



FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

VÍAS

ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO,
ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA
DE SANTA ELENA

AUTORES: JOEL ISAAC GONZÁLEZ DEL VALLE
SARA NAYELHY MONTIEL CEDEÑO

TUTOR: ING. EDWIN DANIEL TAPIA BARZOLA, M.Sc.

GUAYAQUIL, MARZO 2024

Agradecimiento

En primer lugar, deseo expresar mi más sincero agradecimiento a Dios por otorgarme la salud, sabiduría y fortaleza necesarias para completar con éxito mi carrera profesional.

Quiero agradecer profundamente a mis padres por su apoyo incondicional a lo largo de este camino, quienes desde mi más tierna infancia me inculcaron la importancia del estudio como la mejor herencia que un padre puede legar a sus hijos.

También quiero expresar mi gratitud hacia los distinguidos docentes ingenieros de la facultad, quienes brindaron su apoyo y orientación ante las diversas inquietudes que surgieron durante el desarrollo del trabajo de titulación.

Así mismo expresar mi profundo agradecimiento al ingeniero Javier Yagual Tumbaco y al ingeniero Oswaldo Vélez Villacis, quienes me brindaron su apoyo con profesionalismo, guiándome y despejando las dudas que surgieron durante todo el proceso.

Finalmente, quiero agradecer a las amistades que encontré en la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, cuyo apoyo inquebrantable fue fundamental para alcanzar nuestro objetivo común. Su compañerismo y aliento fueron un pilar fundamental en este recorrido académico.

Joel Isaac González Del Valle

Agradecimiento

Agradezco en primer lugar a Dios por bendecir y guiar todo el camino de mi vida universitaria.

A mis padres que fueron mi fortaleza para no rendirme y seguir adelante, por todo el sacrificio que han hecho para poder alcanzar una de mis metas y todo el amor que siempre me brindan.

A mis hermanas que siempre me dieron su apoyo incondicional y estuvieron pendiente de mi en cada momento.

A mi familia, especialmente a mi tía Nieve que me brindo su apoyo y me acompaño en esta larga travesía.

A mis amigos que siempre me dieron su apoyo sin dejarse influenciar de comentarios externos. Especialmente, Ángelo que siempre con sus palabras me ha levantado el ánimo y me ha motivado para no rendirme.

A mi compañero de tesis, Joel por su paciencia, dedicación y apoyo a lo largo de este proceso.

Al ingeniero Xavier Huayamave por compartir su tiempo, creer en mí y brindarme su ayuda cuando más lo necesitaba.

A mi tutor, el ingeniero Edwin Tapia por guiarnos por este proceso de titulación.

Dedicatoria

Este trabajo de titulación está dedicado a mis queridos padres, quienes han sido mi fuente constante de apoyo desde el inicio de esta carrera universitaria. Su inquebrantable respaldo ha sido fundamental en cada paso que he dado hacia la consecución de este logro académico. Sin su amor, orientación y sacrificio, este camino habría sido mucho más arduo. Agradezco profundamente su inagotable aliento y confianza en mí.

Joel Isaac González Del Valle

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado a mis padres que son lo más importante que tengo en esta vida, que son mi motivación de seguir adelante. Sin su amor, paciencia y sacrificio no habría podido cumplir todas mis metas hasta ahora, gracias por ser los mejores padres que Dios me pudo dar.

También a mis hermanas que siempre han estado cuando las necesito, a mi familia que amo mucho y a todos los amigos que hice a lo largo de mi carrera universitaria, su amistad ha sido un gran apoyo en los momentos más críticos de mi vida, gracias por estar cuando los necesito.

Sara Nayelhy Montiel Cedeño



Declaración Expresa

Artículo XI.- del Reglamento Interno de Graduación de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil.

La responsabilidad de los hechos, ideas y doctrinas expuestas en este trabajo de titulación corresponde exclusivamente al autor y al Patrimonio Intelectual de la Universidad de Guayaquil.

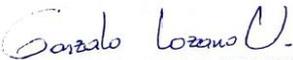
Joel Isaac González Del Valle

C.I. 0927080259

Sara Nayelhy Montiel Cedeño

C.I. 2300570252

Tribunal de Graduación


ING. GONZALO LOZANO. MSC.

Presidente de Tribunal


ING. DAVID STAY, MSC.
Miembro de Tribunal


ING. XAVIER MARMOL C. MSC.
Miembro de Tribunal

Estudiantes: GONZALEZ DEL VALLE JOEL ISAAC

MONTIEL CEDEÑO SARA NAYELHY

ANEXO V. - CERTIFICADO DEL DOCENTE-TUTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

Guayaquil, 27 de enero del
2024. Ingeniero
Guillermo Alexander Pacheco Quintana, MSc.
DIRECTOR (A) DE LA CARRERA
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de integración curricular **ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA** del (los) estudiante(s) **GONZÁLEZ DEL VALLE JOEL Y MONTIEL CEDEÑO SARA**, indicando que ha (n) cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de integración curricular con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de integración curricular, CERTIFICO, para los fines pertinentes, que el (los) estudiante (s) está (n) apto (s) para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,



Escaneado y certificado por:
EDWIN DANIEL TAPIA
BARZOLA

ING. TAPIA BARZOLA EDWIN DANIEL
C.I. 1207169598
FECHA: 31/01/2024

ANEXO VI. - CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

Habiendo sido nombrado **ING. TAPIA BARZOLA EDWIN DANIEL**, tutor del trabajo de integración curricular certifico que el presente trabajo ha sido elaborado por **JOEL ISAAC GONZÁLEZ DEL VALLE Y SARA NAYELHY MONTIEL CEDEÑO**, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de **INGENIERÍA CIVIL**.

Se informa que el trabajo de integración curricular: **ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA** ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa antiplagio **TURNITIN** quedando el 8 % de coincidencia.



ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA

INFORME DE ORIGINALIDAD
8%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

GUAYAQUIL
<https://ev.turnitin.com/app/carta/es/?s=1&u=1133714888&lang=es&o=2283164030>

 El código de verificación es:
**EDWIN DANIEL TAPIA
 BARZOLA**

ING. TAPIA BARZOLA EDWIN DANIEL

C.I. 1207169598

FECHA: 31/01/2024

ANEXO VII. - INFORME DEL DOCENTE REVISOR

Guayaquil, 27 de febrero de 2024

Ingeniero

Guillermo Alexander Pacheco Quintana, MSc.

DIRECTOR (A) DE LA CARRERA

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envié a Ud. el Informe correspondiente a la **REVISIÓN FINAL** del trabajo de integración curricular **"ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV.26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA"** de los estudiantes **JOEL ISAAC GONZÁLEZ DEL VALLE** y **SARA NAYELHY MONTIEL CEDEÑO**. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

El título tiene un máximo de 25 palabras.

La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.

El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad.

La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.

Los soportes teóricos son de máximo 5 años.

La propuesta presentada es pertinente.

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

El trabajo es el resultado de una investigación.

El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.

El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.

El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que el estudiante está apto para continuar el proceso de integración curricular.

Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,



Ing. Xavier Emmanuel Marmol Acosta, M.Sc.

