio Unitario de Mezcla Asfáltica Caliente



NOMBRE PROYECTO :

EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL REVESTIMIENTO DEL CANAL DE AGUAS LUVIAS CON MEZCLA ASFÁLTICA DE MATERIAL RECICLADO, MILAGRO

RUBRO: MEZCLA ASFALTICA UNIDAD: m3

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	hH/unidad	COSTO T.
	A	B	C = A x B	Rendimiento	D = C x R
Herramienta manual 5% Mano de Obra					0,20
PLANTA DE ASFALTO	1,00	120,00	120,00	0,16300	19,56
CARGADORA FORNTAL	1,00	30,00	30,00	0,11630	3,49
SUBTOTAL EQUIPOS					23,25
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO T.
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
PEON	4,00	3,33	13,30	0,16300	2,17
CARGADOR OPERADO	1,00	3,90	3,90	0,16300	0,64
EN ABASTES	1,00	3,80	3,80	0,16300	0,62
OPERADOR 2	1,00	3,60	3,60	0,16300	0,59
					0,00
SUBTOTAL MANO DE OBRA					4,01
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO T.	
		A	B	C = A x B	
pedra triturada 3/4	m3	0,04400000	11,50	0,506	
pedra triturada 3/8	m3	0,21250000	11,50	2,444	
cisco	m3	0,43390000	11,00	4,773	
arena	m3	0,12000000	11,50	1,380	
cemeneto asfaltico ac 20	kg	134,70000000	0,35	47,145	
diesel	gl	9,60	1,90	18,24	
liga	kg	160,00000	0,27	43,20	
SUBTOTAL MATERIALES					117,688
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO T.	
		A	B	C = A x B	
SUBTOTAL TRANSPORTE					-
TOTAL COSTO DIRECTO					144,95
COSTOS INDIRECTOS				18,0%	26,09
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					171,04
VALOR OFERTADO:					\$ 171,04

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Ilustración 37: Análisis de Precio Unitario de Mezcla Asfáltica con Material de Plástico Reciclado



NOMBRE PROYECTO :

EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL REVESTIMIENTO DEL CANAL DE AGUAS LLUVIAS CON MEZCLA ASFÁLTICA DE MATERIAL RECICLADO, MILAGRO

RUBRO: MEZCLA ASFALTICA CON PLASTICO RECICLADO UNIDAD: m3

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	hH/unidad	COSTO T.
	A	B	C = A x B	Rendimiento	D = C x R
Herramienta manual 5% Mano de Obra					0,20
PLANTA DE ASFALTO	1,00	120,00	120,00	0,16300	19,56
CARGADORA FORNTAL	1,00	30,00	30,00	0,11630	3,49
SUBTOTAL EQUIPOS					23,25
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO T.
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
PEON	4,00	3,33	13,30	0,16300	2,17
CARGADOR OPERADO	1,00	3,90	3,90	0,16300	0,64
EN ABASTES	1,00	3,80	3,80	0,16300	0,62
OPERADOR 2	1,00	3,60	3,60	0,16300	0,59
					0,00
SUBTOTAL MANO DE OBRA					4,01
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO T.	
		A	B	C = A x B	
pedra triturada 3/4	m3	0,04400000	11,50	0,506	
pedra triturada 3/8	m3	0,21250000	11,50	2,444	
cisco	m3	0,43390000	11,00	4,773	
arena	m3	0,12000000	11,50	1,380	
cemeneto asfáltico ac-20	kg	134,70000000	0,35	47,145	
diesel	gl	9,60	1,90	18,24	
liga	kg	160,000000	0,27	43,20	
plástico reciclado	kg	23,8000	0,18	4,28	
SUBTOTAL MATERIALES					121,972
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO T.	
		A	B	C = A x B	
SUBTOTAL TRANSPORTE					
TOTAL COSTO DIRECTO					149,23
COSTOS INDIRECTOS				18,0%	26,86
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					176,09
VALOR OFERTADO:					\$ 176,09

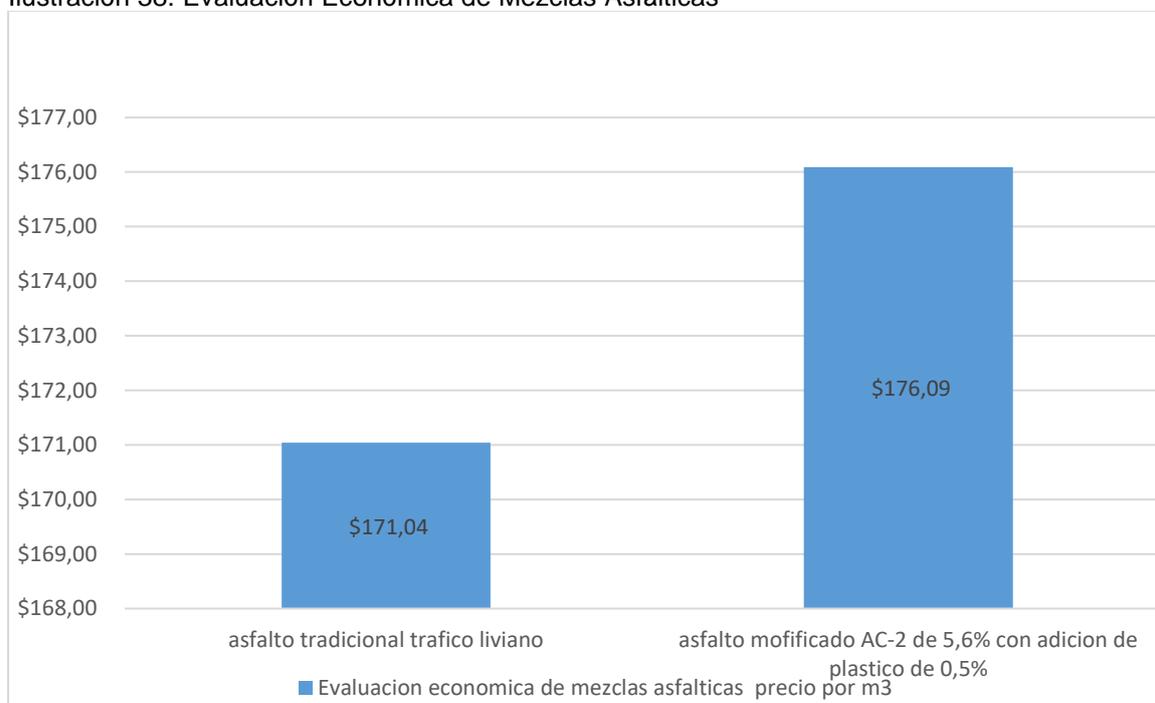
Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 65: Cuadro de Evaluación Económica de Mezclas Asfálticas

Evaluación económica de mezclas asfálticas	
Tipo de Aflato	precio por m3
asfalto tradicional tráfico medio	\$ 171,04
asfalto modificado AC-2 de 5,6% con adición de plástico de 0,5%	\$ 176,09

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Ilustración 38: Evaluación Económica de Mezclas Asfálticas



Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Como se muestra hay una diferencia de costos de la mezcla de asfalto tradicional de tráfico medio que sus cotos de mercado están en \$171.04 dólares el m3 mientras que el costo de una mezcla asfáltica modificada con el 5.6% de AC-20 y el 0.5% de plástico reciclado que su costo estaría en los \$176.09 dólares el m3 con una diferencia de \$5.05 dólares el m3 más que el de la mezcla tradicional, es decir que tenemos un incremento del 2.95% por m3.

Evaluación Técnica y Económica del canal de tierra versus canal revestido de Mezcla Asfáltico con Plástico Reciclado y Mezcla Asfáltico Tradicional

Levantamiento Topográfico de Canal de Aguas Lluvias

Para obtener los datos propios del canal de aguas lluvias existente que es el área de estudio de esta investigación, se procede con un levantamiento topográfico para poder obtener la geometría del canal, su sección y espejo de agua, considerando las dimensiones para realizar un rediseño geométrico que sea favorable para la aplicación del revestimiento de asfalto con material de plástico reciclado y poder mejorar las características existentes del canal y sus aspectos económicos.

Tabla 66: Topografía del Canal Libreta 1

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA
1	666875,209	9776341,729	21,089
2	667073,96	9776579,034	20,048
3	666872,233	9776351,005	19,861
4	666872,05	9776350,972	18,463
5	666871,926	9776353,923	19,169
6	666871,998	9776353,946	19,806
7	666879,454	9776344,788	19,828
8	666879,428	9776344,673	18,433
9	666879,689	9776344,724	21,069
10	666883,47	9776345,064	19,278
11	666885,572	9776343,109	18,106
12	666883,773	9776338,861	17,683
13	666883,782	9776336,619	16,171
14	666882,251	9776333,041	14,616
15	666877,072	9776325,395	14,596
16	666879,056	9776328,095	14,087
17	666873,708	9776321,184	15,56
42	666816,089	9776351,34	17,724
43	666827,907	9776372,91	16,345
44	666829,179	9776375,08	16,869
45	666780,535	9776376,33	14,537
46	666782,405	9776379,73	14,426
47	666784,018	9776383,01	14,497
48	666785,706	9776386,62	16,678
49	666778,093	9776370,08	17,01
50	666739,902	9776392,19	14,036
51	666740,815	9776394,59	14,078
52	666742,089	9776397,93	14,166
53	666744,673	9776402,62	15,351
54	666733,85	9776381,15	17,711
55	666697,648	9776410,87	14,167
56	666698,844	9776413,37	14,068
57	666700,053	9776415,71	14,167
58	666644,141	9776435,04	17,336

18	666870,20 7	9776317,74 5	17,456
19	666866,09 2	9776320,17 9	17,894
20	666864,01 7	9776322,21 5	19,062
21	666863,99	9776322,16 8	19,359
22	666863,63	9776326,07 4	18,169
23	666863,58 3	9776326,25	19,804
24	666863,43	9776326,23 2	21,061
25	666856,21 9	9776332,58	21,047
26	666856,29 3	9776332,53 3	19,77
27	666856,49 3	9776332,62 8	18,159
28	666849,80 2	9776337,72 9	17,585
29	666851,30 2	9776340,02 7	17,002
30	666852,11 8	9776342,12 3	16,302
31	666853,44 5	9776343,54 5	15,294
32	666857,13 4	9776347,34 8	15,079
33	666860,52	9776351,91	15,447
34	666862,98 8	9776354,06 8	16,97
35	666867,43 8	9776357,86 5	17,783
36	666842,11	9776340,07 1	16,997
37	666820,86 1	9776359,55 4	16,783
38	666817,37 9	9776352,64 7	16,946
39	666822,49 6	9776362,14 3	14,918
40	666825,91 9	9776368,46 9	14,816
41	666824,20 3	9776365,36	14,67

59	666903,64 1	9776290,4 2	17,838
60	666899,31 1	9776286,4 8	18,009
61	666908,28 9	9776293,8 5	14,212
62	666911,13 5	9776295,7 5	14,182
63	666914,88 3	9776300,1 7	14,33
64	666915,77 8	9776301,2 3	15,118
65	666919,97 7	9776305,9 3	17,121
66	666928,46 3	9776318,7	17,751
67	666940,96 7	9776250,1 9	16,939
68	666942,29 2	9776253,3 3	14,519
69	666947,52 7	9776259,8 6	14,258
70	666945,00 7	9776256,7 8	13,902
71	666948,34 8	9776260,9 5	15,252
72	666951,79 4	9776268,3 2	17,285
73	666958,66 1	9776237,0 1	17,747
74	666964,94	9776249,8 6	14,32
75	666962,43 6	9776241,5 7	14,425
76	666643,53 6	9776543,1 2	16,272
77	666971,85 4	9776239,2 7	14,498
78	667010,05 5	9776241,0 2	16,827
79	667008,23 3	9776252,7 8	14,317
80	667009,59 3	9776243,2 6	15,146
81	667009,11 9	9776246,2 6	14,953
82	667008,89 2	9776247,9	13,782

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 67: Topografía del Canal Libreta 2

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA
83	667008,998	9776248,573	13,449
84	667008,088	9776254,797	15,389
85	667008,253	9776259,721	17,118
86	667005,652	9776264,366	17,816
91	666931,348	9776246,422	17,948
92	666924,961	9776252,253	17,971
93	666987,358	9776220,432	17,72
94	667048,364	9776254,861	13,949
95	667048,591	9776254,062	14,832
96	667046,553	9776259,439	13,949
97	667049,425	9776249,902	15,346
98	667045,278	9776260,679	15,167
99	667050,599	9776248,043	17,299
100	667040,132	9776267,891	17,952
101	667095,695	9776261,778	18,004
102	667096,644	9776276,115	14,224
103	667096,753	9776276,954	15,242
104	667096,702	9776278,961	16,02
105	667246,171	9776232,005	15,511
106	667245,905	9776237,611	15,472
107	667092,93	9776255,626	17,867
108	667088,639	9776247,853	17,78
109	667073,729	9776295,683	18,304
110	667067,479	9776289,366	18,005
111	667095,322	9776270,304	14,116
112	667072,419	9776276,323	17,841
113	667095,624	9776272,913	13,6
114	667117,912	9776237,895	18,065

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA
87	666990,965	9776277,43	18,091
88	666958,248	9776285,63	17,876
89	666951,507	9776224,91	17,978
90	666957,491	9776267,78	17,778
132	667154,337	9776243	15,827
133	667161,222	9776259,06	16,162
134	667147,207	9776221,82	18,007
135	667163,489	9776262,88	17,593
136	667164,907	9776268,42	18,247
137	667210,835	9776236,01	15,5
138	667210,853	9776237,66	14,339
139	667210,612	9776239,82	14,169
140	667210,655	9776241,32	14,256
141	667211,034	9776233,94	15,567
142	667209,989	9776242,83	15,41
143	667209,661	9776245,27	16,557
144	667245,679	9776230,32	16,273
145	667246,035	9776232,17	16,411
146	667246,001	9776237,59	15,471
147	667246,052	9776238,88	14,243
148	667246,217	9776239,88	14,017
149	667246,238	9776232,11	15,508
150	667245,921	9776242,25	14,09
151	667245,603	9776244,89	16,1
152	667278,007	9776236,46	14,186
153	667278,535	9776235,4	15,188
154	667278,366	9776233,31	15,59
155	667277,555	9776230,29	15,568

115	667122,128	9776252,196	17,985
116	667125,967	9776268,208	14,213
117	667126,289	9776269,36	15,676
118	667124,545	9776257,671	15,603
119	667127,708	9776273,588	17,074
120	667128,237	9776277,808	16,179
121	667127,156	9776283,191	17,917
122	667124,988	9776260,992	15,507
123	667125,772	9776262,284	14,298
124	667126,555	9776292,324	18,367
125	667126,943	9776264,707	14,01
126	667152,878	9776239,727	17,936
127	667156,614	9776248,82	14,684
128	667158,444	9776253,161	14,571
129	667157,657	9776250,849	14,179
130	667159,003	9776254,361	15,419
131	667155,808	9776246,938	15,211

156	667278,37	9776238,56	13,829
157	667278,096	9776240,27	14,362
158	667278,139	9776242,26	15,402
159	667278,579	9776243,15	16,228
160	667133,309	9776232,15	18,093
161	667135,251	9776241,85	18,02
162	667131,497	9776242,52	18,052
163	667128,895	9776244,04	18,052
164	667125,476	9776244,87	18,064
165	666659,68	9776414,16	17,561
166	666660,988	9776417,39	17,524
167	666661,774	9776419,54	17,161
168	666664,281	9776423,95	14,52
169	666665,068	9776426,98	14,479
170	666666,08	9776430,05	14,605
171	666666,697	9776432,52	15,198
172	666654,405	9776448,04	15,141

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 68: Topografía del Cana Libreta 3