C.I. 1207882927

Fecha: 27 de Febrero de 2024

**DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y DE AUTORIZACIÓN DE LICENCIA GRATUITA
INTRASFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO COMERCIAL DE LA
OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS
FACULTAD: CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**

LICENCIA GRATUITA INTRASFERIBLE Y NO COMERCIAL DE LA OBRA CON
FINES NO ACADÉMICOS

Nosotros, Joel Isaac González Del Valle con C.I. No. 0927080259 y Sara Nayelhy Montiel Cedeño con C.I. No. 2300570252, certificamos que los contenidos desarrollados en este trabajo de integración curricular, cuyo título es **“ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV.26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA”** son de nuestra absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN*, autorizamos la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.



Joel Isaac González Del Valle

C.I. 0927080259



Sara Nayelhy Montiel Cedeño

C.I. 2300570252

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO I

Generalidades

1.1	Introducción	1
1.2	Objetivos	2
1.2.1	Objetivo General.	2
1.2.2	Objetivos Específicos.	2
1.3	Delimitación del Tema	3
1.4	Justificación	5
1.5	Ubicación de Proyecto	7

CAPITULO II

Marco Teórico

2.1	Antecedentes	8
2.1.1	Principios en Superficie de Rodadura.	10
2.1.2	Influencia de las MA en la Durabilidad y Resistencia.	11
2.1.3	Implementación de Reciclaje en Pavimento Asfáltico.	13
2.1.4	Optimización en Construcción de Pavimentos Flexibles.	14
2.1.5	Sostenibilidad en Ciclo de Vida de Pavimentos Flexibles.	16
2.1.6	Evaluación en Tiempo Real de Pavimentos.	17
2.1.7	Avances en Tecnologías Asfálticas para Pavimentos.	19
2.2	Marco Conceptual	21
2.2.1	Vías de Comunicación.	21
2.2.2	Pavimentos.	22
2.2.3	Estructura del Pavimento.	22

2.2.4	Ensayos.....	23
2.2.5	Índice de Condición del Pavimento (PCI).....	23
2.2.6	El Tránsito.....	24
2.2.7	Volumen del Tránsito.	24
2.2.8	Servicio Vial.....	25
2.3	Marco Legal	26
2.3.1	Ministerio de Transporte y Obras Públicas.....	26
2.3.2	Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial.....	26
2.3.3	Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización.	27
2.3.4	Ley Sistema de Infraestructura Vial Transporte Terrestre.	27
2.3.5	Ley Orgánica de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial.....	28
2.3.6	Especificaciones para la Construcción de Caminos y Puentes.	28

CAPITULO III

Marco Metodológico

3.1	Tipo de Investigación	31
3.1.1	Trabajo de Campo (In Situ).....	31
3.1.2	Trabajo de Laboratorio.....	32
3.1.3	Desarrollo de Cálculos.....	32
3.2	Técnicas e Instrumento de Recolección de Datos.....	32
3.3	Plan de Procesamiento y Análisis	33
3.3.1	Procesamiento.....	33
3.3.2	Análisis de Datos.	33
3.3.2.1	Método del PCI.....	33
3.3.2.2	Unidad de Muestreo.	34
3.3.3	Tipos de Fallas.	41

3.4	Mediciones de Flujo	47
3.4.1	Estudio del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA).	47
3.4.1.1	Contabilización Manual.	47
3.4.1.2	Composición del Tráfico.	48
3.4.1.3	Tráfico Promedio Diario Semanal (TPDS).	49
3.4.1.4	Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA).	49
3.4.1.5	Tráfico a Futuro (TF).	51
3.4.1.6	Tránsito Asignado.....	51
3.4.1.7	Tránsito Generado.....	52
3.4.1.8	Tránsito Desarrollado.	52
3.5	Tipos de Cargas.....	53
3.6	Clasificación de la Carretera MTOP	55
3.6.1	Conversión del Tránsito a ESALs de Diseño.....	55
3.6.2	Factor de Equivalencia de Carga.	55
3.6.3	Factor Camión (Fc).	57
3.6.4	Factor de Crecimiento del Tráfico.	57
3.6.5	Factor de Distribución por Carril.....	57
3.6.6	Factor de Distribución Direccional.....	58
3.6.7	Determinación de ESALs (W18) de Diseño.....	58
3.7	Diseño de Pavimento Flexible Aplicando Método AASHTO 93	59
3.7.1	Índice de Serviciabilidad (Δ PSI).	60
3.7.2	Nivel de Confiabilidad (R).	61
3.7.3	Desviación Estándar Normal (Z_r).	61
3.7.4	Desviación Estándar Global (S_o).	62
3.7.5	Modulo Resiliente (M_r).	62

3.7.6	Coeficiente de Drenaje (mi).	63
3.8	Ensayos de Laboratorio	64
3.8.1	Contenido de Humedad.	64
3.8.2	Análisis Granulométrico por Tamizado.	64
3.8.3	Porcentaje del Tamiz 200.	66
3.8.4	Límites de Atterberg.	66
3.8.4.1	Límite Líquido (LL).	66
3.8.4.2	Límite Plástico (LP).	67
3.8.4.3	Índice Plástico (IP).	67
3.8.5	Proctor Modificado ASTM d 1557.	67
3.8.6	CBR Densidad y Penetración.	68

CAPITULO IV

Desarrollo

4.1	Índice de Condición del Pavimento	70
4.1.1	Determinación de las Unidades de Muestra.	70
4.1.2	Aplicación del Método PCI.	72
4.1.3	Índice de Condición del Pavimento (PCI).	84
4.2	Análisis de Resultados del Estudio de Tráfico.	85
4.2.1	Cálculo del Tráfico Promedio Diario Semanal (TPDS).	91
4.2.2	Cálculo del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA).	91
4.2.3	Cálculo del Tráfico Generado (Tg).	92
4.2.4	Cálculo del Tráfico Desarrollado (Td).	93
4.2.5	Cálculo del Tráfico Asignado (Tasig).	93
4.2.6	Tasas de Crecimiento.	95
4.2.6.1	Tasa de Crecimiento Poblacional.	95

4.2.6.2	Tasa de Crecimiento del Parque Automotor.	96
4.2.6.3	Tasa de Crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB).	100
4.2.6.4	Tasa de Crecimiento de la MTOP.....	102
4.2.7	Proyección del Tráfico Asignado a 20 años.	102
4.2.8	Clasificación de la Vía.....	104
4.3	Cálculo de Ejes Equivalentes de Diseño (ESALs)	104
4.3.1	Clasificación de las Cargas por Ejes.....	104
4.3.2	Factor de Equivalencia de Carga.	105
4.3.3	Tasa de Crecimiento.....	108
4.3.4	Factor de Crecimiento.....	109
4.3.5	Factor de Distribución por Carril.....	109
4.3.6	Factor de Distribución Direccional.....	109
4.3.7	Cálculo de Ejes Equivalentes de Diseño (ESALs o W18).....	109
4.4	Trabajos de Laboratorios	110
4.4.1	Extracción de las Muestras en la Vía de Estudio.....	110
4.4.2	Resultados de los Ensayos del Laboratorio.	111
4.4.3	Resultados Capa Base y Subrasante según MTOP.....	114
4.4.4	Clasificación del Material Sistema SUCS y AASHTO.....	116
4.5	Diseño de Pavimento Flexible según AASHTO 93 a 20 Años	118
4.5.1	Ejes de Cargas Equivalentes (W18).....	118
4.5.2	Coeficiente de Desviación Estándar Normal (ZR).	118
4.5.3	Desviación Estándar Global (So).	118
4.5.4	Variación de la Pérdida de Serviciabilidad (Δ PSI).....	118
4.5.5	Modulo Resiliente Estructura del Pavimento y Subrasante.	119
4.5.5.1	CBR de Diseño.....	119