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA
173	666642,469	9776447,313	14,845
174	666669,8	9776436,809	15,805
175	666635,855	9776450,268	17,581
176	666632,789	9776449,619	17,684
177	666636,74	9776468,179	17,612
178	666639,825	9776467,763	17,679
179	666641,238	9776467,811	17,401
180	666647,22	9776466,86	14,649
181	666651,066	9776466,397	14,325

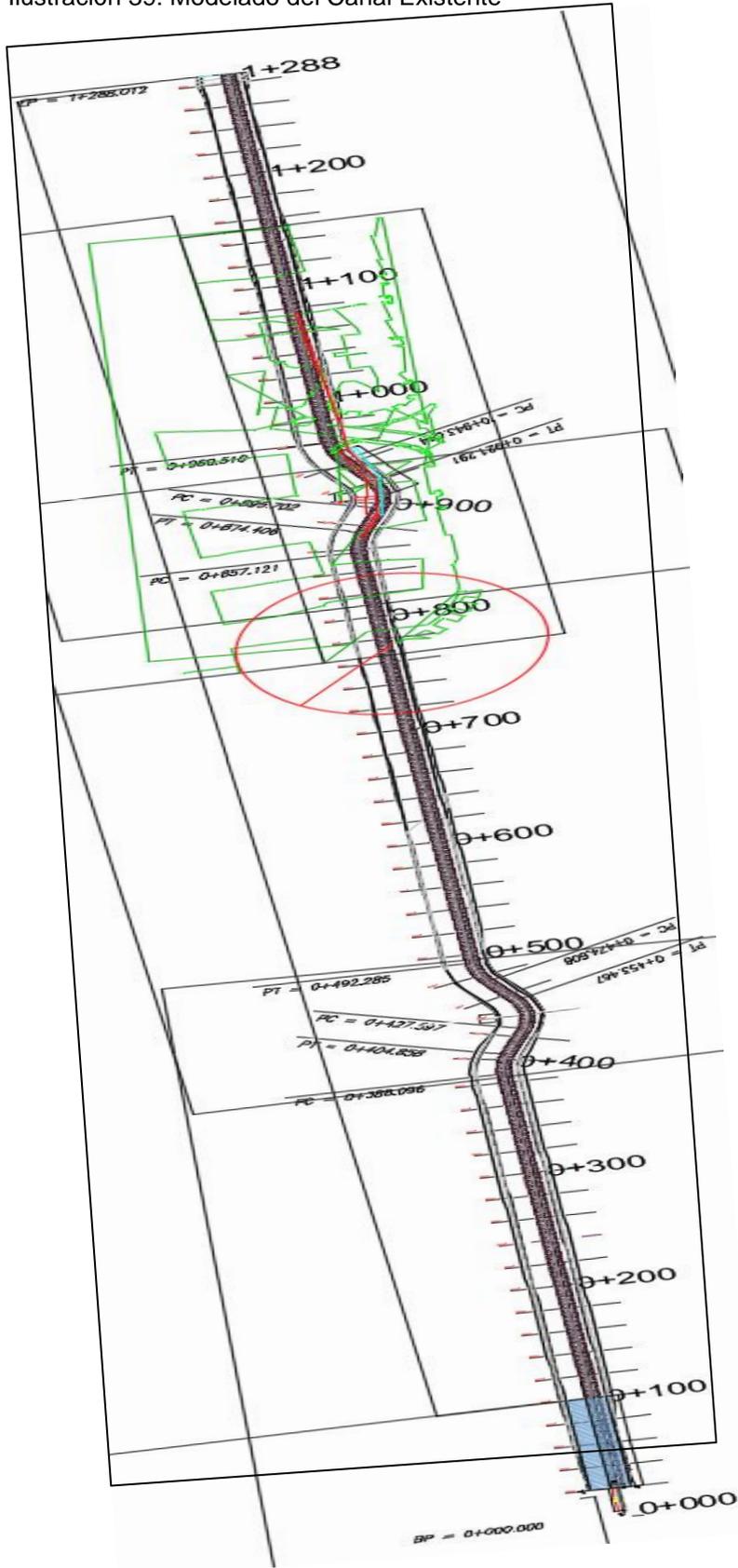
PUNTO	ESTE	NORTE	COTA
205	666632,003	9776547,95	17,632
206	666634,113	9776549,08	17,596
207	666636,898	9776551,26	17,361
208	666640,864	9776554,88	15,761
209	666647,549	9776560,15	14,253
210	666650,229	9776564,93	14,035
211	666656,832	9776563,59	15,709
212	666653,429	9776573,56	17,369
213	666611,097	9776585,49	15,803

182	666654,567	9776465,945	14,635
183	666671,861	9776441,725	17,361
184	666657,07	9776466,351	15,042
185	666644,153	9776495,06	17,723
186	666647,185	9776494,64	17,73
187	666644,102	9776509,879	17,66
188	666647,133	9776509,885	17,666
189	666648,989	9776510,058	17,367
190	666653,57	9776510,196	15,296
191	666660,78	9776468,952	15,948
192	666656,182	9776509,878	14,081
193	666659,921	9776509,369	13,783
194	666663,81	9776509,205	13,922
195	666666,614	9776509,941	14,999
196	666669,724	9776510,554	15,801
197	666659,258	9776694,857	16,263
198	666656,126	9776529,036	14,515
199	666664,097	9776540,597	14,677
200	666665,056	9776527,974	14,573
201	666643,708	9776514,953	17,626
202	666646,629	9776515,94	17,565
203	666669,657	9776542,01	17,347
204	666673,151	9776542,016	17,341

214	666609,956	9776584,48	15,981
215	666616,038	9776589,26	14,327
216	666618,366	9776591,48	13,895
217	666620,325	9776593,3	14,107
218	666603,776	9776577,75	17,598
219	666624,458	9776595,37	15,918
220	666641,136	9776584,07	17,704
221	666588,008	9776625,55	14,599
222	666574,017	9776638,87	17,587
223	666577,372	9776635,66	17,17
224	666580,848	9776632,54	15,447
225	666605,501	9776626,97	17,085
226	666607,589	9776607,37	17,577
227	666598,312	9776616,04	17,475
228	666593,269	9776620,46	15,016
229	666559,611	9776592,21	17,615
230	666559,517	9776597,66	17,435
231	666557,979	9776603,7	14,482
232	666557,749	9776608,12	14,312
233	666556,887	9776613,25	14,873
234	666555,875	9776616,82	16,148
235	666553,025	9776622,54	17,254

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

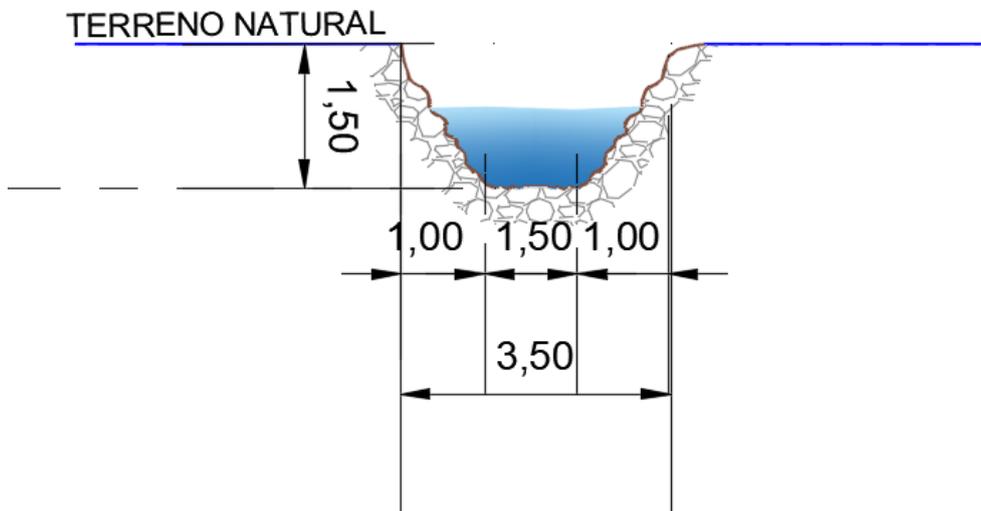
Ilustración 39: Modelado del Canal Existente



Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Ilustración 40: Sección Promedio Canal Existente

CANAL DE TERRENO NATURAL EXISTENTE



Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Factibilidad Económica

Tomando los datos del relevamiento topográfico realizado en sitio se considera un tramo de 1kilometro es decir 1.000,00 ml, partiendo de su sección inicial donde interpolamos las medidas y cotas existente con las totas del rediseño o propuesta de canal.

Tabla 69: Sección Promedio de Canal Existente

sección promedio de canal existente					
solera o ancho inferior	ancho superior	altura	área	cota de terreno	cota base o proyecto
1,5	3,5	1,5	3,75	2,135	3,285

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Con la sección promedio del canal existente procedemos a realizar un rediseño geométrico del canal de aguas lluvias que sea óptimo para la aplicación del revestimiento de asfalto con material reciclado.

Teniendo:

- Área:(1.50*1.50)=2.25m²
- Velocidad= (distancia / tiempo)=
- V= (20/56.32) =0.35511m/seg
- Caudal Q a capacidad de cauce = V*A=
- Q= (0.2339*2.25) =0.79900m³/seg= 799.0056lt/seg

Tabla 70: Calculo del Caudal Anual Existente

coeficiente rugosidad n	base canal	calado	área mojada	perímetro mojado	radio hidráulico	radio hidráulico 2/3	pendiente	velocidad	caudal m ³ /s	caudal l/s
0,015	1,5	0,84	1,26	3,18	0,502	0,71715	0,03	1,921	3,559	3558,7
0,015	1,5	0,94	1,41	3,38	0,505	0,72272	0,03	1,931	3,713	3713
0,015	1,5	1,1	1,65	3,7	0,581	0,83112	0,03	2,119	5,51	5510,2
0,015	1,5	1,2	1,8	3,9	0,628	0,89861	0,03	2,232	6,925	6924,9
0,015	1,5	1,3	1,95	4,1	0,676	0,96597	0,03	2,343	8,602	8601,8
0,015	1,5	1,4	2,1	4,3	0,723	1,03332	0,03	2,45	10,58	10575,1
0,015	1,5	1,5	2,25	4,5	0,77	1,10067	0,03	2,556	12,88	12880,8

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Con se muestra en nuestra tabla de cálculo de caudal, el caudal real existente es de 0.79900m³/seg, aplicando las diversas fórmulas como la de Manning podemos ver que el caudal teórico es de 12.88m³/seg, es decir que el canal no está usando su capacidad, esto podría darse por la maleza del sector, erosiones y las condiciones actuales del mismo.

Considerando los 12.88m³/seg obtenidos del canal existente realizamos un rediseño de la sección del canal para mejorar la velocidad y resistencia.

Tabla 71: Calculo del Caudal Anual Existente (Rediseño)

coeficiente rugosidad n	base canal	talud	calado	área mojada	perímetro mojado	radio hidráulico	radio hidráulico 2/3	pendiente	velocidad	caudal m ³ /s	caudal l/s
0,025	2	2,26	0,84	3,021	5,607	0,539	0,77034	0,03	1,451	4,382	4381,5
0,025	2	2,26	0,94	3,612	6,137	0,589	0,8417	0,03	1,539	5,558	5557,5
0,025	2	2,26	1,1	4,572	6,841	0,668	0,95567	0,03	1,675	7,656	7655,9

0,025	2	2,2 6	1,2	5,366	7,496	0,716	1,0237 4	0,03	1,753	9,40 9	9409, 1
0,025	2	2,2 6	1,3	6,25	8,189	0,763	1,0915 2	0,03	1,83	11,4 4	11437 ,3
0,025	2	2,2 6	1,4	6,419	8,426	0,811	1,1590 2	0,03	1,905	13,7 7	13769 ,2

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Calculo Tipo Canal Tierra

- $B=2$; $y=1.40$; $z=2.26$; $J=0.015$; vol. 7.391m^3 ; $t=1.8118\text{seg}$; $d=3.37\text{m}$; $t=5.57$

Area Mojada

- $A=(B+ZY) * T$
- $A= (2+2.80) * 1.4$
- $A=6.72\text{m}^2$

Perímetro Mojado

- $P=B+2Y\sqrt{1+Z^2}$
- $P=5.4598\text{M}$

Radio Hidráulico

- $R=A/P$
- $R=6.72/5.4598$
- $R=1.2308\text{m}$

Radio Hidráulico $^{\wedge} 2/3$

- $R^{2/3}=(1.2038)^{2/3}$
- $R^{2/3}=1.14848\text{m}^{2/3}$

Pendiente $^{\wedge} 1/2$

- $J=0.015$
- $J^{1/2}=0.12247$

Velocidad Superficial

- $V_s=d/t$
- $V_s=3.37/5.57$
- $V_s=0.605\text{m/s}$

Caudal Real

- $Q=\text{VOL}/T$
- $Q=7.391/1.818$
- $Q=4.0656\text{m}^3/\text{seg}$

Velocidad Media

- $V_m=Q/A$
- $V_m=4.656/6.72$
- $V_m=0.605\text{m/seg}$

Caudal Superficial

- $Q_s=A \cdot V_s$
- $Q_s=6.72 \cdot 0.605$
- $Q_s=4.0656\text{M}^3/\text{seg}$

Coeficiente Rugosidad (Velocidad Media)

$$\circ n = \frac{R^{2/3} J^{1/2}}{V_m}$$

- $n=(1.14848 \cdot 0.12247)/0.605$
- $n=0.0234$

Coeficiente Rugosidad (Velocidad Superficial)

$$\circ n = \frac{R^{2/3} J^{1/2}}{V_s}$$

- $n = (1.14848 * 0.12247) / 0.605$
- $n = 0.02324$

Coeficiente Rugosidad (Caudal Real)

$$\circ n = \frac{R^{2/3} J^{1/2} A}{Q}$$

- $n = (1.14848 * 0.12247 * 6.72) / 4.0656$.
- $n = 0.02324$

Calculo Tipo Canal Revestido

- $B=2$; $y=1.40$; $z=2.26$; $J=0.013$; vol. 9.464m^3 ; $t=1.8118\text{seg}$; $d=3.37\text{m}$; $t=4.35$

Área Mojada

- $A = (B + ZY) * T$
- $A = (2 + 2.80) * 1.4$
- $A = 6.72\text{m}^2$

Perímetro Mojado

- $P = B + 2Y\sqrt{1 + Z^2}$
- $P = 5.4598\text{M}$

Radio Hidráulico

- $R=A/P$
- $R=6.72/5.4598$
- $R=1.2308m$

Radio Hidráulico $^{2/3}$

- $R^{2/3}=(1.2038)^{2/3}$
- $R^{2/3}=1.14848m^{2/3}$

Pendiente $^{1/2}$

- $J=0.013$
- $J^{1/2}=0.11401$

Velocidad Superficial

- $V_s=d/t$
- $V_s=3.37/4.35$
- $V_s=0.7747m/s$

Caudal Real

- $Q=VOL/T$
- $Q=9.464/1.818$
- $Q=5.20572m^3/seg$

Velocidad Media

- $V_m=Q/A$
- $V_m=5.20572/6.72$
- $V_m=0.7746m/seg$

Caudal Superficial

- $Q_s = A \cdot V_s$
- $Q_s = 6.72 \cdot 0.7747$
- $Q_s = 5.2059 \text{ m}^3/\text{seg}$

Coeficiente Rugosidad (Velocidad Media)

$$\circ n = \frac{R^{2/3} J^{1/2}}{V_m}$$

- $n = (1.14848 \cdot 0.11401) / 0.7746$
- $n = 0.0169$

Coeficiente Rugosidad (Velocidad Superficial)

$$\circ n = \frac{R^{2/3} J^{1/2}}{V_s}$$

- $n = (1.14848 \cdot 0.11401) / 0.7747$
- $n = 0.0169$

Coeficiente Rugosidad (Caudal Real)

$$\circ n = \frac{R^{2/3} J^{1/2} A}{Q}$$

- $n = (1.14848 \cdot 0.11401 \cdot 6.72) / 5.2059$
- $n = 0.0169$

Tabla 72: Calculo de Caudal Anual Existente

canal revestido con mezcla asfáltica

coeficiente rugosidad n	base canal	talud	calado	área mojada	perímetro mojado	radio hidráulico	radio hidráulico 2/3	pendiente	velocidad	caudal m ³ /s	caudal l/s
0,0165	2	2,26	0,84	3,9	6,294	0,62	0,88603	0,03	2,413	9,409	9409,3
0,0165	2	2,26	0,94	4,559	6,821	0,668	0,95524	0,03	2,537	11,57	11570,8
0,0165	2	2,26	1,1	5,28	7,367	0,717	1,02502	0,03	2,659	14,04	14037,5
0,0165	2	2,26	1,2	6,065	7,93	0,765	1,09352	0,03	2,776	16,83	16834,8
0,0165	2	2,26	1,3	7,82	9,147	0,855	1,22251	0,03	2,99	23,38	23381,7
0,0165	2	2,26	1,4	8,53	9,661	0,883	1,26255	0,03	3,055	26,06	26058

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Calculo Tipo Canal Revestido de Asfalto y Plástico Reciclado

- $B=2$; $y=1.40$; $z=2.26$; $J=0.013$; vol. 6.686m^3 ; $t=1.8118\text{seg}$; $d=3.37\text{m}$;
 $t=4.0$

Área Mojada

- $A=(B+ZY)*T$
- $A=(2+2.80)*1.4$
- $A=6.72\text{m}^2$

Perímetro Mojado

- $P=B+2Y\sqrt{1+Z^2}$
- $P=5.4598\text{M}$

Radio Hidráulico

- $R=A/P$
- $R=6.72/5.4598$
- $R=1.2308\text{m}$

Radio Hidráulico $^{2/3}$

- $R^{2/3}=(1.2038)^{2/3}$
- $R^{2/3}=1.14848\text{m}^{2/3}$

Pendiente $^{1/2}$

- $J=0.013$
- $J^{1/2}=0.11401$

Velocidad Superficial

- $V_s=d/t$
- $V_s=3.37/4.00$
- $V_s=0.8425\text{m/s}$

Caudal Real

- $Q=\text{VOL}/T$
- $Q=6.686/1.818$
- $Q=5.661\text{m}^3/\text{seg}$

Velocidad Media

- $V_m=Q/A$
- $V_m=5.661/6.72$
- $V_m=0.842\text{m}/\text{seg}$

Caudal Superficial

- $Q_s=A \cdot V_s$
- $Q_s=6.72 \cdot 0.8425$
- $Q_s=5.6616\text{M}^3/\text{seg}$

Coeficiente Rugosidad (Velocidad Media)

- $n = \frac{R^{2/3} J^{1/2}}{V_m}$
- $n=(1.14848 \cdot 0.11401)/0.842$
- $n=0.0155$

Coeficiente Rugosidad (Velocidad Superficial)

- $n = \frac{R^{2/3} J^{1/2}}{V_s}$
- $n = (1.14848 * 0.11401) / 0.8425$
- $n = 0.0155$

Coeficiente Rugosidad (Caudal Real)

- $n = \frac{R^{2/3} J^{1/2} A}{Q}$
- $n = (1.14848 * 0.11401 * 6.72) / 5205$
- $n = 0.0155$

Tabla 73: Tabla Anual Existente

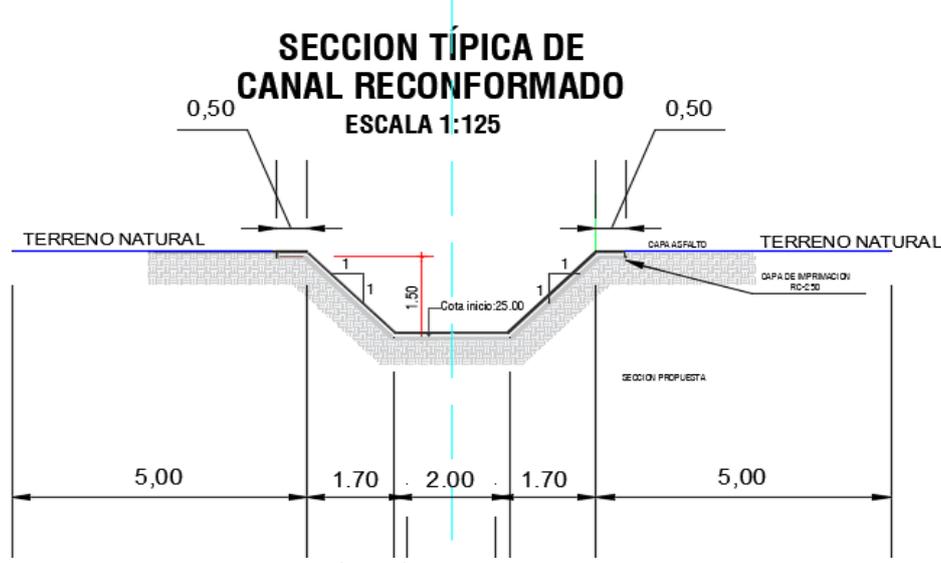
Canal revestido con mezcla asfáltica de plástico reciclado

coeficiente rugosidad n	base canal	talud	calado	área mojada	perímetro mojado	radio hidráulico	radio hidráulico 2/3	pendiente	velocidad	caudal m3/sí	caudal l/sí
0,0155	2	2,26	0,84	3,9	6,294	0,62	0,88603	0,03	2,568	10,02	10016,4
0,0155	2	2,26	0,94	4,559	6,821	0,668	0,95524	0,03	2,702	12,32	12317
0,0155	2	2,26	1,1	5,28	7,366	0,717	1,02502	0,03	2,83	14,94	14943,2
0,0155	2	2,26	1,2	6,065	7,93	0,765	1,09352	0,03	2,955	17,92	17920,9
0,0155	2	2,26	1,3	7,82	9,147	0,855	1,22251	0,03	3,203	25,05	25051,8
0,0155	2	2,26	1,4	8,53	9,661	0,883	1,26255	0,03	3,273	27,91	27910

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

En la tabla se muestra la nueva sección del canal mejorando significativamente el caudal considerando los 12.88m3/seg antes indicado se lo remplazara por 13.77m3/seg, con estos datos realizaremos la evaluación económica del canal en tierra y posterior procederemos a realizar la viabilidad económica con esta sección de canal rediseñada.

Ilustración 41: Sección Promedio de Rediseño de Canal



Elaborado por: Auria y Haz (2025)

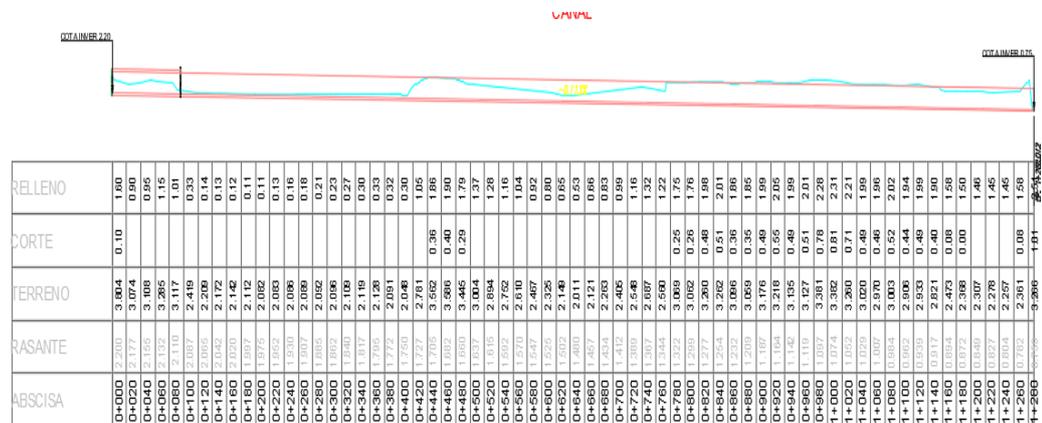
Tabla 74: Sección Promedio de Rediseño de Canal

sección promedio de rediseño de canal					
solera o ancho inferior	ancho superior	altura	área	cota terreno	cota base o proyecto
2	5,4	1,5	5,55	2,135	3,285

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Con la sección geométrica rediseñada del canal y el perfil topográfico, procedemos a realizar el cálculo de volumen de para el canal de tierra en corte, relleno etc.

Ilustración 42: Perfil de Canal con Cotas Existentes Versus Rediseño



Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 75: Calculo de Excavación

abscisa	rasante	terreno	corte o excavación	Longitud	extensión	volumen
0+000	2,200	3,804	0,10	20	7,85	15,7
0+440	1,705	3,562	0,36	20	7,85	56,52
0+460	1,682	3,586	0,40	20	7,85	62,8
0+480	1,660	3,447	0,29	20	7,85	45,53
0+780	1,322	3,069	0,25	20	7,85	39,25
0+800	1,299	3,062	0,26	20	7,85	40,82
0+820	1,277	3,260	0,48	20	7,85	75,36
0+840	1,254	3,262	0,51	20	7,85	80,07
0+860	1,232	3,096	0,36	20	7,85	56,52
0+880	1,209	3,059	0,35	20	7,85	54,95
0+900	1,187	3,176	0,49	20	7,85	76,93
0+920	1,164	3,218	0,55	20	7,85	86,35
0+940	1,142	3,135	0,49	20	7,85	76,93
0+960	1,119	3,127	0,51	20	7,85	80,07
0+980	1,097	3,381	0,78	20	7,85	122,46
1+000	1,074	3,382	0,81	20	7,85	127,17
1+020	1,052	3,260	0,71	20	7,85	111,47
1+040	1,029	3020	0,49	20	7,85	76,93
1+060	1,007	2,970	0,46	20	7,85	72,22
1+080	0,984	3003	0,52	20	7,85	81,64
1+100	0,962	2,906	0,44	20	7,85	69,08
1+120	0,939	2,933	0,49	20	7,85	76,93
1+140	0,917	2,821	0,40	20	7,85	62,8
1+160	0,894	2,473	0,08	20	7,85	12,56
1+180	0,872	2,368	0,00	20	7,85	0
1+260	0,782	2,361	0,08	20	7,85	12,56
1+280	0,759	3,266	1,01	20	7,85	158,57
TOTAL DE EXCAVACION						1832,19

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

El volumen total de excavación es de 1.832,19m³, el mismo que tomamos de volumen base, al tener un suelo con saturación no se considera esponjamiento ya que el rubro de excavación está incluido el desalajo.

Tabla 76: Calculo de Relleno

abscisa	rasante	terreno	relleno	Longitud	extensión	volumen
0+000	2,200	3,804	1,60	20	7,85	251,2
0+020	2,177	3,074	0,90	20	7,85	141,3
0+040	2,155	3,108	0,95	20	7,85	149,15
0+060	2,132	3,285	1,15	20	7,85	180,55
0+080	2,110	3,117	1,01	20	7,85	158,57
0+100	2,087	2,419	0,33	20	7,85	51,81
0+120	2,065	2,209	0,14	20	7,85	21,98
0+140	2,042	2,172	0,13	20	7,85	20,41
0+160	2,020	2,142	0,12	20	7,85	18,84
0+180	1,997	2,112	0,11	20	7,85	17,27
0+200	1,975	2,082	0,11	20	7,85	17,27
0+220	1,952	2,083	0,13	20	7,85	20,41
0+240	1,930	2,086	0,16	20	7,85	25,12
0+260	1,907	2,089	0,18	20	7,85	28,26
0+280	1,885	2,092	0,21	20	7,85	32,97
0+300	1,862	2,096	0,23	20	7,85	36,11
0+320	1,840	2,109	0,27	20	7,85	42,39
0+340	1,817	2,119	0,30	20	7,85	47,1
0+360	1,795	2,128	0,33	20	7,85	51,81
0+380	1,772	2,091	0,32	20	7,85	50,24
0+400	1,750	2,048	0,30	20	7,85	47,1
0+420	1,727	2,781	1,05	20	7,85	164,85
0+440	1,705	3,562	1,86	20	7,85	292,02
0+460	1,682	3,586	1,90	20	7,85	298,3
0+480	1,660	3,447	1,79	20	7,85	281,03
0+500	1,637	3,004	1,37	20	7,85	215,09
0+520	1,615	2,894	1,28	20	7,85	200,96
0+540	1,592	2,752	1,16	20	7,85	182,12
0+560	1,570	2,610	1,04	20	7,85	163,28
0+580	1,547	2,467	0,92	20	7,85	144,44
0+600	1,525	2,325	0,80	20	7,85	125,6
0+620	1,502	2,149	0,65	20	7,85	102,05
0+640	1,480	2,011	0,53	20	7,85	83,21
0+660	1,457	2,121	0,66	20	7,85	103,62
0+680	1,434	2,263	0,83	20	7,85	130,31
0+700	1,412	2,405	0,99	20	7,85	155,43

0+720	1,389	2,548	1,16	20	7,85	182,12
0+740	1,367	2,687	1,32	20	7,85	207,24
0+760	1,344	2,560	1,22	20	7,85	191,54
0+780	1,322	3,069	1,75	20	7,85	274,75
0+800	1,299	3,062	1,76	20	7,85	276,32
0+820	1,277	3,260	1,98	20	7,85	310,86
0+840	1,254	3,262	2,01	20	7,85	315,57
0+860	1,232	3,096	1,86	20	7,85	292,02
0+880	1,209	3,059	1,85	20	7,85	290,45
0+900	1,187	3,176	1,99	20	7,85	312,43
0+920	1,164	3,218	2,05	20	7,85	321,85
0+940	1,142	3,135	1,99	20	7,85	312,43
0+960	1,119	3,127	2,01	20	7,85	315,57
0+980	1,097	3,381	2,28	20	7,85	357,96
1+000	1,074	3,382	2,31	20	7,85	362,67
TOTAL DE RELLENO						8.375,95

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Ilustración 44: Análisis de Precio Unitario Limpieza y Desbroce de Terreno



NOMBRE PROYECTO :

EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL REVESTIMIENTO DEL CANAL DE AGUAS LLUVIAS CON MEZCLA ASFÁLTICA DE MATERIAL RECICLADO, MILAGRO

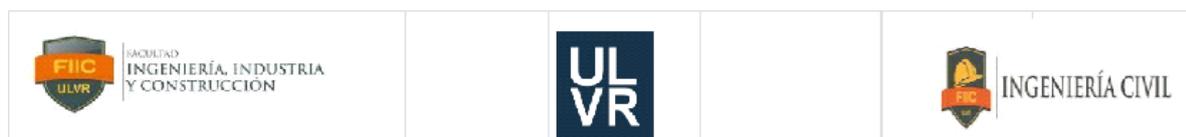
RUBRO: **Limpieza y desbroce de terreno a maquina** UNIDAD: **m2**

DESCRIPCION:

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	hH/unidad	COSTO T.
	A	B	C = A x B	Rendimiento	D = C x R
Herramienta manual 5% Mano de Obra					0,01
RETROEXCAVADORA	1,00	35,00	35,00	0,03850	1,35
SUBTOTAL EQUIPOS					1,36
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO T.
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
PEÓN E.O E2	1,00	4,05	4,05	0,03850	0,16
					0,00
SUBTOTAL MANO DE OBRA					0,16
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO T.	
		A	B	C = A x B	
SUBTOTAL MATERIALES					0,000
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO T.	
		A	B	C = A x B	
SUBTOTAL TRANSPORTE					-
TOTAL COSTO DIRECTO					1,51
COSTOS INDIRECTOS				18,0%	0,27
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					1,78
VALOR OFERTADO:					\$ 1,78

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Ilustración 45: Análisis de Precio Unitario Excavación a Maquinaria