4.5.5.2	Modulo Resiliente de la Subrasante.	121
4.5.5.3	Modulo Resiliente y Coeficiente Estructural del Mejoramiento.....	121
4.5.5.4	Modulo Resiliente y Coeficiente Estructural de Subbase.	122
4.5.5.5	Modulo Resiliente y Coeficiente Estructural de Base.....	123
4.5.5.6	Modulo Resiliente y Coeficiente Estructural Carpeta Asfáltica.....	124
4.5.6	Determinación del Coeficiente de Drenaje.	125
4.5.7	Cálculos de Espesores y Corrección del SN.....	126
4.5.7.1	Número Estructural y Espesor de la Capa de Rodadura.	126
4.5.7.2	Número Estructural y Espesor de la Capa Base.....	127
4.5.7.3	Número Estructural y Espesor de la Capa Subbase.....	129
4.5.7.4	Número Estructural y Espesor de la Capa Mejoramiento.	130
4.5.8	Espesores Mínimos Recomendado por la AASHTO 93.	132
4.5.9	Comprobación del Diseño de Pavimento Flexible.	132

CAPITULO V

Conclusiones y Recomendaciones

5.1	Conclusiones	134
5.2	Recomendaciones	136

Bibliografía

Anexos

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Abscisado Calle 21 desde Av. 26 hasta Av. 35.....	3
Ilustración 2: Abscisado Calle 21 desde Av. 35 hasta Av. 42-A.	4
Ilustración 3: Abscisado Calle 21 desde Av. 42-A hasta Av.50.	4
Ilustración 4: Abscisado Calle 21 desde Av. 50 hasta Av. 61.....	4
Ilustración 5: Abscisado Calle 21 desde Av. 61 hasta Calle 68.	4
Ilustración 6: Ubicación Geográfica del Área de Estudio.....	7
Ilustración 7: Valor Deducido Daño Piel de Cocodrilo.	36
Ilustración 8: Valor Deducido Daño de Exudación.	37
Ilustración 9: Valor Deducido Daño de Abultamiento y Hundimiento.....	37
Ilustración 10: Valor Deducido Daño de Grieto de Borde.....	37
Ilustración 11: Valor Deducido Daño Desnivel Carril / B.....	38
Ilustración 12: Valor Deducido Daño Grietas Longitudinal y Transversal.	38
Ilustración 13: Valor Deducido Daño de Parcheo.....	38
Ilustración 14: Valor Deducido Daño Pulimiento de Agregados.	39
Ilustración 15: Valor Deducido Daño de Huecos.....	39
Ilustración 16: Valor Deducido Daño de Ahuellamiento.....	39
Ilustración 17: Valor Deducido Daño Desprendimiento de Agregado.	40
Ilustración 18: Curva de Corrección Pertinente al Tipo de Pavimento.....	41
Ilustración 19: Piel de Cocodrilo Falla Encontrada en la Calle 21.	42
Ilustración 20: Exudación Falla Encontrada en la Calle 21.....	43
Ilustración 21: Abultamiento Hundimiento Falla Encontrada en la Calle 21.....	43
Ilustración 22: Grieta de Borde Falla Encontrada en la Calle 21.	44
Ilustración 23: Grieta Longitudinal Falla Encontrada en la Calle 21.	45
Ilustración 24: Parcheo Falla Encontrada en la Calle 21.....	46

Ilustración 25: Huecos Falla Encontrada en la Calle 21.	47
Ilustración 26: ESALS Vs Serviciabilidad.	60
Ilustración 27: Unidades de Muestreo.	71
Ilustración 28: Gráfico de las Unidades de Muestra.	85
Ilustración 29: Comportamiento de Fluctuación del Tránsito por Días.....	87
Ilustración 30: Dimensiones Mínimas Estacionamiento Autos Motos.	88
Ilustración 31: Comparación Espacio Estacionamiento Autos y Motos.	89
Ilustración 32: Fluctuación Corregida del Tránsito por Días.	90
Ilustración 33: Serie Histórica de Vehículos Matriculados.	97
Ilustración 34: Línea de Tendencia Cantón La Libertad.	99
Ilustración 35: Interpretación de las Muestras 1-2-3 Extraídas en el Sitio.	111
Ilustración 36: Interpretación de la Muestra 4 Extraída en el Sitio.....	111
Ilustración 37: CBR de Diseño para la Subrasante.	120
Ilustración 38: Nomograma MR y a4 Capa Mejoramiento.	122
Ilustración 39: Nomograma MR y a3 Capa Subbase.	123
Ilustración 40: Nomograma MR y a2 Capa Base.	124
Ilustración 41: Ábaco MR Carpeta Asfáltica.	125
Ilustración 42: Ábaco para Determinar SN Capa de Rodadura.	126
Ilustración 43: Software AASHTO-93 SN Capa de Rodadura.	127
Ilustración 44: Ábaco para Determinar SN Capa Base.	128
Ilustración 45: Software AASHTO-93 SN Capa Base.	128
Ilustración 46: Ábaco para Determinar SN Capa Subbase.....	129
Ilustración 47: Software AASHTO-93 SN Capa Subbase.....	130
Ilustración 48: Ábaco para Determinar SN Capa Mejoramiento.	131
Ilustración 49: Software AASHTO-93 SN Capa Mejoramiento.	131

Ilustración 50: Valores Reales de SN y Espesores Pavimento Flexible. 133

Índice de Tablas

Tabla 1: Coordenada UTM del Estudio del Pavimento	7
Tabla 2: Intervalos de Calificación del PCI.	34
Tabla 3: Longitudes de Unidades de Muestreo	34
Tabla 4: Formato para Evaluación del Pavimento Flexible.	36
Tabla 5: Formato para el Conteo Vehicular.	48
Tabla 6: Pesos y Dimensiones Naciones Parte 1	53
Tabla 7: Pesos y Dimensiones Naciones Parte 2.	54
Tabla 8: Clasificación de Dos Carriles y Caminos Vecinales.	55
Tabla 9: Factor de Distribución por Carril.	58
Tabla 10: Factor de Distribución Direccional.	58
Tabla 11: Índice de Serviciabilidad.	60
Tabla 12: Niveles Sugeridos de Confiabilidad R.	61
Tabla 13: Valores de la Desviación Estándar Normal.	62
Tabla 14: Valores de Coeficiente de Drenaje.	64
Tabla 15: Porcentaje de Pasante según el Tipo de Agregado.	65
Tabla 16: Porcentaje de Pasante según el Tamaño Máximo del Agregado.	66
Tabla 17: Ubicación de las Unidades de Muestra.	71
Tabla 18: Índice de Condición de la M-01.	72
Tabla 19: Índice de Condición de la M-02.	73
Tabla 20: Índice de Condición de la M-03.	74
Tabla 21: Índice de Condición de la M-04.	75
Tabla 22: Índice de Condición de la M-05.	76
Tabla 23: Índice de Condición de la M-06.	77
Tabla 24: Índice de Condición de la M-07.	78