NOMBRE PROYECTO :

EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL REVESTIMIENTO DEL CANAL DE AGUAS LLUVIAS CON MEZCLA ASFÁLTICA DE MATERIAL RECICLADO, MILAGRO

RUBRO: **Excavación a máquina Inc.** UNIDAD: **m3**
Desalojo

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	hH/unidad	COSTO T.
	A	B	C = A x B	Rendimiento	D = C x R
Herramienta manual 5% Mano de Obra					0,09
RETROEXCAVADORA	0,60	35,00	21,00	0,10260	2,15
Volqueta	0,40	25,00	10,00	0,10260	1,03
SUBTOTAL EQUIPOS					3,27
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO T.
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
PEÓN E.O E2	0,30	4,05	1,22	0,10260	0,12
OPERADOR EQUIPO PESADO	1,00	4,55	4,55	0,10260	0,467
Chofer	2,00	5,95	11,90	0,10260	1,221
					0,00
SUBTOTAL MANO DE OBRA					1,81
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO T.	
		A	B	C = A x B	
SUBTOTAL MATERIALES					0,000
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO T.	
		A	B	C = A x B	
SUBTOTAL TRANSPORTE					-
TOTAL COSTO DIRECTO					5,08
COSTOS INDIRECTOS				18,0%	0,92
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					6,00
VALOR OFERTADO:					\$ 6,00

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Ilustración 46: Análisis de Precio Unitario Excavación de Zanja para Tuberías



NOMBRE PROYECTO :

EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL REVESTIMIENTO DEL CANAL DE AGUAS LLUVIAS CON MEZCLA

RUBRO: **Excavación de zanjas para tuberías**

UNIDAD: **m3**

DESCRIPCION: **#DESCRIPCION: Especificaciones técnicas y metodología constructiva**

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	hH/unidad	COSTO T.
	A	B	C = A x B	Rendimiento	D = C x R
Herramienta manual 5% Mano de Obra					0,03
RETROEXCAVADORA	1,00	35,00	35,00	0,07430	2,60
SUBTOTAL EQUIPOS					2,63
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO T.
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
PEÓN E.O E2	0,50	4,05	2,03	0,07430	0,15
Maestro de obra civil C2	0,10	4,33	0,43	0,07430	0,032
Operador Equipo Pesado C1	1,00	4,55	4,55	0,07430	0,338
					0,00
SUBTOTAL MANO DE OBRA					0,52
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO T.	
		A	B	C = A x B	
SUBTOTAL MATERIALES					0,000
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO T.	
		A	B	C = A x B	
SUBTOTAL TRANSPORTE					-
TOTAL COSTO DIRECTO					3,15
COSTOS INDIRECTOS				18,0%	0,57
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					3,71
VALOR OFERTADO:					\$ 3,71

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Ilustración 47: Análisis de Precio Unitario Acarreo Interno



NOMBRE PROYECTO :
EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL REVESTIMIENTO DEL CANAL DE AGUAS LUVIAS CON MEZCLA ASFÁLTICA DE MATERIAL RECICLADO, MILAGRO

RUBRO: **Acarreo interno** **UNIDAD:** **m3**

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	hH/unidad	COSTO T.
	A	B	$C = A \times B$	Rendimiento	$D = C \times R$
Herramienta manual 5% Mano de Obra					0,16
SUBTOTAL EQUIPOS					0,16
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO T.
	A	B	$C = A \times B$	R	$D = C \times R$
PEÓN E.O E2	2,00	4,05	8,10	0,37790	3,06
Maestro de obra civil C2	0,10	4,33	0,43	0,37790	0,164
					0,00
SUBTOTAL MANO DE OBRA					3,22
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO T.	
		A	B	$C = A \times B$	
SUBTOTAL MATERIALES					0,000
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO T.	
		A	B	$C = A \times B$	
SUBTOTAL TRANSPORTE					-
TOTAL COSTO DIRECTO					3,39
COSTOS INDIRECTOS				18,0%	0,61
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					4,00
VALOR OFERTADO:					\$ 4,00

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Ilustración 48: Análisis de Precio Unitario Acarreo Interno

					
<p>NOMBRE PROYECTO : EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL REVESTIMIENTO DEL CANAL DE AGUAS LLUVIAS CON MEZCLA ASFÁLTICA DE MATERIAL RECICLADO. MILAGRO</p>					
<p>RUBRO: Relleno compactado con material de sitio</p>	<p>UNIDAD: m3</p>				
<p>DESCRIPCION: #DESCRIPCION: Especificaciones técnicas y metodología constructiva</p>					
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	hH/unidad	COSTO T.
	A	B	C = A x B	Rendimiento	D = C x R
Herramienta manual 5% Mano de Obra					0,28
Plancha Compactadora	1,00	3,75	3,75	0,44700	1,68
SUBTOTAL EQUIPOS					1,96
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO T.
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
PEÓN E.O E2	2,00	4,05	8,10	0,44700	3,62
Albañil D2	1,00	4,10	4,10	0,44700	1,833
Maestro de Obra C2	0,10	4,33	0,43	0,44700	0,194
					0,00
SUBTOTAL MANO DE OBRA					5,65
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO T.	
		A	B	C = A x B	
Agua	m3	0,03500000	0,70	0,025	
SUBTOTAL MATERIALES					0,025
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO T.	
		A	B	C = A x B	
SUBTOTAL TRANSPORTE					-
TOTAL COSTO DIRECTO					7,63
COSTOS INDIRECTOS				18,0%	1,37
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					9,00
VALOR OFERTADO:					\$ 9,00

Presupuesto de construcción de canal de aguas lluvias en tierra

Ilustración 49: Presupuesto de Canal den tierra

NOMBRE PROYECTO :

EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL REVESTIMIENTO DEL CANAL DE AGUAS LLUVIAS CON MEZCLA ASFÁLTICA DE MATERIAL

TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES

NOMBRE DEL OFERENTE: AURIA VERA CRISTHIAN Y TOMMY HAS LOZANO

PRESUPUESTO REFERENCIAL PARA 1 KM DE CANAL RECONFORMADO

RUBRO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	NIVELACION,TRAZADO Y REPLANTEO				\$ 3.623,70
1,1	Nivelación, trazado y Replanteo	m2	1.864,00	\$ 1,94	\$ 3.623,70
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS				\$ 91.979,36
2,1	Limpieza y desbroce de terreno a maquina	m2	1.864,00	\$ 1,78	\$ 3.323,96
2,2	Excavación a máquina Inc. Desalojo	m3	1.832,19	\$ 6,00	\$ 10.990,77
2,3	Excavación de zanjas para tuberías	m3	100,00	\$ 3,71	\$ 371,37
2,4	Acarreo interno	m3	470,74	\$ 4,00	\$ 1.880,75
2,6	Relleno compactado con material de sitio	m3	8.375,95	\$ 9,00	\$ 75.412,51
TOTAL PRESUPUESTARIO KM ASFALTADO					\$ 95.603,06

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Presupuesto de construcción de canal de aguas lluvias con revestimiento de asfalto

Ilustración 50: Presupuesto de Canal en Tierra Revestido con Mezcla Asfáltica

NOMBRE PROYECTO :

EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL REVESTIMIENTO DEL CANAL DE AGUAS LLUVIAS CON MEZCLA ASFÁLTICA DE MATERIAL

TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES

NOMBRE DEL OFERENTE: AURIA VERA CRISTHIAN Y TOMMY HAS LOZANO

PRESUPUESTO REFERENCIAL PARA 1 KM DE CANAL RECONFORMADO CON REVESTIMIENTO DE ASFALTO

RUBRO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	NIVELACION,TRAZADO Y REPLANTEO				\$ 15.163,55
1,1	Nivelación, trazado y Replanteo	m2	7.800,00	\$ 1,94	\$ 15.163,55
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS				\$ 102.564,68
2,1	Limpieza y desbroce de terreno a maquina	m2	7.800,00	\$ 1,78	\$ 13.909,28
2,2	Excavación a máquina Inc. Desalojo	m3	1.832,19	\$ 6,00	\$ 10.990,77
2,3	Excavación de zanjas para tuberías	m3	100,00	\$ 3,71	\$ 371,37
2,4	Acarreo interno	m3	470,74	\$ 4,00	\$ 1.880,75
2,6	Relleno compactado con material de sitio	m3	8.375,95	\$ 9,00	\$ 75.412,51
3	REVESTIMIENTO DE CANAL				\$ 42.031,50
3.1.1.1	Revestimiento de canal con mezcla asfaltica	m3	234,87	\$ 171,04	\$ 40.172,16
3.1.1.2	imprimacion asfaltica	m2	1.957,20	\$ 0,95	\$ 1.859,34
TOTAL PRESUPUESTARIO KM ASFALTADO					\$ 159.759,73

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Presupuesto de construcción de canal de aguas lluvias con revestimiento de asfalto 5.6% de AC-20 y 0.5% de plástico reciclado

Ilustración 51: Presupuesto de Canal en Tierra Revestido con Mezcla Asfáltica y plástico Reciclado

NOMBRE PROYECTO :

EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL REVESTIMIENTO DEL CANAL DE AGUAS LLUVIAS CON MEZCLA ASFÁLTICA DE MATERIAL

TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES
NOMBRE DEL OFERENTE: AURIA VERA CRISTHIAN Y TOMMY HAS LOZANO

PRESUPUESTO REFERENCIAL PARA 1 KM DE CANAL

RUBRO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	NIVELACION,TRAZADO Y REPLANTEO				\$ 15.163,55
1,1	Nivelación, trazado y Replanteo	m2	7.800,00	\$ 1,94	\$ 15.163,55
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS				\$ 102.564,68
2,1	Limpieza y desbroce de terreno a maquina	m2	7.800,00	\$ 1,78	\$ 13.909,28
2,2	Excavación a máquina Inc. Desalojo	m3	1.832,19	\$ 6,00	\$ 10.990,77
2,3	Excavación de zanjas para tuberías	m3	100,00	\$ 3,71	\$ 371,37
2,4	Acarreo interno	m3	470,74	\$ 4,00	\$ 1.880,75
2,6	Relleno compactado con material de sitio	m3	8.375,95	\$ 9,00	\$ 75.412,51
3	REVESTIMIENTO DE CANAL				\$ 43.218,38
3.1.1.1	Revestimiento de canal con mezcla asfaltica	m3	234,87	\$ 176,09	\$ 41.359,04
3.1.1.2	imprimacion asfaltica	m2	1.957,20	\$ 0,95	\$ 1.859,34
TOTAL PRESUPUESTARIO KM ASFALTADO					\$ 160.946,61

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Como se muestra en los cuadros anteriores el costo de la reconfiguración del canal de aguas lluvias con la sección rediseñadas tendría un costo de \$95.603,06 dólares en un tramo de 1 kilometro, mientras que el costo del canal de aguas lluvias con revestimiento asfaltico tradicional es de \$159.759,73 dólares es de con un 40% más alto que el canal de tierra.

En relación al costo de 1 km de canal con revestimiento de asfalto tradicional de tráfico medio es de \$159.759,73, versus el costo de 1 km de canal revestido con asfalto con material de plástico reciclado es de \$160.946,61 dólares es decir que tenemos el 0.74% más alto su costo.

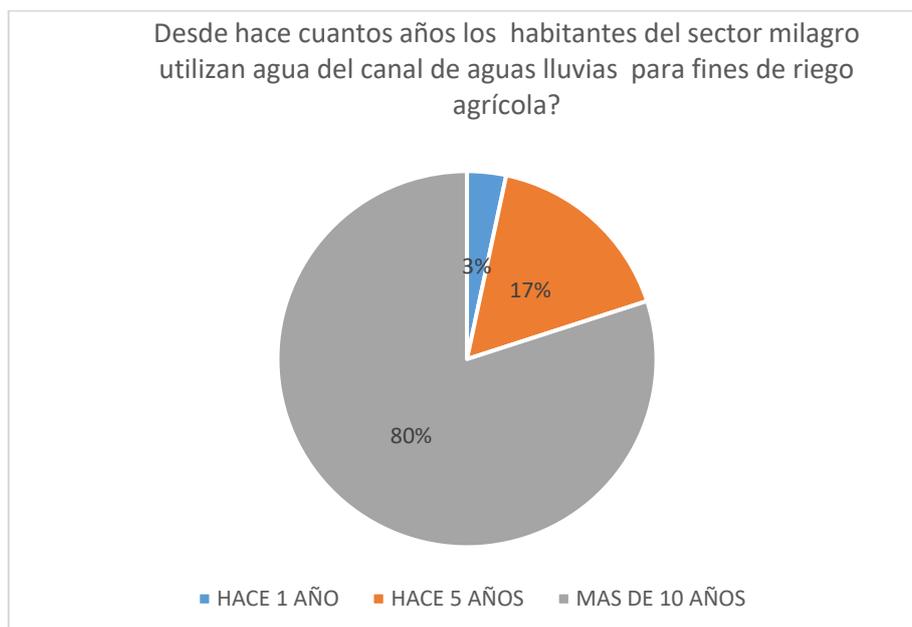
Encuesta

Tabla 77: Pregunta 1

OPCIONES	CANTIDAD	PORCENTAJE
HACE 1 AÑO	3	8%
HACE 5 AÑOS	8	20%
MAS DE 10 AÑOS	29	73%
TOTAL	40	100%

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Ilustración 52: Pregunta 1



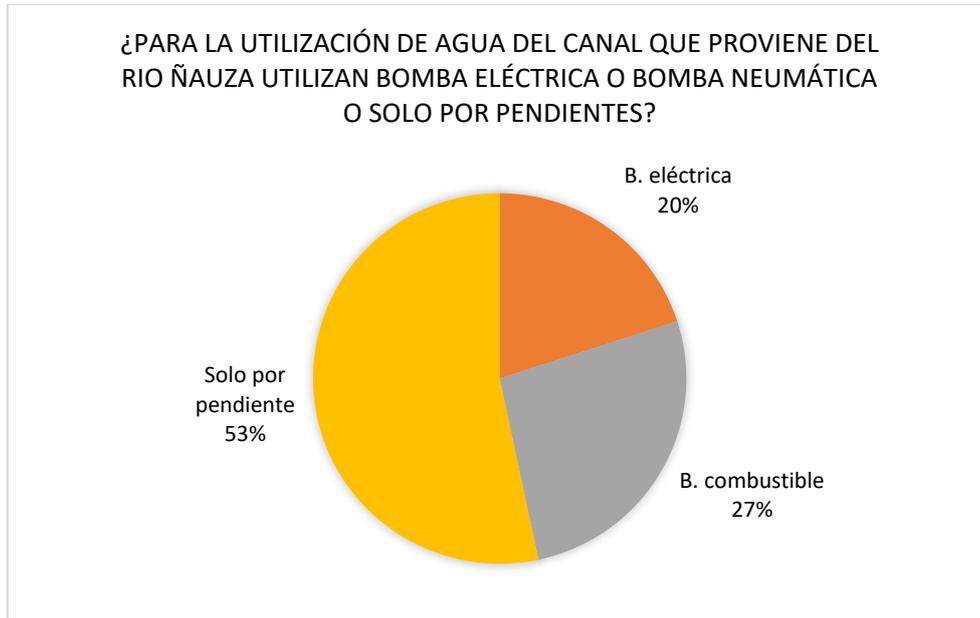
Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 78: Pregunta 2

2 PREGUNTA		
OPCIONES	CANTIDAD	PORCENTAJE
B. eléctrica	9	23%
B. combustible	11	28%
Solo por pendiente	20	50%
TOTAL	40	100%

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Ilustración 53: Pregunta 2



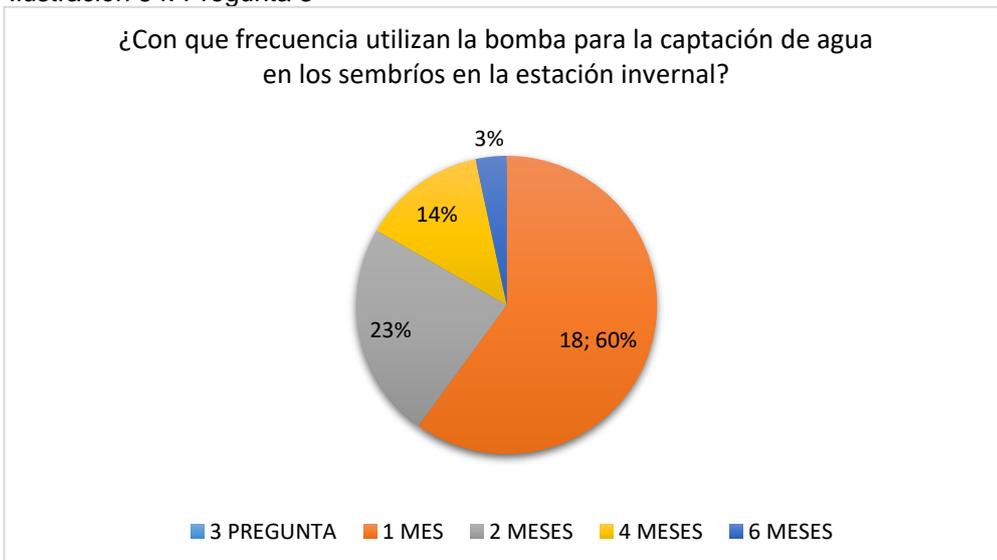
Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 79: Pregunta 3

3 PREGUNTA		
OPCIONES	CANTIDAD	PORCENTAJE
1 MES	21	53%
2 MESES	9	23%
4 MESES	7	18%
6 MESES	3	8%
TOTAL	40	100%

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Ilustración 54: Pregunta 3



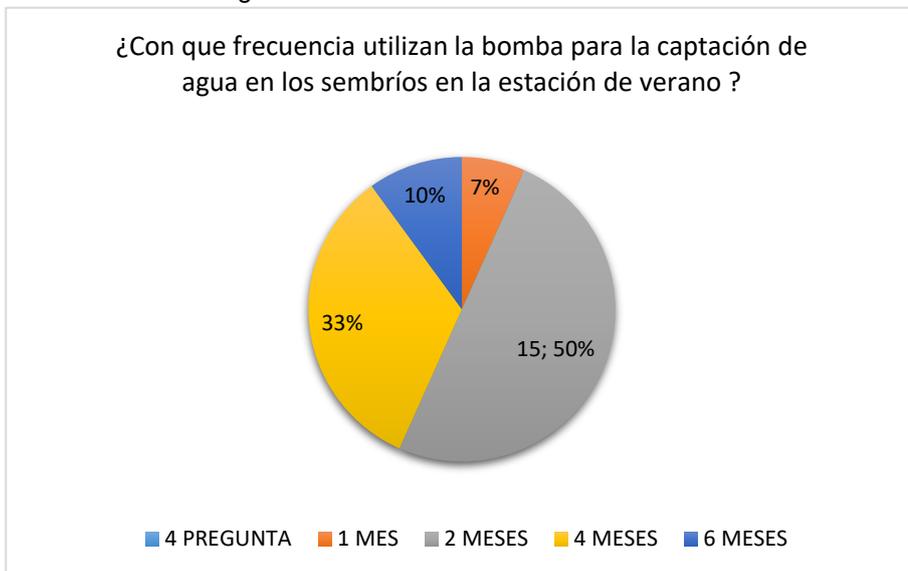
Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 80: Pregunta 4

4 PREGUNTA		
OPCIONES	CANTIDAD	PORCENTAJE
1 MES	3	8%
2 MESES	18	45%
4 MESES	14	35%
6 MESES	5	13%
TOTAL	40	100%

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Ilustración 55: Pregunta 4



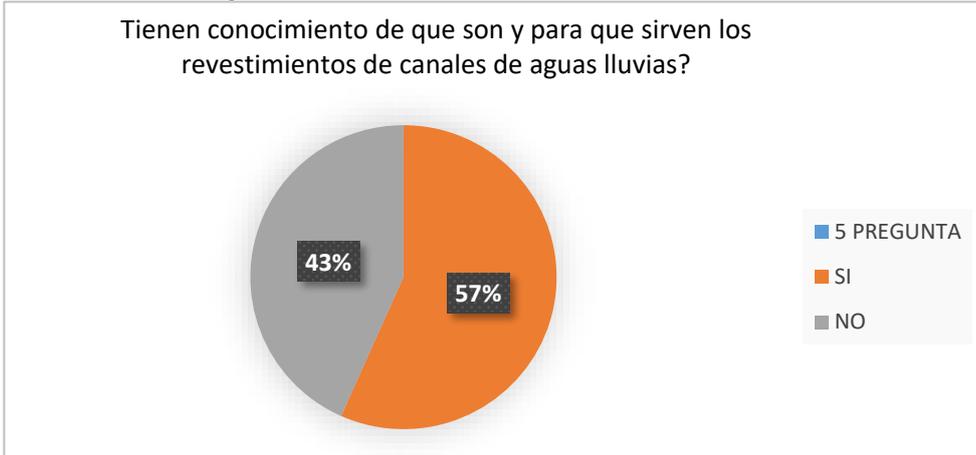
Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 81: Pregunta 5

5 PREGUNTA		
OPCIONES	CANTIDAD	PORCENTAJE
SI	24	60%
NO	16	40%
TOTAL	40	100%

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Ilustración 56: Pregunta 5



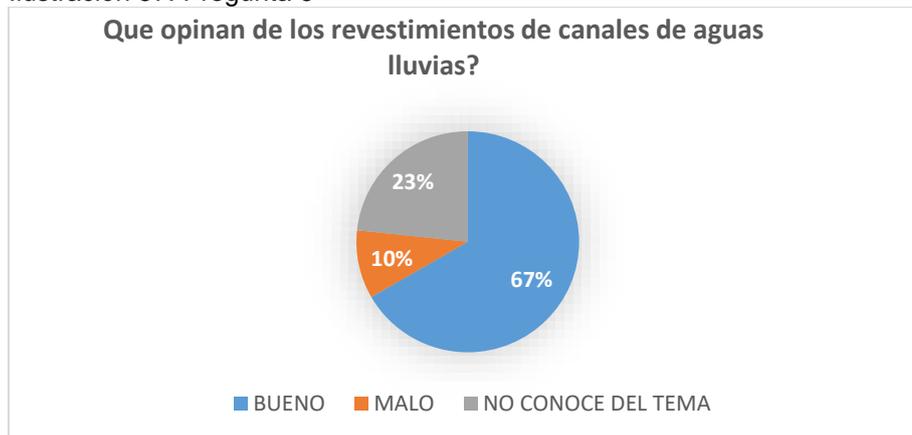
Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 82: Pregunta 6

6 PREGUNTA		
OPCIONES	CANTIDAD	PORCENTAJE
BUENO	26	65%
MALO	5	13%
NO CONOCE DEL TEMA	9	23%
TOTAL	40	100%

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Ilustración 57: Pregunta 6



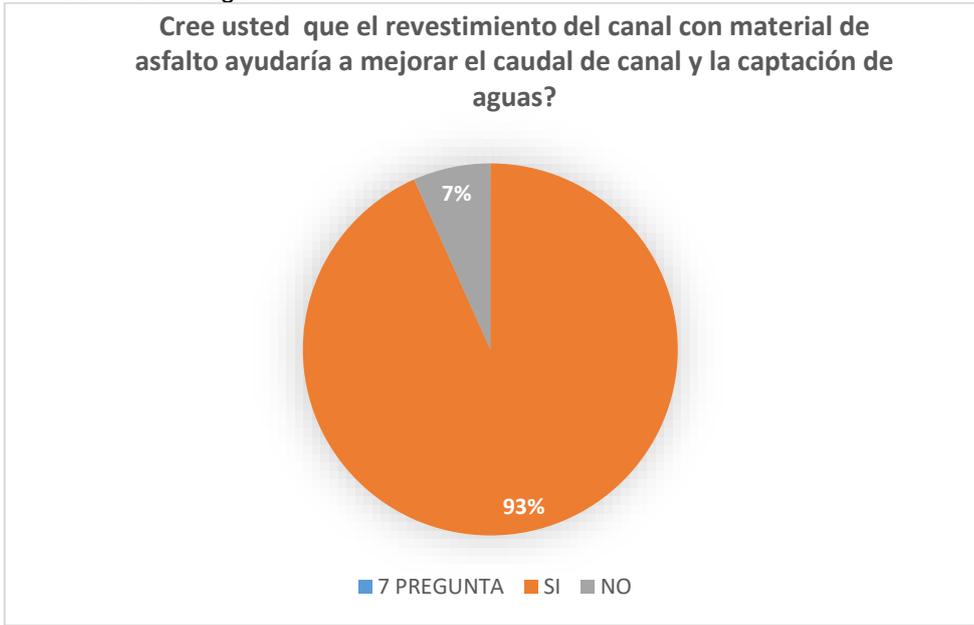
Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 83: Pregunta 7

OPCIONES	CANTIDAD	PORCENTAJE
SI	34	85%
NO	6	15%
TOTAL	40	100%

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Ilustración 58: Pregunta 7



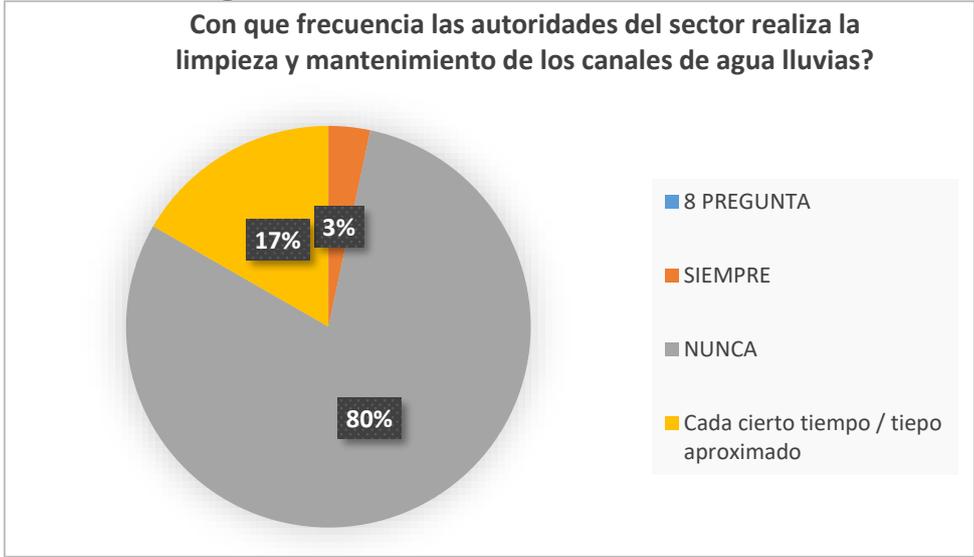
Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 84: Pregunta 8

OPCIONES	CANTIDAD	PORCENTAJE
SIEMPRE	4	10%
NUNCA	24	60%
Cada cierto tiempo / tiempo aproximado	12	30%
TOTAL	40	100%

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Ilustración 59: Pregunta 8



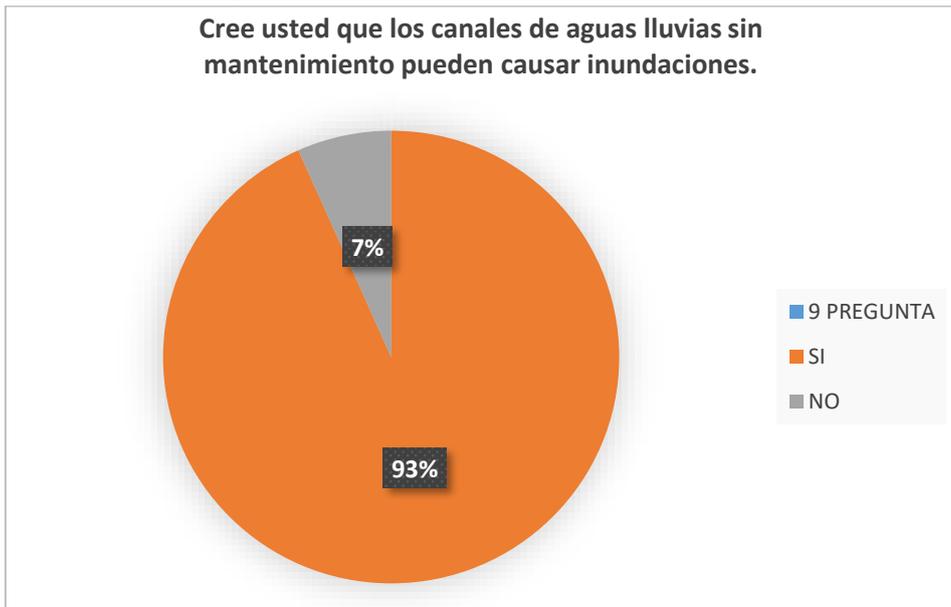
Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 85: Pregunta 9

9 PREGUNTA		
OPCIONES	CANTIDAD	PORCENTAJE
SI	36	90%
NO	4	10%
TOTAL	40	100%

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Ilustración 60: Pregunta 9



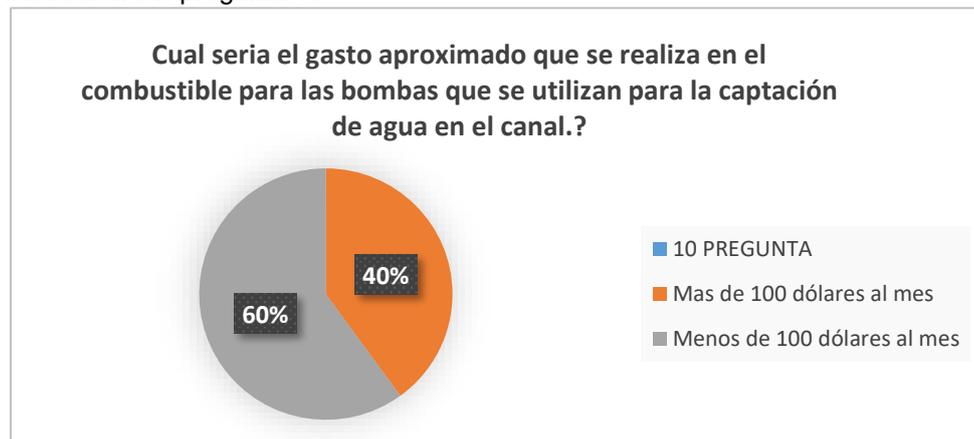
Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Tabla 86: Pregunta 10

10 PREGUNTA		
OPCIONES	CANTIDAD	PORCENTAJE
Mas de 100 dólares al mes	18	45%
Menos de 100 dólares al mes	22	55%
TOTAL	40	100%

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Ilustración 61: pregunta 10



Elaborado por: Auria y Haz (2025)

De esta encuesta podemos indicar que los moradores del sector tienen una gran demanda de agua para el riego de los sembríos de plátano y cacao, ya que más del 53% realiza la captación solo por pendiente, y el 47% requiere del uso de bombas hidráulicas, representando una inversión para la cosecha.

lo realizan con el canal de aguas lluvias.

El 93% de las personas están conscientes que los azolves de canales y las erosiones de los mismo causan inundaciones y daños fuertes al sector.

El revestimiento del canal de aguas lluvias sería de un gran beneficio en la comunidad puesto que 80% de los encuestados manifiestan que no hay una preocupación por las autoridades en dar mantenimiento a al canal, y consideran sería una ventaja implementar el revestimiento de mezcla asfáltica y plástico reciclado en el canal de aguas lluvias.