Tabla 25: Índice de Condición de la M-08.	79
Tabla 26: Índice de Condición de la M-09.	80
Tabla 27: Índice de Condición de la M-10.	81
Tabla 28: Índice de Condición de la M-11.	82
Tabla 29: Índice de Condición de la M-12.	83
Tabla 30: Índice de Condición de la M-13.	84
Tabla 31: Resumen de la Clasificación PCI.....	85
Tabla 32: Registro del Conteo Vehicular en ambos Sentidos.....	87
Tabla 33: Factor Conversión Motos a Autos de la Zona de Estudio.	89
Tabla 34: Conteo Vehicular Corregido en ambos Sentidos.	90
Tabla 35: Tráfico Asignado por Categoría Vehicular.	94
Tabla 36: Población de la Ciudad de La Libertad.	96
Tabla 37: Incremento de Parque Automotor Provincia Santa Elena.	97
Tabla 38: Incremento Poblacional Cantón La Libertad, Año 2001 y 2010.....	98
Tabla 39: Proyección Población Cantón La Libertad hasta Año 2022.	98
Tabla 40: Proyección Población Provincia Santa Elena, Año 2022.	99
Tabla 41: Datos Crecimiento Vehículos Motorizados Cantón La Libertad.	99
Tabla 42: Producto Interno Bruto, Año 2007 y 2008 del País.	100
Tabla 43: Producto Interno Bruto, Año 2007 y 2008 Cantón La Libertad.	100
Tabla 44: Población Año 2007 y 2008 Cantón La Libertad.....	101
Tabla 45: Resultado de PIB de la Ciudad La Libertad.	101
Tabla 46: Tasas de Crecimiento Vehicular Propuesta por la MTOP.....	102
Tabla 47: Tasa Relacionada MTOP y Tasa de Crecimiento Seleccionadas.	102
Tabla 48: Proyección del Tránsito Asignado a 20 Años.	103
Tabla 49: Clasificación de las Cargas por Ejes.	105

Tabla 50: Factor Equivalencia de Carga Vehicular.....	108
Tabla 51: Tasa de Crecimiento por Clase Vehicular.....	108
Tabla 52: Determinación del Número de ESALs o (W18) de Diseño.....	110
Tabla 53: Resultados de Ensayos de Laboratorio – Calicata #1.....	112
Tabla 54: Resultados de Ensayos de Laboratorio – Calicata #2.....	113
Tabla 55: Resultados de Ensayos de Laboratorio – Calicata #3.....	113
Tabla 56: Resultados de Ensayos de Laboratorio – Calicata #4.....	114
Tabla 57: Resultados Capa Base Calicata 1,2,3 y 4 según MTOP.....	115
Tabla 58: Resultados Subrasante Calicata 1,2,3 y 4 según MTOP.....	115
Tabla 59: Clasificación Sistema SUCS y AASHTO.....	117
Tabla 60: Tabla para Identificar el CBR de Diseño.....	119
Tabla 61: Selección Módulo Resiliente Subrasante de Diseño.....	120
Tabla 62: Clasificación Cualitativa del Suelo según el % de CBR.....	120
Tabla 63: Parámetros para Determinar el SN por Capa.....	126
Tabla 64: Espesores Mínimos Recomendado por la AASHTO-93.....	132
Tabla 65: Espesores para Diseño de Pavimento Flexible.....	132

RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (ESPAÑOL)
FACULTAD: CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL

Título del Trabajo de Titulación: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV.26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

Autores: Joel Isaac González Del Valle
Sara Nayelhy Montiel Cedeño

Tutor: Ing. Edwin Daniel Tapia Barzola M.Sc.

RESUMEN

Mediante una inspección descriptiva, se evaluó la capa de rodadura del pavimento existente para detectar las actuales fallas en la vía. Este análisis visual se sustentó en el método del PCI, esencial para determinar el estado general del pavimento a lo largo de su trayectoria. Además, se ejecutaron pruebas de laboratorio para examinar las propiedades físico-mecánicas del suelo, en la estructura del pavimento y la subrasante. Los resultados revelaron la necesidad de reemplazar la estructura en el tramo entre las abscisas 0+000 hasta la 1+228.5 debido a un PCI inferior al 40%, categorizando el pavimento como deficiente. Se efectuó un estudio de tráfico para proyectar el número de ESALs a 20 años, lo que permitió el diseño de una nueva estructura mediante el método AASTHO-93. En las secciones restantes, el PCI indicó un estado favorable (superior al 55%), respaldado por pruebas de laboratorio que confirmaron las óptimas condiciones del suelo.

PALABRAS CLAVES: PAVIMENTO – FALLAS – ENSAYOS – DISEÑO - TRÁFICO

**RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (INGLÉS)
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**

Title Of Degree Work Carried Out: PAVEMENT STUDY OF 21ST STREET,
JUNE 5TH NEIGHBORHOOD,
BETWEEN 26TH AVENUE AND 68TH
STREET, CANTON LA LIBERTAD,
SANTA ELENA PROVINCE.

Authors: Joel Isaac González Del Valle

Sara Nayelhy Montiel Cedeño

Advisor: Ing. Edwin Daniel Tapia Barzola M.Sc.

ABSTRACT

By means of a descriptive inspection, the existing pavement wearing course was evaluated to detect current road failures. This visual analysis was based on the PCI method, which is essential to determine the general condition of the pavement along its path. In addition, laboratory tests were performed to examine the physical-mechanical properties of the soil, pavement structure and subgrade. The results revealed the need to replace the structure in the section between abscissae 0+000 to 1+228.5 due to a PCI of less than 40%, categorizing the pavement as deficient. A traffic study was carried out to project the number of ESALs for 20 years, which made it possible to design a new structure using the AASTHO-93 method. In the remaining sections, the PCI indicated a favorable condition (greater than 55%), supported by laboratory tests that confirmed optimal soil conditions.

KEY WORDS: PAVEMENT – FAILURE – TESTING – DESIGN - TRAFFIC

CAPÍTULO I

Generalidades

1.1 Introducción

Es frecuente encontrar infraestructuras viales en un estado de deterioro significativo, lo cual representa un obstáculo para el progreso y la conectividad de las localidades. Estas carreteras, que deberían constituir un pilar fundamental para la expansión y cohesión de las comunidades, con frecuencia presentan problemas sustanciales que inciden de manera considerable en la protección y el bienestar de quienes lo utilizan. Dentro de este contexto, resulta imperativo llevar a cabo un análisis exhaustivo de las causas, efectos y posibles medidas correctivas para afrontar el desafío que presentan las vías en condiciones precarias.