4.2 Propuesta

4.2.1 Propuesta de mezcla asfáltica

Se presenta a continuación el diseño de mezcla asfáltica con la adición de plástico reciclado con las propiedades físicas y mecánicas apropiadas para el revestimiento de canal de aguas lluvias en el sector milagro; Se cumplió con las especificaciones MOP-001-F-2002 Fajas de cumplimiento de tamaño nominal del agregado de 3/8.

Ilustración 62: Diseño de Asfalto con Plástico Reciclado Propuesto para Revestimiento de Canales de AALL

DOSIFICACION			
Agregado (Descripción)	Proporción de materiales para Hormigon Asfaltico	Contenido de Asfalto Optimo (Mezcla)	peso volumetrico
Piedra 3/4	25%	5,6	122,416
Cisco	40%		
Arena	35%	Material Reciclado	10,93
TOTAL	100,00%	0,50%	

CONTENIDO OPTIMO DE ASFALTO	
ESTABILIDAD (Lb)	1775
VACIOS (%)	3,7
FLUJO (0.01")	10
DENSIDAD DE LA MEZCLA (kg/cm ³)	2186

CONTROL DE DISEÑO		
	TRAFICO MEDIO	
	VALOR MEDIO	ESPECIFICACIONES
ESTABILIDAD (Lb)	Mayor a 1200 Lb	Mayor a 1200 Lb
VACIOS (%)	3,7	3 - 5 %
FLUJO (0.01")	10	8 - 16 pulg/100

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Propuesta de sección de canal revestido

Se muestra la sección y propuesta se la sección geométrica del canal que sea favorable para la implementación del revestimiento de asfalto con 5.6% de AC-20 y el 0.5% de plástico reciclado.

Ilustración 63: Propuesta de Sección Promedio de Rediseño de Canal

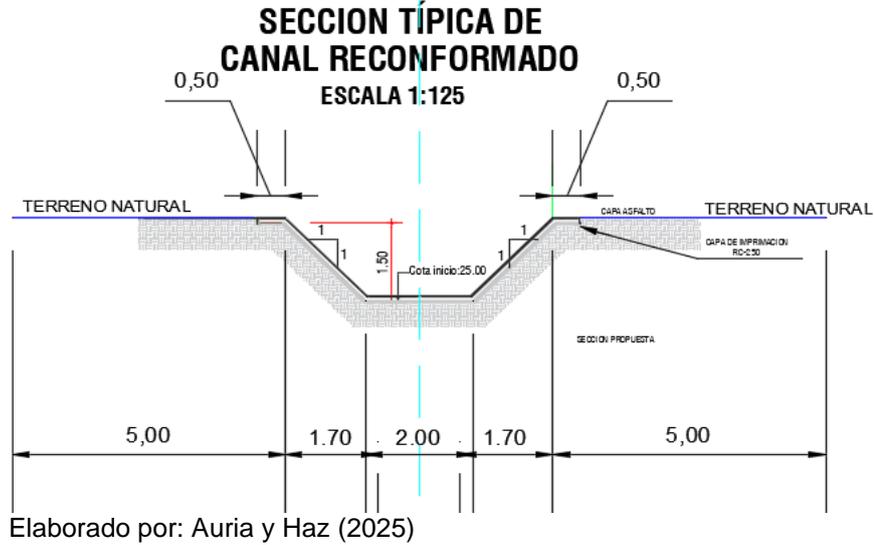


Tabla 87: Calculo de Caudal Anual Existente
cuadro rediseño de canal

coeficiente rugosidad n	base canal	talud	calado	área mojada	perímetro mojado	radio hidráulico	radio hidráulico 2/3	pendiente	velocidad	caudal m ³ /seg	caudal l/sg
0,025	2	2,26	0,84	3,021	5,607	0,539	0,77034	0,03	1,451	4,382	4381,5
0,025	2	2,26	0,94	3,612	6,137	0,589	0,8417	0,03	1,539	5,558	5557,5
0,025	2	2,26	1,1	4,572	6,841	0,668	0,95567	0,03	1,675	7,656	7655,9
0,025	2	2,26	1,2	5,366	7,496	0,716	1,02374	0,03	1,753	9,409	9409,1
0,025	2	2,26	1,3	6,25	8,189	0,763	1,09152	0,03	1,83	11,44	11437,3
0,025	2	2,26	1,4	6,419	8,426	0,811	1,15902	0,03	1,905	13,77	13769,2

Elaborado por: Auria y Haz (2025)

La sección de la canal rediseñada es:

- Solera o base: 2m
- Talud de paredes de canal: 2.26
- Profundidad o calado: 1.40m
- Pendiente: 0.001

- **Costo de canal natural de tierra \$95.603,06**
- **Canal revestido con asfalto \$159.759,33**

Se muestra un 40% de incremento

- Gasto hidráulico=13.77m³/seg; costo del canal \$95.603,06 es decir que
- Costo pro m³/seg= \$95.603,06/13.77=\$6942,85

Canal revestido con asfalto

- Gasto hidráulico =26.05m³/seg; costo canal =\$159.759,33
- Costo por m³/seg=\$159759.33/26.05=\$6132.79

Canal revestido con mezcla asfáltica y plástico reciclado

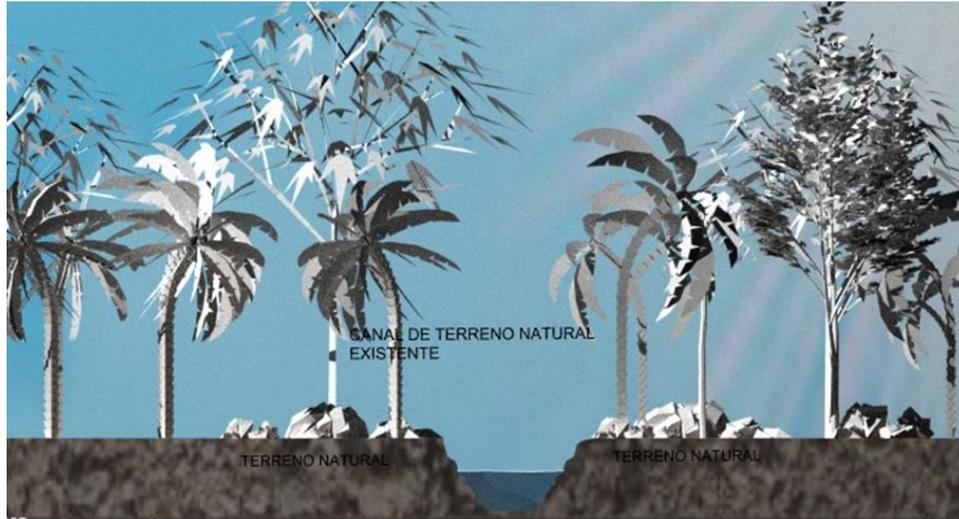
- Gasto hidráulico =27.91m³/seg; costo canal =\$160.946,61
- Costo por m³/seg=\$160.946,61/27.91=\$5766.62

Ilustración 64: Sección Promedio de Rediseño de Canal



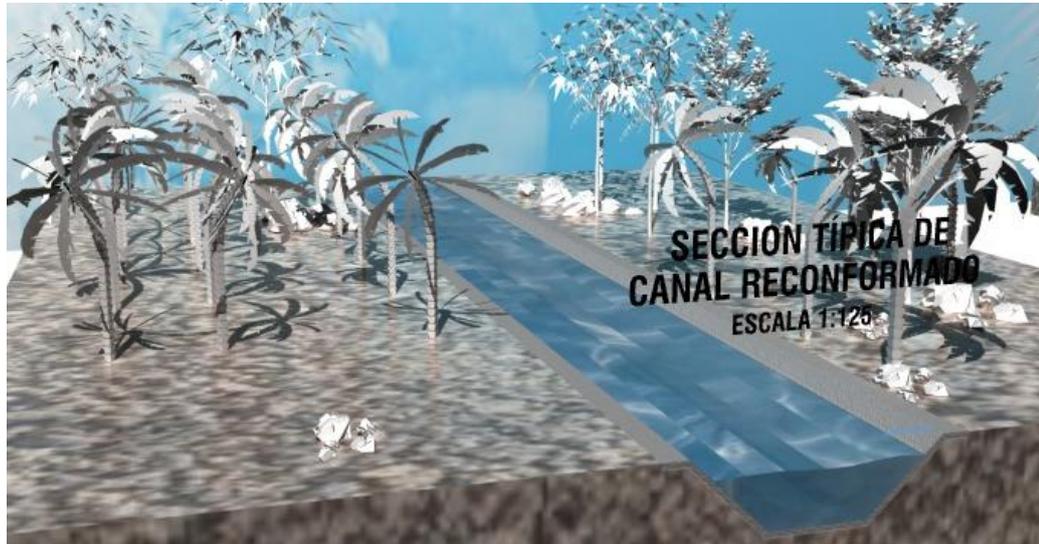
Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Ilustración 65: Vista del Canal Existente



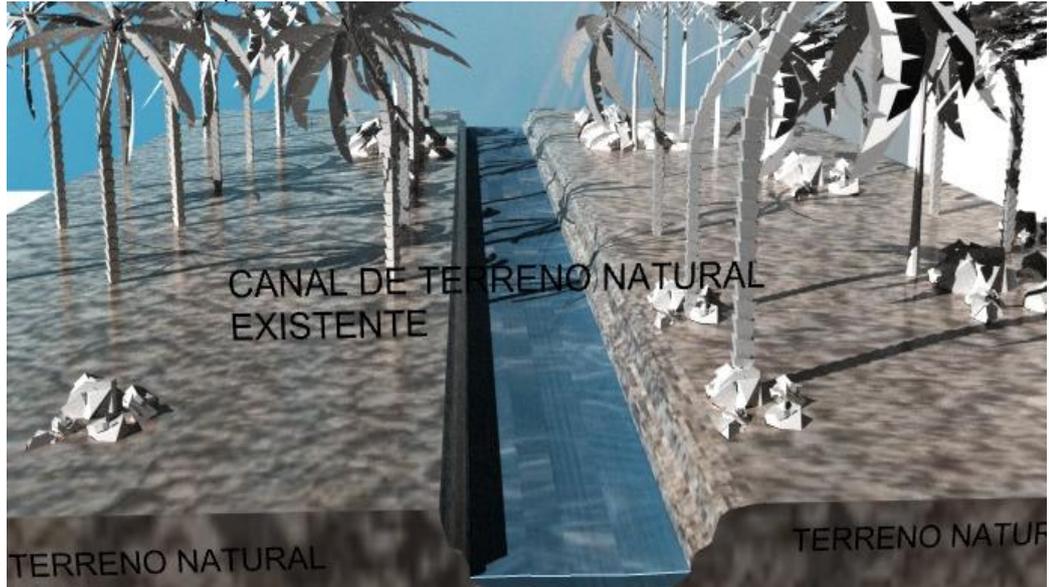
Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Ilustración 66: Propuesta de Rediseño de Canal



Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Ilustración 67: Propuesta de Rediseño de Canal en Tierra



Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Ilustración 68: Propuesta de Rediseño de Canal con Revestimiento de Asfalto



Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Ilustración 69: Propuesta de Rediseño de Canal con Revestimiento de Asfalto

SECCION TÍPICA DE CANAL RECONFORMADO

ESCALA 1:125



Elaborado por: Auria y Haz (2025)

Ilustración 70: Propuesta de Rediseño de Canal con Revestimiento de Asfalto

SECCION TÍPICA DE CANAL RECONFORMADO

ESCALA 1:125



Elaborado por: Auria y Haz (2025)

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos la mezcla asfáltica con material de plástico reciclado con un contenido de 0.5% de plástico y un contenido de 5.6% de mezcla asfáltica, son las más adecuadas para los revestimientos de canales de aguas lluvias con una estabilidad de 1775 lb y un flujo de 10, ya que esta mezcla no va a estar sometida a la fricción directa de paso vehicular.

Teniendo un porcentaje de vacíos de 3.7% lo cual lo hace una mezcla muy compacta e impermeable al 99.87% y una densidad de 2186kg/cm³, haciendo una mezcla más resistente la cual no presentara problemas de erosión, teniendo una mayor durabilidad.

La mezcla asfáltica por su compasión y adicción del plástico reciclado tiene un costo más elevado en un 2.95% que la mezcla de asfalto tradicional.

El costo de inversión de construcción del revestimiento de canal con mezcla asfáltica es el 0.74% más alto que reconformar el canal con una mezcla tradicional.

Pero la durabilidad de las propiedades del asfalto con material de plástico reciclado es superior por lo que su periodo de mantenimiento es más prolongado.

El costo de mantenimiento de un canal revestido de mezcla asfáltica mejorada con plástico reciclado es más económico que un canal abierto.

En cuanto a la viabilidad ambiental del asfalto con mezcla reciclado se comprobó que existía presencia de partículas y soluciones de Diesel, aceite, coloración tenue, los cuales deben ser considerados en un estudio más profundo de calidad de agua.

La implantación del revestimiento de canal de aguas lluvias con mezcla asfáltica de plástico reciclado contribuirá a los moradores del sector teniendo un impacto muy positivo en su economía ya que bajaría significativamente el uso de bombas y combustible en su operación de captación de agua, teniendo una mayor facilidad para el riego de los sembríos de verde y cacao.

RECOMENDACIONES

Se recomienda que para este tipo de mezcla se debe mantener la temperatura del AC-20 en 160°C para la incorporación del plástico reciclado, ya que en mayor temperatura se perdería la adición del plástico derritiéndolo por completo.

Se debe considerar el uso del RAP asfáltico para esta mezcla con la cual se podría bajar los costos considerablemente con la adición del AC-20 y RC-250 en su composición.

Se recomienda usar una membrana elastómero o epoxica de 1500 micras para evitar el deterioro del asfalto y el desprendimiento de contaminantes del revestimiento en el canal.

Se recomienda realizar un estudio detallado de los contaminantes que esta mezcla asfáltica produce en la calidad de agua de los canales de agua lluvias y las posibles soluciones para implementar de manera segura esta mezcla sin riesgo de contaminación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, D. (19 de Feb de 2025). Universidad de Los Andes. Redalyc:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=341630313002>
- Chancusig Cajas, M. C., y Vivas Acosta, L. A. (Ago de 2024). Propuesta de diseño vial para la pavimentación de la ruta que une los sectores “Puembo – San Pedro”, en el cantón La Maná, provincia de Cotopaxi. Universidad Politecnica Salesiana: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/28401>
- Chow, V. (19 de Feb de 2022). Hidraulica de Canales Abiertos. La Liberia del Ingeniero:
<https://www.libreriaingeniero.com/2022/06/hidraulica-de-canales-abiertos-ven-te-chow.html>
- Civilgeeks.com. (21 de Jun de 2021). Diseño de mezclas asfálticas por el Método Marshall. Civilgeeks.com: <https://civilgeeks.com/2021/06/16/disenio-de-mezclas-asfalticas-por-el-metodo-marshall>
- CMT. (2005). <https://normas.imt.mx/normativa/N-CMT-4-05-001-05.pdf>
- Consejo Provincial del Gobierno Autonomo Descentralizado del Guayas. (19 de Feb de 2025). Prefectura Ciudadana del Guayas. Consejo Provincial del Gobierno Autonomo Descentralizado del Guayas: <https://guayas.gob.ec/rehabilitacion-y-asfaltado-de-la-via-simon-bolivar-mariscal-sucre-incluye-puente-en-los-cantones-simon-bolivar-milagro-de-la-provincia-del-guayas/>
- Constitución de la República del Ecuador. (20 de Oct de 2008). Constitución de la República del Ecuador. https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf
- Editorial RSyS. (01 de Dic de 2021). Plásticos: qué son, características, tipos y reciclaje. Editorial RSyS:
<https://responsabilidadsocial.net/plasticos-que-son-caracteristicas-tipos-y-reciclaje/>
- Flores Flores, M. (28 de Dic de 2022). MÓDULO DE RESILIENCIA EN MEZCLAS ASFÁLTICAS. Gobierno de Mexico:
<https://www.gob.mx/imt/articulos/modulo-de-resiliencia-en-mezclas-asfalticas>
- Gerconcesión. (2007). RECICLADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN FRÍO EN EL LUGAR. Gerconcesión:
<https://gerconcesion.co/invias2013/461%20RECICLADO%20DE%20PAVIMENTO%20AS%20FALTICO%20EN%20FRIO%20EN%20EL%20LUGAR%20EMPLEANDO%20LIGANTES%20BITUMINOSOS.pdf>
- Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo. (30 de Jun de 2016). Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo.