En La Libertad, el incremento del parque automotor, resultado de una mayor accesibilidad, ha generado problemas de tráfico y reducción de eficiencia en el sistema vial. Los planes de vialidad se enfocan en mejorar las condiciones operativas de la infraestructura a corto, mediano y largo plazo. La planificación vial demanda un análisis minucioso del flujo vehicular, composición, análisis de cargas, fuentes de materiales, movimiento de pasajeros e inventario vial (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón La Libertad, 2014).

Esta investigación está dirigida al estudio de pavimento flexible por medio de un diagnóstico o evaluación que será tomado en el sitio, logrando entender la condición presente de la integridad estructural del pavimento. El área en que está situado el estudio corresponde a la calle 21 del cantón La Libertad en la provincia de Santa Elena, considerando un segmento vial que comprende desde la avenida 26 hasta la calle 68, tratándose de una calle local en el sector Barrio 5 de junio.

Esta calle ha sido afectada en gran parte en su infraestructura, ya que la capa de

rodadura ha sufrido deterioro debido a diversos factores, principalmente por el incremento vehicular y las condiciones ambientales en las que se encuentra expuesta la estructura. Este estudio se dividirá en varias etapas, que incluyen la inspección visual, recopilación de datos del tráfico, extracción de muestras del suelo que serán analizadas mediante los respectivos ensayos de laboratorio para determinar el estado de dicho material. A través de los resultados adquiridos en el marco de esta investigación evaluará la posibilidad de implementar mejoras en la vía, para así contribuir al avance en la movilidad, seguridad y bienestar de los usuarios que transitan por esta calle.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General.

Elaborar el estudio del pavimento para la calle 21 “Barrio 5 de junio”, desde la Avenida 26 hasta la Calle 68, ubicada en el cantón La Libertad de la provincia de Santa Elena, en un periodo de diseño a 20 años, con el fin de garantizar la funcionalidad, seguridad, eficiencia y sostenibilidad a largo plazo de la vía.

1.2.2 Objetivos Específicos.

Examinar la integridad del pavimento flexible en la calle 21, que se extiende desde la Av. 26 hasta la Calle 68, en base al método de Índice de Condición del Pavimento (PCI), para determinar el porcentaje de falla en el pavimento existente.

Determinar el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) con el fin de evaluar las cargas de tráfico a través de un conteo vehicular en la calle 21, desde la Av. 26 hasta la Calle 68.

Realizar ensayos de suelos de la estructura del pavimento y subrasante para conocer sus propiedades físico-mecánicas en la calle 21, desde la Av. 26 hasta la Calle 68.

Diseñar una nueva estructura vial para la calle 21, desde la Av. 26 hasta la Calle 68 de acuerdo con las especificaciones técnicas del AASHTO-93.

1.3 Delimitación del Tema

La calle de estudio se encuentra ubicada a la altura del mercado, sector 5 de Junio en dirección Sur hasta llegar a la Calle 68, misma que conecta en dirección Norte al centro comercial y mercado central del cantón La Libertad, razón por la cual surge el estudio de esta vía debido a que no presenta las garantías necesarias para una buena movilidad vial y seguridad, provocando impacto en el tráfico vehicular, molestia de los usuarios e incluso interrumpiendo la incorporación a la zona comercial.

La vía dispone de 2,340 metros lineales. El tramo de vía a evaluar está comprendido desde la abscisa 0+000 (Avenida 26) hasta la abscisa 2+340 (Calle 68), además en la avenida 41 ubicada en el eje de la vía con la abscisa 0+907.75 existe una intersección que ha sido intervenida dentro de un proyecto de infraestructura vial, empezando en la abscisa 0+895.50 hasta la abscisa 0+920, generando una extensión de 24.5 metros de pavimento recién instalado.

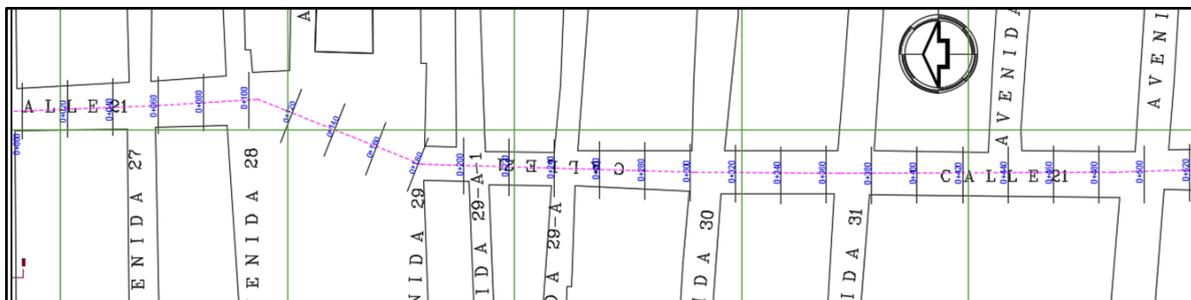


Ilustración 1: Abscisado Calle 21 desde Av. 26 hasta Av. 35.

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

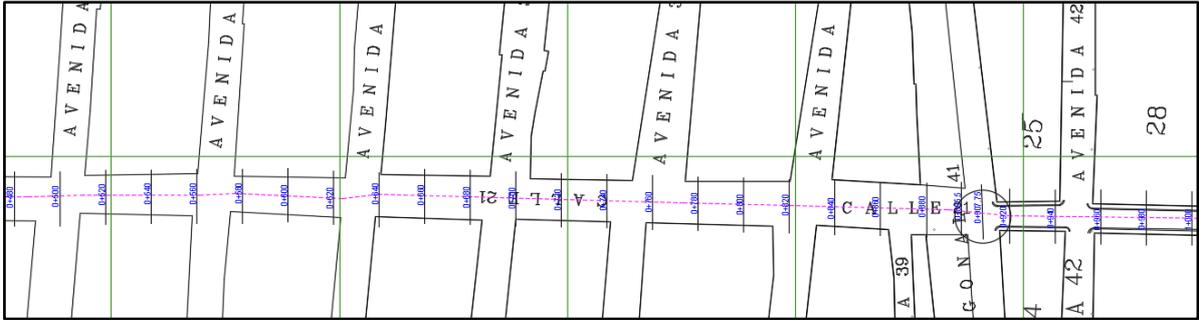


Ilustración 2: Abscisado Calle 21 desde Av. 35 hasta Av. 42-A.
Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

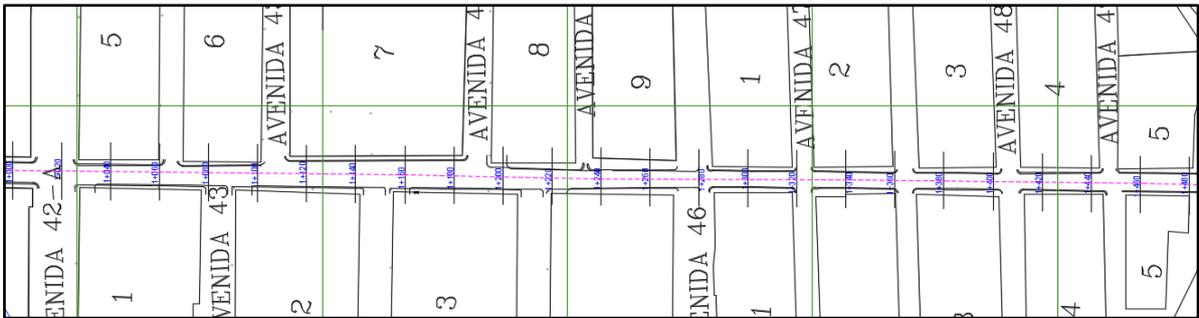


Ilustración 3: Abscisado Calle 21 desde Av. 42-A hasta Av.50.
Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

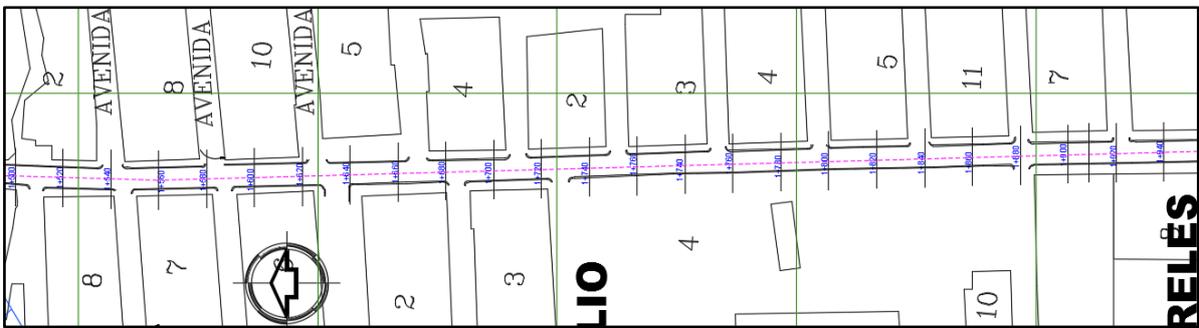


Ilustración 4: Abscisado Calle 21 desde Av. 50 hasta Av. 61.
Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

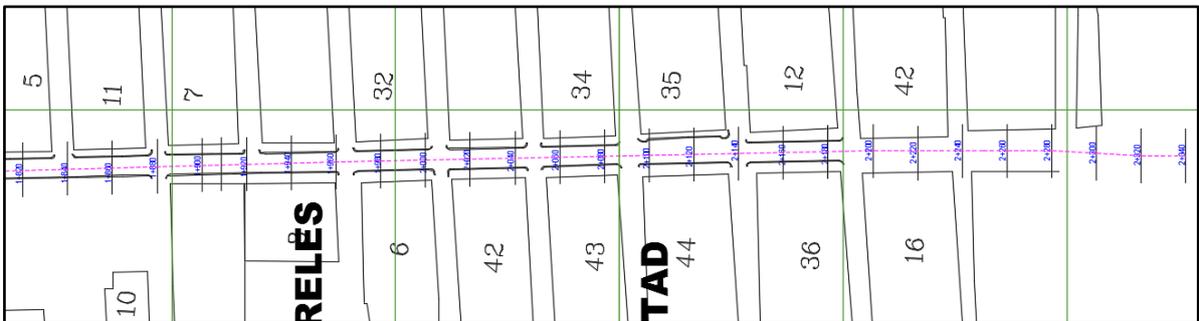


Ilustración 5: Abscisado Calle 21 desde Av. 61 hasta Calle 68.
Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

La calle 21 consta de un pavimento flexible aparentemente en mal estado, lo que indica que la carpeta asfáltica posee fallas en la infraestructura de la vía, la evaluación en el presente caso de estudio ocurre en gran parte de dicha calle. Por lo tanto, se recomienda realizar una evaluación exhaustiva empleando el criterio técnico del Índice de Condición del Pavimento (PCI) para identificar los tipos de daños, su severidad y la cantidad o densidad de estos, con el fin de determinar el grado de deterioro presente en la superficie del pavimento.

El enfoque de este método radica en analizar de manera indirecta el estado físico en que se encuentra el pavimento a través del uso del Índice de Condición del Pavimento (PCI), evitando mediciones directas para evaluar dicha integridad. Esto hace referencia a la capacidad del sistema de pavimentación para resistir fuerzas externas, tales como la carga del tráfico y efectos del entorno ambiental. En contraste, la calidad de servicio se enfoca en evaluar la capacidad de la superficie vial para proporcionar un viaje cómodo y garantizar la seguridad del usuario (Leguía Loarte Paola y Pacheco Risco Hans, 2016).

Se tomará muestra del sitio para ser analizadas en los respectivos ensayos de laboratorios, lo que permitirá comprender las características físico-mecánicas de los materiales involucrados, mediante estos ensayos se podrá verificar si las capas que conforman la estructura del pavimento siguen siendo óptimas para cumplir con su función.

1.4 Justificación

Ante la situación actual, este trabajo se enfoca en el estudio del segmento vial de la calle 21 que abarca desde la Avenida 26 hasta la Calle 68, la misma que tiene una capa de rodadura en deplorables condiciones presuntamente por factores que afectan al pavimento tomando en cuentas principales causas como lo son: el incremento

vehicular, las propiedades de los materiales presentes en la estructura pavimentada, agentes ambientales, por tal razón se requiere implementar un proyecto que reúna las condiciones necesarias para prestar el servicio adecuado como se requiere en la actualidad.

De este modo, al obtener una buena estructura vial se asegura que la movilidad y accesibilidad sean favorables, brindando una buena circulación del flujo vehicular. Una de las ventajas para los vehículos motorizados al emplear una vía adecuada es: Reducir la cantidad de combustible lo que permite generar menos impacto al medio ambiente al mitigar emisiones de carbono, también reduciría la gran cantidad de polvo, una de la principal molestia de los habitantes que transitan por esta calle (Nations United, 2014).

Esto garantiza un entorno más seguro a beneficio de los transeúntes y usuarios de la vía, permitiendo contener una imagen positiva y atractiva no obstante facilitando el crecimiento económico dando acceso a áreas comerciales.

Los problemas de congestión de tráfico y sus consecuencias ambientales son cuestiones altamente relevantes en áreas urbanas y aunque en zonas rurales más alejadas puede ser complicado escapar por completo del ruido del tráfico y de los camiones que transportan residuos, esta última fuente de ruido está disminuyendo debido a un creciente enfoque en la minimización de desperdicios. El aumento del índice del parque automotor en América Latina, que actualmente se sitúa en un 3% anual, resultará en una duplicación en el número de automóviles en los próximos 25 años, a la par que se observa un aumento en la duración promedio de los desplazamientos (Molina López, 2014).

1.5 Ubicación de Proyecto

La calle 21 se encuentra situada en el cantón La Libertad Provincia de Santa Elena. El tramo por evaluar está comprendido desde la avenida 26 hasta la calle 68, empezando desde el sector Barrio 5 de junio, obteniendo una longitud de 2.34 kilómetros. Se trata de una calle con carriles de doble sentido y un promedio de 8 metros de ancho correspondiente a la calzada.