<https://www.gobiernoelectronico.gob.ec/wp-content/uploads/2020/08/Ley-Organica-de-Ordenamiento-Territorial-Uso-y-Gestion-de-Suelo1.pdf>

Mejillones, k. (2023).

<https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/10594/1/UPSE-TIC-2023-0036.pdf>

Mindiola, S., y Alcivar, S. (2024). Universidad Laica Vicente Rocaforte:

http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/453/simple-search?query=&sort_by=score&order=desc&rpp=10&filter_field_1=subject&filter_type_1>equals&filter_value_1=Fibra&filter_field_2=subject&filter_type_2>equals&filter_value_2=Ingenier%C3%ADa+de+la+construc

Miranda Arguello. (2019).

<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>

Mott, R. (12 de Feb de 2025). Flujos en Canales Abiertos. Teoría de Canales:

[file:///C:/Users/USER/Downloads/TEORIA%20CANALES%20ABIERTOS\(ROBERT%20MOTT\).pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/TEORIA%20CANALES%20ABIERTOS(ROBERT%20MOTT).pdf)

Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2023). NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción).

<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>

Normas de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes. (2023). REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LA NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES : RECURSO AGUA.

<https://www.cip.org.ec/attachments/article/1579/PROPUESTA%20ANEXO%201.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (19 de Feb de

2020). GUÍA METODOLÓGICA DE ALTERNATIVAS. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/14/13530889727580/4gua_tecnologica_para_la_captacin_y_almacenamiento_de_agua_finalpk.pdf

Organización Mundial de la Salud. (10 de May de 2021). Salud, medio ambiente y cambio climático. Organización Mundial de la Salud:

https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA74/A74_41-sp.pdf

Orozco, R. (2008). <https://es.slideshare.net/AcademiaDelIngenieriaMx/aplicacion-del-concreto-en-canales-y-presas>

Proyecto Formato Senplades. (2017). <https://www.unemi.edu.ec/wp-content/uploads/2019/10/proyecto-senplades-nueva-red-de-aapp.pdf>

Ramos, M. (19 de Feb de 2021). Ciencias Tecnológicas y Agrá. Dialnet:

<file:///C:/Users/USER/Downloads/Dialnet-CienciasTecnologicasYAgrariasTI-563086.pdf>

Revista de Ingeniería Civil. (2020).

https://www.ecorfan.org/republicofperu/research_journals/Revista_de_Ingenieria_Civil/vol4num12/Revista_de_Ingenieria_Civil_V4_N12_4.pdf

Sandoval, C. (2024). <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-cesar-vallejo/tecnologia-de-los-materiales/rsu-del-estudio-de-materiales-alternativos-al-concreto-en-la-elaboracion-de-concreto-con-pet-para-la-construccion-de-estructuras-en-el-aa-hh-santa-rosa-catacaos/995>

Scielo. (Oct de 2016). Efecto del Agua sobre el Asfalto y su Posible Influencia en el Daño por Humedad en una Mezcla Asfáltica Porosa. Scielo:

https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052016000400003

ANEXOS

Anexo 1: Informe de Resultados

 <p>DC & VG CONSTRUCCIONES S.A. Y ESTUDIOS</p> <p>CONFIDENCIALIDAD Y SATISFACCION DIRECCIÓN: Unidad 6 grado 12 Solar 12 TELÉFONO: 0990888509 CORREO: dcvg@dcvg.com</p>	<p>INFORME DE RESULTADOS: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE. METODO MARSHALL - NORMA ASTM D 1559</p> <p>TEMA: EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL REVESTIMIENTO DEL CANAL DE AGUAS LUVIAS CON MEZCLA ASFÁLTICA DE MATERIAL RECIKLADO, MILAGRO</p> <p>SOLICITA: CRISTHIAN PATRICIO AURIA VERA HAZ LOZANO TOMMY ALBERTO</p>		
<p>Nº INFORME: <u>DCVG-0001</u></p>	<p>FECHA DE DISEÑO: <u>OCTUBRE 2024</u></p>		
<p>Muestra: <u>CARPETA DE HORMIGON ASFALTICO , ESPESOR 2-3</u></p>			
<p>RESUMEN DE RESULTADOS DE DISEÑO</p>			
<p>DOSIFICACION</p>			
Agregado (Descripción)	Proporcion de materiales para Hormigon Asphaltico	Contenido de Asfalto Optimo (Mezcla)	peso volumetrico
Piedra 3/4	25%	5,6	122,416
Cisco	40%	Material Reciclado	10,93
Arena	35%	0,50%	
TOTAL	100,00%		
<p>DISTRIBUCION GRANULOMETRICA DE LOS AGREGADOS</p>			
<p>Se cumple con las especificaciones MOP-001-F-2002</p> <p>Fajas de cumplimiento de tamaño nominal del agregado de 3/8</p>			
<p>CONTENIDO OPTIMO DE ASFALTO</p>			
ESTABILIDAD (Lb)	1775		
VACIOS (%)	3,7		
FLUJO (0.01")	10		
DENSIDAD DE LA MEZCLA (kg/cm ³)	2186		
<p>CONTROL DE DISEÑO</p>			
<p>TRAFICO MEDIO</p>			
ESTABILIDAD (Lb)	VALOR MEDIO	ESPECIFICACIONES	
VACIOS (%)	Mayor a 1200 Lb	Mayor a 1200 Lb	
FLUJO (0.01")	3,7	3 - 5 %	
	10	8 - 16 pulg/100	
<p>OBSERVACIONES</p>			
CALCULADO POR	REVISADO	RESPONSABLE TÉCNICO	
Ing. James Quito	Ing. Kevin Calcedo	Ing. Dany Calcedo	

DCYVG CONSTRUCCIONES S.A.
 Dirección: Guayaquil, Calle 12 Solar 12 Cel: 0990888509
 Correo: dcvg@dcvg.com
 REG. PROF 1996-2024-215991



INFORME DE RESULTADOS: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE. MÉTODO MARSHALL - NORMA ASTM D 1559

TEMA: EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL REVESTIMIENTO DEL CANAL DE AGUAS LLUVIAS CON MEZCLA ASFÁLTICA DE MATERIAL RECICLADO, MILAGRO

SOLICITA: CRISTHIAN PATRICIO AURIA VERA
HAZ LOZANO TOMMY ALBERTO

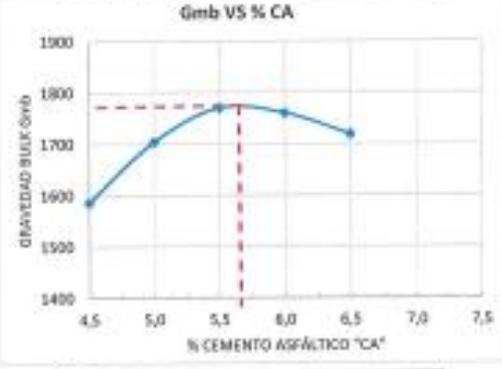
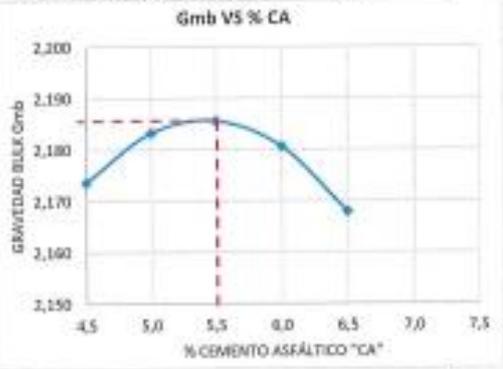
Nº INFORME DCVG-0001

FECHA DE DISEÑO: OCTUBRE 2024

PORCENTAJE ÓPTIMO DE CEMENO ASFÁLTICO SEGUN EL INSTITUTO DEL ASFALTO

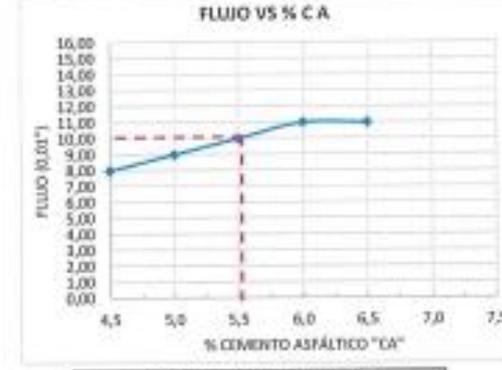
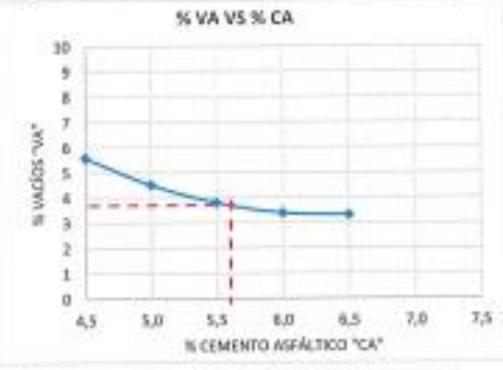
Gravedad Específica Bulk (G_{mb}) 2,186

Estabilidad Marshall "Lb" 1775



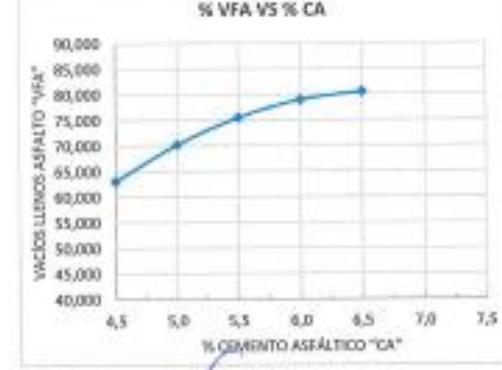
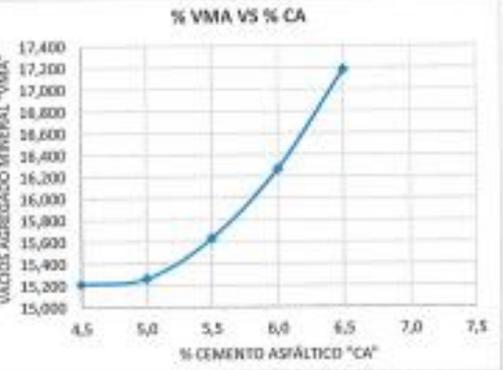
Volumen de Vacíos (V_{va}) 3,7

Flojo 10



Vacíos en el Agregado Mineral (%)

Vacíos Llenos de Asfalto (%)



% ÓPTIMO DE CA 5,6

CALCULADO POR Ing. Armin Cárdena	REVISADO Ing. Keylin Calcedo	RESPONSABLE TÉCNICO Ing. Keylin Calcedo
--	--	---

DCVG - BONDING INCORPORATED
C.R. 10010990170001
Ing. Armin Cárdena Compañero
RESPONSABLE TÉCNICO
REG. PROF. 1866-2020-215881+

 DC & VG CONSULTORIOS Y ESTUDIOS INGENIERIA CIVIL Y PAVIMENTOS INGENIERIA DE TRAFICO Y TRANSPORTES INGENIERIA DE SISTEMAS DE AGUAS INGENIERIA DE SISTEMAS DE ENERGIA INGENIERIA DE SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES CONTACTO: 0981118181 / 0981118182	INFORME DE RESULTADOS: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE. METODO MARSHALL - NORMA ASTM D 1559																											
	TEMA: EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL REVESTIMIENTO DEL CANAL DE AGUAS LUVIAS CON MEZCLA ASFÁLTICA DE MATERIAL RECICLADO, MELASO																											
SOLICITA: CRISTHIAN PATRICIO AURIA VERA HAZ LOZANO TOMMY ALBERTO																												
Nº INFORME: DCVG-0001	FECHA DE DISEÑO: OCTUBRE 2024																											
CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GRUESO A USAR PARA LA ELABORACIÓN DEL ASFALTO																												
Cantón de donde se extraen los agregados / Lugar de Procedimiento de los agregados:	A. FINO:	CANTERA LENNY BOCA- ARENA TRITURADA (OISCO)																										
ENSAYOS - AGREGADO GRUESO																												
Granulometría: Agregado Grueso, Norma ASTM D-422																												
TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO DEL AGREGADO		8,50 mm	3/8"																									
RESUMEN DE RESULTADOS DE GRANULOMETRÍA																												
TAMICES	Tm	Tm'	PESO PARCIAL "gr"	% RETENIDO	% QUE PASA	ESPECIFICACIÓN MTCOP - ASTM D-2015																						
						L. SUPERIOR	L. INFERIOR	CUMPLIMIENTO																				
5"	127		0	0	100																							
4"	101,6		0	0	100																							
3"	76		0	0	100																							
2 1/2"	63,5		0	0	100																							
2"	50,8		0	0	100																							
1 1/2"	37,5		0	0	100																							
1"	25,4		0	0	100																							
3/4"	19		0	0	100																							
1/2"	12,5		0,00	0,00	99,00																							
3/8"	9,5		0,00	0,00	99,00																							
1/4"	6,35		0	0	100																							
Nº 4	4,75		165,10	6,60	93,40																							
Nº 8	2,36		990,80	39,63	60,37																							
Nº 50	0,3		744,20	29,76	70,24																							
Nº 200	0,075		302,00	12,08	87,92																							
Fondo	0		298,00	11,92	88,08																							
TOTAL			2500,00 gr																									
RETIENE Nº 4	5,60%	$1) G_m = \frac{A}{B+A-C}$ $2) G_{mb} = \frac{B}{D+B-C}$ $3) G_{ma} = \frac{A}{B+A-C}$ $4) \text{Water} = \frac{D-C}{A} \times 100$																										
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th>Muestra 1</th><th>Muestra 2</th></tr> <tr><td>A = 194 gr</td><td>A =</td></tr> <tr><td>B = 667 gr</td><td>B =</td></tr> <tr><td>C = 792 gr</td><td>C =</td></tr> <tr><td>D = 205 gr</td><td>D =</td></tr> </table>	Muestra 1	Muestra 2	A = 194 gr	A =	B = 667 gr	B =	C = 792 gr	C =	D = 205 gr	D =	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th>Muestra 1</th><th>Muestra 2</th><th>Medio</th></tr> <tr><td>Gravedad Bulk o Hota.</td><td>2,901</td><td>2,48 gr/cm³</td></tr> <tr><td>Gravedad Específica S.S.S Bulk.</td><td>2,904</td><td>2,53 gr/cm³</td></tr> <tr><td>Gravedad Específica Aglomerante.</td><td>2,578</td><td>2,58 gr/cm³</td></tr> <tr><td>Porcentaje de Absorción.</td><td>1,80%</td><td>1,20%</td></tr> </table>	Muestra 1	Muestra 2	Medio	Gravedad Bulk o Hota.	2,901	2,48 gr/cm ³	Gravedad Específica S.S.S Bulk.	2,904	2,53 gr/cm ³	Gravedad Específica Aglomerante.	2,578	2,58 gr/cm ³	Porcentaje de Absorción.	1,80%	1,20%		
Muestra 1	Muestra 2																											
A = 194 gr	A =																											
B = 667 gr	B =																											
C = 792 gr	C =																											
D = 205 gr	D =																											
Muestra 1	Muestra 2	Medio																										
Gravedad Bulk o Hota.	2,901	2,48 gr/cm ³																										
Gravedad Específica S.S.S Bulk.	2,904	2,53 gr/cm ³																										
Gravedad Específica Aglomerante.	2,578	2,58 gr/cm ³																										
Porcentaje de Absorción.	1,80%	1,20%																										
LABORANTISTA Ing. Ocho Carbo	CALCULADO POR Ing. Alvaro Gallo	REVISADO Ing. Kevin Calcedo DC & VG CONSULTORIOS																										

DC & VG CONSTRUCCIONES S.A. Y FILIALES
DC & VG
 EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL INVERSIÓN DEL CANAL DE AGUAS LUVIAS CON MEZCLA ASFÁLTICA DE MATERIAL RECICLADO, NIAGRO

TEMA: EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL INVERSIÓN DEL CANAL DE AGUAS LUVIAS CON MEZCLA ASFÁLTICA DE MATERIAL RECICLADO, NIAGRO

SOLICITA: CRISTIAN PATRICK ALFARO VERA
 HAZ LUDWIG TOMMY ALBERTO

Nº INFORME: DCV01-0001 **FECHA DE DISEÑO:** OCTUBRE 2024

CARACTERÍSTICAS DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS A USAR PARA LA ELABORACIÓN DEL ASFALTO

DESCRIPCIÓN	A. SUELO		PIEDRA 3/8 - Piedra 1/2		% ABSORCIÓN
	A. FINO:		CISCO - ARENA		

DETERMINACIÓN DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS COMBINADOS (NORMA ASTM C 127 - ANEXO T B)

AGREGADO	% USADO	% PASA Nº 4	% RETENE Nº 4	GRAVEDAD ESPECÍFICA		% ABSORCIÓN
				REAL	APARENTE	
PIEDRA 3/8	25%	0,75%	99,25%	2,439 gr/cm ³	2,389 gr/cm ³	1,24%
CISCO	40%	21,51%	78,49%	2,464 gr/cm ³	2,579 gr/cm ³	1,80%
ARENA	35%	38,91%	71,09%	2,442 gr/cm ³	2,548 gr/cm ³	1,69%

RESULTADOS DE LA MEZCLA

Gravedad Específica Real, G_m	$G_m = \frac{100}{\frac{25}{2,439} + \frac{40}{2,464} + \frac{35}{2,442}}$	2,446 gr/cm ³
Gravedad Específica Aparente, G_a	$G_a = \frac{100}{\frac{25}{2,389} + \frac{40}{2,579} + \frac{35}{2,548}}$	2,546 gr/cm ³
% Absorción	$W_{ab} = \frac{(G_m \times A_1) + (G_a \times A_2) + \dots + (G_m \times A_n)}{100}$	8,86%

DETERMINACIÓN DE GRAVEDAD ESPECÍFICA TÉCNICA MÁXIMA DE LA MEZCLA (DISEÑO PRO: NORMA ASTM D 2041 - ANEXO T 201)

Nº ASFALTO	S.O		S.S		6.0		8.5		7.0	
	M1	M2	M3	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2
A	3000		1000		5000		1000		5000	
B	5222		5222		5222		5222		5222	
C	5780		5780		5780		5780		5780	
BICE	2,208		2,204		2,278		2,262		2,352	
PROVEDO	2,389 gr/cm ³		2,294 gr/cm ³		2,276 gr/cm ³		2,262 gr/cm ³		2,352 gr/cm ³	

GRANULACION COMBINADA PARA MEZCLA

TAMAÑO MÁXIMO MÁXIMO DE LOS AGREGADOS	0,50 mm	3/8"
---------------------------------------	---------	------

AGREGADO	PIEDRA 3/8	CISCO	ARENA	RESULTADO
% USADO	25%	40%	35%	100%

TAMOS	"mm"	PORCENTAJE DE PASA			ESPECIFICACIÓN NITOP - ASTM D-3515	
		PIEDRA 3/8	CISCO	ARENA	USAR MÍNIMO	OBSERVACION
1/2"	12,50	25,00	40,00	35,00	300,00	Si Cumple
3/8"	9,50	11,92	40,00	35,00	96,92	89-100
Nº 4	4,75	0,92	17,16	16,24	71,08	55-85
Nº 8	2,36	0,79	11,70	10,91	51,21	43-47
Nº 10	1,90	0,74	9,68	8,94	15,81	7-23
Nº 200	0,85	0,10	4,77	3,66	6,37	3-20
Finis	0,075	0,08	0,00	0,00	0,00	0



ELABORADO POR: Ing. Kevin Caicedo	CALCULADO POR: Ing. Kevin Caicedo	REVISADO: Ing. Kevin Caicedo
---	---	--

DCVVG CONSTRUCCIONES S.A. Y FILIALES
 Ing. Kevin Caicedo
 R.O.C. 1008-2020-0158811
 RESPONSABLE TÉCNICO

Ing. Kevin Caicedo
 RESPONSABLE TÉCNICO
 REG. PROF. 1008-2020-0158811

 <p>DC & VG CONSTRUCCIONES S.A. Y ESTUDIOS</p> <p>CONSTRUCCIONES Y ESTUDIOS HEREDIA - CALLE GUAYACÁN No. 151 Tel. 12 TELÉFONO: 039946900 CORREO: construccion@dcvg.com</p>	INFORME DE RESULTADOS: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE. METODO MARSHALL - NORMA ASTM D 1559	
	TEMA:	EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL REVESTIMIENTO DEL CANAL DE AGUAS LUVIAS CON MEZCLA ASFÁLTICA DE MATERIAL RECICLADO, MILAGRO
SOLICITA:	CRISTHIAN PATRICIO AURIA VERA HAZ LOZANO TOMMY ALBERTO	

Nº INFORME: DCVG-0001 FECHA DE DISEÑO: OCTUBRE 2024

CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GRUESO A USAR PARA LA ELABORACIÓN DEL ASFALTO

Cantera de donde se extraen los agregados / Lugar de Procedimiento de los agregados: **A. FINO:** **CANTERA LENNY ROCA- ARENA TRITURADA (CISCO)**

ENSAYOS - AGREGADO GRUESO

Granulometría: Agregado Grueso, Norma ASTM D-422

TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO DEL AGREGADO	9,50 mm	3/8"
------------------------------------	---------	------

TAMICES		PESO PARCIAL "gr"	% RETENIDO	% QUE PASA	ESPECIFICACIÓN MTOP - ASTM D-3513		
"in"	"mm"				L. SUPERIOR	L. INFERIOR	CUMPLIMIENTO
3/8"	9,5	0,00	0,00	100,00			
Nº 4	4,75	83,80	4,66	95,34			
Nº 8	2,36	229,40	12,74	82,60			
Nº 50	0,3	1204,60	66,92	15,68			
Nº 200	0,08	227,70	12,65	3,03			
Fondo	0	54,50	3,03	0,00			

TOTAL	1800,00 gr
--------------	-------------------

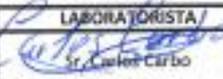


DETERMINACIÓN DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS (NORMA ASTM C 127 - AASHTO T 85)

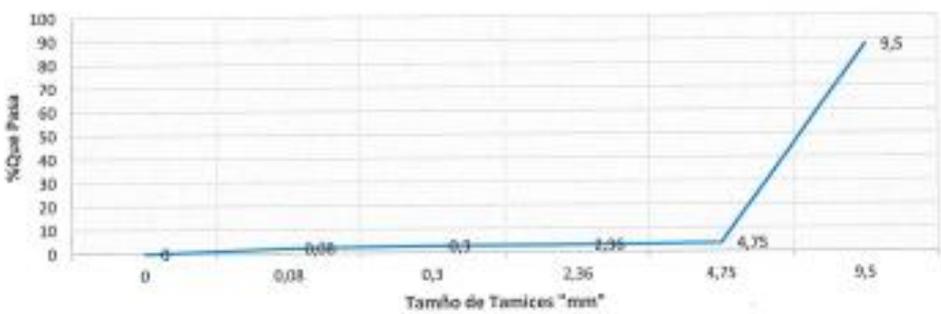
RETIENE Nº 4	4,66%	1) $G_{sa} = \frac{d}{b+d-c}$	2) $G_{sub} = \frac{D}{b+D-c}$	3) $G_{sa} = \frac{A}{b+A-c}$	4) $\%Ab = \frac{D-d}{A} \times 100$
---------------------	--------------	-------------------------------	--------------------------------	-------------------------------	--------------------------------------

Muestra 1	Muestra 2
A = 158 gr	A =
B = 661 gr	B =
C = 781 gr	C =
D = 201 gr	D =

	Muestra 1	Muestra 2	Promedio
Gravedad E. Bulk o Neta.	2,442		2,44 gr/cm3
Gravedad Específica S.S.S Bulk.	2,494		2,48 gr/cm3
Gravedad Específica Aparente.	2,543		2,55 gr/cm3
Porcentaje de Absorción.	1,69%		1,2%

LABORATORISTA/  Sr. Javier Carbo	CALCULADO POR Ing. Jimmy Quilo	REVISADO  Ing. Víctor Calcedo RESPONSABLE TÉCNICO	 Ing. Danny Calcedo RESPONSABLE TÉCNICO
--	--	---	---

Ing. Víctor Calcedo
 RESPONSABLE TÉCNICO
 REO PROF 1466-2020-215001

 <p>DC & VG CONSTRUCCIONES S.A. Y ESTUDIOS</p> <p>CONSTRUCCIONES Y ESTUDIOS BOULEVARD Ciudadela general M. P. 5012 TEL: 00593 995 099010 CORREO: dcvg@dcvg.com</p>	INFORME DE RESULTADOS: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE. METODO MARSHALL - NORMA ASTM D 1559																																																														
	TEMA: EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL REVESTIMIENTO DEL CANAL DE AGUAS LUVIAS CON MEZCLA ASFÁLTICA DE MATERIAL RECICLADO, MILAGRO	SOLICITA: CRISTHIAN PATRICIO ALVIA VERA HAZ LOZANO TOMMY ALBERTO																																																													
Nº INFORME DCVG-0001	ECHA DE DISEÑO OCTUBRE 2016																																																														
CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GRUESO A USAR PARA LA ELABORACIÓN DEL ASFALTO																																																															
Cantera de donde se extraen los agregados / Lugar de Procedimiento de los agregados:	A. Grueso:	CANTERA LENNY ROCA- PIEDRA 3/8"																																																													
ENSAYOS - AGREGADO GRUESO																																																															
Granulometría: Agregado Grueso. Norma ASTM D-422																																																															
TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO DEL AGREGADO		9,50 mm 3/8"																																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">TAMICES</th> <th rowspan="2">PESO PARCIAL "gr"</th> <th rowspan="2">% RETENIDO</th> <th rowspan="2">% QUE PASA</th> <th colspan="3">ESPECIFICACIÓN AADP - ASTM D-365</th> </tr> <tr> <th>"in"</th> <th>"mm"</th> <th>L SUPERIOR</th> <th>L INFERIOR</th> <th>CUMPLIMIENTO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3/8"</td> <td>9,5</td> <td>123,3</td> <td>12,33</td> <td>87,67</td> <td></td> <td></td> <td>21,9175</td> </tr> <tr> <td>Nº 4</td> <td>4,75</td> <td>839,9</td> <td>83,99</td> <td>8,68</td> <td></td> <td></td> <td>0,92</td> </tr> <tr> <td>Nº 8</td> <td>2,36</td> <td>5,1</td> <td>0,51</td> <td>3,17</td> <td></td> <td></td> <td>0,7925</td> </tr> <tr> <td>Nº 50</td> <td>0,3</td> <td>2,2</td> <td>0,22</td> <td>2,95</td> <td></td> <td></td> <td>0,7375</td> </tr> <tr> <td>Nº 200</td> <td>0,08</td> <td>7,7</td> <td>0,77</td> <td>2,18</td> <td></td> <td></td> <td>0,545</td> </tr> <tr> <td>Fondo</td> <td>0</td> <td>11,8</td> <td>2,18</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>		TAMICES		PESO PARCIAL "gr"	% RETENIDO	% QUE PASA	ESPECIFICACIÓN AADP - ASTM D-365			"in"	"mm"	L SUPERIOR	L INFERIOR	CUMPLIMIENTO	3/8"	9,5	123,3	12,33	87,67			21,9175	Nº 4	4,75	839,9	83,99	8,68			0,92	Nº 8	2,36	5,1	0,51	3,17			0,7925	Nº 50	0,3	2,2	0,22	2,95			0,7375	Nº 200	0,08	7,7	0,77	2,18			0,545	Fondo	0	11,8	2,18	0			0	
TAMICES		PESO PARCIAL "gr"	% RETENIDO				% QUE PASA	ESPECIFICACIÓN AADP - ASTM D-365																																																							
"in"	"mm"			L SUPERIOR	L INFERIOR	CUMPLIMIENTO																																																									
3/8"	9,5	123,3	12,33	87,67			21,9175																																																								
Nº 4	4,75	839,9	83,99	8,68			0,92																																																								
Nº 8	2,36	5,1	0,51	3,17			0,7925																																																								
Nº 50	0,3	2,2	0,22	2,95			0,7375																																																								
Nº 200	0,08	7,7	0,77	2,18			0,545																																																								
Fondo	0	11,8	2,18	0			0																																																								
TOTAL		1000,00 gr																																																													
CURVA GRANULOMÉTRICA DE EXTRACCIÓN																																																															
																																																															
DETERMINACIÓN DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS (NORMA ASTM C 127 - AASHTO T 85)																																																															
RETIENE Nº 4 96,32%		$1) G_m = \frac{A}{B-C}$ $2) G_{sub} = \frac{B}{B-C}$ $3) G_a = \frac{A}{A-C}$ $4) \%Ab = \frac{B-A}{A} \times 100$																																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Muestra 1</th> <th>Muestra 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A = 5000 gr</td> <td>A =</td> </tr> <tr> <td>B = 5062 gr</td> <td>B =</td> </tr> <tr> <td>C = 3004 gr</td> <td>C =</td> </tr> </tbody> </table>	Muestra 1	Muestra 2	A = 5000 gr	A =	B = 5062 gr	B =	C = 3004 gr	C =	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Muestra 1</th> <th>Muestra 2</th> <th>Promedio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gravedad E. Bulk o Neta.</td> <td>2,430</td> <td></td> <td>2,430 gr/cm3</td> </tr> <tr> <td>Gravedad Especifica S.S.S Bulk.</td> <td>2,460</td> <td></td> <td>2,460 gr/cm3</td> </tr> <tr> <td>Gravedad Especifica Aparente.</td> <td>2,505</td> <td></td> <td>2,505 gr/cm3</td> </tr> <tr> <td>Porcentaje de Absorción.</td> <td>1,2%</td> <td></td> <td>1,2%</td> </tr> </tbody> </table>			Muestra 1	Muestra 2	Promedio	Gravedad E. Bulk o Neta.	2,430		2,430 gr/cm3	Gravedad Especifica S.S.S Bulk.	2,460		2,460 gr/cm3	Gravedad Especifica Aparente.	2,505		2,505 gr/cm3	Porcentaje de Absorción.	1,2%		1,2%																																	
Muestra 1	Muestra 2																																																														
A = 5000 gr	A =																																																														
B = 5062 gr	B =																																																														
C = 3004 gr	C =																																																														
	Muestra 1	Muestra 2	Promedio																																																												
Gravedad E. Bulk o Neta.	2,430		2,430 gr/cm3																																																												
Gravedad Especifica S.S.S Bulk.	2,460		2,460 gr/cm3																																																												
Gravedad Especifica Aparente.	2,505		2,505 gr/cm3																																																												
Porcentaje de Absorción.	1,2%		1,2%																																																												
LABORATORISTA Sr. Carlos Castro	CALCULADO POR Ing. Tommy Guato	REVISADO Ing. Damián Calcedo RESPONSABLE TÉCNICO																																																													