En la siguiente tabla se detallan las coordenadas:

Tabla 1: Coordenada UTM del Estudio del Pavimento

REFERENCIA DE LA VIA	COORDENADAS UTM	
	ESTE	NORTE
INICIO (AVENIDA 26)	510304.00	9752821.00
FIN (CALLE 68)	510278.00	9750499.00

Fuente: (Google Eart Pro, 2022)

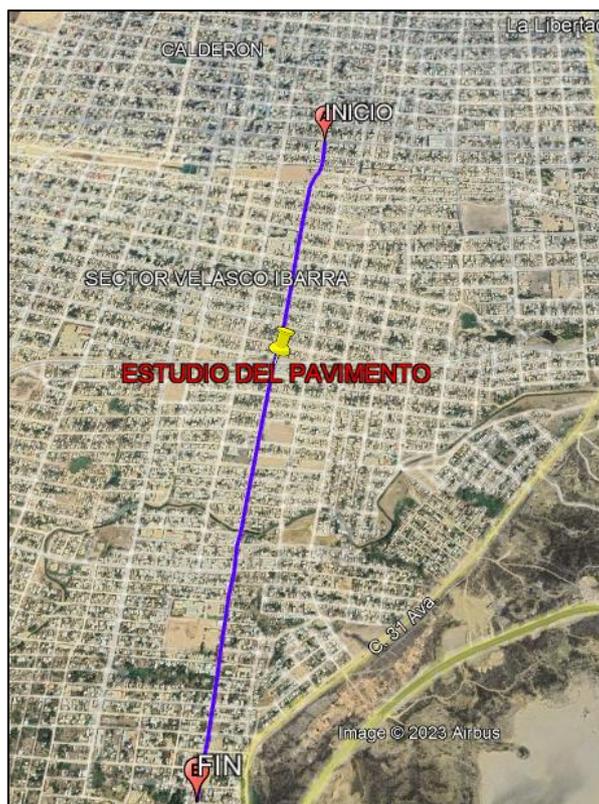


Ilustración 6: Ubicación Geográfica del Área de Estudio.

Fuente: (Google Eart Pro, 2022)

CAPÍTULO II

Marco Teórico

2.1 Antecedentes

Basándose en fundamentos teóricos y científicos de investigaciones realizadas, se cita con el objetivo de indagar estudios similares de mucha importancia para el desarrollo de esta investigación.

El estado de la infraestructura vial se rige como un factor trascendental en el progreso de una nación, revelando su posición económica y sirviendo como parámetro de evaluación por entidades como el Banco Mundial. La cantidad de kilómetros de carreteras pavimentadas en óptimas condiciones presenta variaciones significativas, oscilando desde 40 km/millón de habitantes en economía de bajos ingresos hasta 8,550 en economía de altos ingresos, con un intervalo intermedio de 470 en economía de ingresos medios. La tarea de mantener un estándar de servicio aceptable para toda la red vial y en especial la evaluación de un programa eficiente de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos constituye un desafío de envergadura para las autoridades gubernamentales responsables de la gestión de carreteras (Ragnoli et al., 2018).

En Ecuador, aproximadamente el 75% de las vías están construidas con pavimento flexible, utilizando mayoritariamente materiales no renovables. Este pavimento, compuesto en un 80% por agregados y un 20% por asfalto, obtiene sus agregados de fuentes naturales como ríos y canteras. Reducir el consumo de estos materiales es crucial para prevenir el agotamiento futuro de estos recursos, alineándose así con el principio de desarrollo sostenible que ha ganado relevancia debido al deterioro evidente de nuestro planeta y los efectos irreversibles en nuestro ecosistema. En este contexto, el estudio de métodos ecológicos y amigables con el medio ambiente,

especialmente en el ámbito vial del país, se centra en el cemento asfáltico, dada su prevalencia en la infraestructura vial ecuatoriana (Freire Alvear, 2018).

En el proyecto de investigación realizado por (Jami Dominguez & Matías Panchana, 2021). Concluye que, “a través de una inspección visual de la infraestructura vial, se busca evaluar la condición actual de la superficie pavimentada para identificar las deficiencias que se encuentran en la capa superficial de la calzada, permitiendo así la selección óptima de una estrategia de rehabilitación. Sugiriendo la metodología del PCI siguiendo las directrices establecidas por la normativa ASTM D 6433-03 con el fin de llevar una evaluación precisa del estado del pavimento” (p. 24).

En la siguiente investigación de tesis elaborado por Yépez Sandoya & Vera Chang (2018). Da como concluido que en “los análisis efectuados mediante la aplicación del enfoque del PCI revelan una considerable deficiencia estructural en la superficie pavimentada por eso requiere de una reconstrucción en la infraestructura del pavimento. Simultáneamente, los resultados derivados de los ensayos de suelos dictaminan que la subrasante posee resistencia baja lo cual indica que necesita un buen material de mejoramiento” (p. 153).

Según Chonillo Cruz & Palma Choez (2021) indican que el deterioro del revestimiento asfáltico a lo largo de las carreteras conduce a una degradación del nivel de servicio, donde se detectan disfunciones tanto funcionales como estructurales en las carreteras, tales como fisuras longitudinales y transversales, baches, desgaste de la superficie de agregados y deformación superficial, debidas a diversas causas. Entre estas causas se incluye el incremento de las cargas de tráfico, ya que el asfalto actual se encuentra incapaz de resistir los volúmenes de circulación actuales. Por lo tanto, resulta imperativo la evaluación constante del estado de la carretera en cada etapa de su ciclo operativo.

2.1.1 Principios en Superficie de Rodadura.

La teoría subyacente al concepto de pavimento se centra en la creación de una capa superficial asfáltica que facilite la circulación vehicular segura y confortable a las velocidades de diseño, independientemente de las condiciones climáticas. Existe una amplia variedad de pavimentos, adaptados a la clase y flujo vehicular. En caminos sin pavimentar, los rendimientos son deficientes, lo cual impone restricciones a las velocidades y cargas vehiculares, además de aumentar los costos operativos relacionados con el mantenimiento y el consumo de combustible. La efectividad de un pavimento está vinculada a factores meteorológicos y a un sistema de drenaje adecuado. En caminos con capa superficial inicial, como grava o suelos cubierta de piedras, los factores climáticos pueden tener menor importancia, sin embargo sigue siendo crucial contar con un drenaje eficiente (Navarro & Carreño, 2020).

Dentro del proceso de etapa de planificación de pavimentos flexibles, se han incorporado parámetros climáticos debido a su influencia comprobada en el desempeño estructural de las vías. Es esencial considerar el impacto del clima en la configuración de los pavimentos. El propósito de este análisis bibliográfico es demostrar que el nafteno, un componente principal del betún asfáltico, se ve afectado por las condiciones climáticas, incluyendo la exposición al agua y las variaciones de temperatura ambiental. Además, existe un vínculo directo entre estos factores climáticos y la degradación de la superficie flexible de la carretera. No obstante, se han desarrollado procedimientos de prueba que simulan el envejecimiento del betún asfáltico y buscan reproducir los efectos del agua y la variación térmica en la mezcla asfáltica, con el objetivo de acelerar el proceso de deterioro del ligante (Rojas Carrizales et al., 2021).

La calidad de los pavimentos asfálticos disminuyen conforme pasa el tiempo producido por las cargas repetitivas de los vehículos y las condiciones climáticas, por eso el mantenimiento es de gran importancia para la conservación del pavimento. Se destaca que la presencia de agua en la estructura causa un rápido deterioro ocasionando que la calidad de servicio se vea comprometida. Existen diferentes métodos para controlar y minimizar el deterioro progresivo para mantener los parámetros aceptables de serviciabilidad y seguridad como la técnica que implica la reutilización total del 100% de materiales asfáltico reciclado en mantenimientos donde se utiliza residuos asfálticos generados por la misma ruta; en comparación a las mezclas predosificada en frío que se usa en bacheos, la de asfalto reciclado presenta un comportamiento superior y favorece al medio ambiente y es de menor costo. El grupo ISA INTERVIAL en Chile son pioneros por fabricar mezclas asfálticas fabricadas con 100% de agregados reciclados en faenas de mantención y la recuperación de la integridad de la estructura pavimentada, esto permite una disminución en la generación de la huella de carbono, ahorro de materia prima para elaborar la mezcla y reducción de volumen de los botaderos por residuos (Fernández Enrique et al., 2022).

2.1.2 Influencia de las MA en la Durabilidad y Resistencia.

Las mezclas asfálticas en pavimentos sufren cambios estructurales por factores internos y externos, generando daños y acelerando su envejecimiento. Para garantizar mayor durabilidad, en el diseño de pavimentos es esencial entender y prevenir este proceso, considerando parámetros cambiantes con el tiempo. Se considera aspectos como módulo complejo (G^*), deformación (d), consistencia (P), resistencias a fisuras (CR), resistencia al deterioro por cargas (RR), estabilidad (S), temperatura de ablandamiento (SP), fluidez (V), maleabilidad (D), capacidad de

recuperación elástica (MR), resistencia de fatiga (FF), calidad del desempeño (PG), presencia de compuestos carbonílicos (IC), envejecimiento del material (IA), y proporción de asfáltenos (A) estos factores permiten evaluar la influencia de diversos elementos en las propiedades de las mezclas asfálticas (Castellanos Guerrero & Chaves Pabón, 2020).

El asfalto desempeña un papel crucial en la construcción de pavimentos, pero sufre de baja resistencia a la fatiga y alteración persistente debido a factores como la dosis incorrecta de ligantes-agregados, métodos de colocación, compactación, y la respuesta a cambios de temperatura. Para mejorar estas deficiencias, se propone el incremento parcial de polímeros, especialmente caucho reciclado, que puede modificar de manera favorable las características físicas y mecánicas del asfalto. La reutilización de polímeros, como el material termoplástico, se presenta como una solución para mejorar las combinaciones asfálticas al ofrecer excelentes propiedades térmicas y mecánicas. Aunque el caucho reciclado posee alta resistencia al impacto, sus propiedades mecánicas son inferiores (Peña et al., 2022).

El deterioro por humedad en las mezclas asfálticas (HMA) surge debido a la disminución de la adherencia entre aglomerante asfáltico y el material pétreo, afectando la resistencia y rigidez de la mezcla y dando lugar a diversos tipos de deterioro en el pavimento. La conexión entre aglomerante asfáltico y el material pétreo desempeña un papel crucial en la resistencia al daño por humedad y al agrietamiento por fatiga. La acción de la humedad, al afectar la adherencia, inicia muchas fallas en el pavimento, resultando en un deterioro significativo debido a la pérdida de compatibilidad entre el asfalto y los áridos, así como la cohesión de la matriz de asfalto. La degradación temprana de pavimentos de mezclas asfálticas se atribuye principalmente al daño causado por la humedad (Llamo et al., 2021).

La combinación de asfalto caliente y agua fría produce una expansión en el volumen de la mezcla, lo cual disminuye la viscosidad del asfalto y optimiza el cubrimiento de agregados en la mezcla, obteniendo una mayor manejabilidad durante su colocación. Esta combinación es conocida como mezcla asfáltica tibia y es muy usada en países como Estados Unidos en construcción o mantenimiento de carreteras como una alternativa sostenible y eficiente. Los beneficios de utilizar este tipo de mezcla en el mantenimiento de carreteras es la reducción de emisiones y consumo de energía puesto que utiliza temperaturas más bajas que las mezclas asfálticas tradicionales, aunque tenga beneficios en cuestión ambientales se debe tener cuidado con las condiciones específicas de cada proyecto para seleccionar la mezcla asfáltica correcta a utilizarse (Adame Hernández Rey Omar et al., 2021).

2.1.3 Implementación de Reciclaje en Pavimento Asfáltico.

Un estudio efectuado en la ciudad de Bagdad, Iraq, por la Universidad Mustansiriyah (Mahmood et al., 2018) propone un diseño sustentable para la elaboración de pavimentos, haciendo uso de polipropileno reciclado. Los residuos plásticos han surgido como una preocupación de relevancia a nivel internacional debido a un aumento notable en su volumen y cantidad. Dada su naturaleza no ecológica, se les considera un contaminante ambiental primordial. Investigaciones han evidenciado que las mezclas asfálticas que incorporan residuos plásticos exhiben mejoras en sus propiedades de ingeniería. Estas mezclas no solo generan una mayor estabilidad Marshall, sino también un flujo reducido y una notable resistencia a la deformación permanente. Además, se ha observado que la resistencia a la formación de surcos en estas mezclas aumenta con el desarrollo de rigidez, especialmente en climas cálidos típicos. La mejora de la rigidez posibilita el uso de un betún base moderadamente más suave, lo que, a su vez, optimiza el rendimiento a bajas

temperaturas (p.3).

En Uruguay se implementó para una rehabilitación el reciclado de pavimentos in situ con asfalto espumado (Keuliyán Faustina, 2022) obteniendo pavimentos sostenibles y eficientes. Esta técnica que implementaron involucró la estabilización de la capa base para que cumpla con los 10 años de periodo estimado de diseño, que requiere una disminución en la viscosidad de la mezcla para que obtener una mejor manejabilidad al momento de trabajar con él. Los beneficios tanto económico como ambientales son significativos porque aprovecha el reciclaje de estructuras existentes, aprovechando esos residuos lograr pavimentos duraderos y resistentes (p.13).

Portoviejo, en su camino hacia el desarrollo, ha experimentado notables avances viales, con la creación de nuevas vías, mayormente de material granular, en las zonas rural y urbana en los últimos 20 años. Sin embargo, se requiere una rehabilitación para mejorar la durabilidad y comodidad de estas vías. Para abordar esto, se ha aplicado doble riego o carpeta asfálticos con betún de asfalto en caliente, aunque esto conlleva desafíos ambientales y tiempos prolongados. El enfoque de esta investigación consiste en examinar la viabilidad de implementar emulsiones asfálticas en las capas de rodadura de la red vial de Portoviejo. No busca demostrar la superioridad o inferioridad de las emulsiones asfálticas, sino estudiar las prácticas existentes e identificar posibles mejoras para lograr resultados óptimos (Villegas et al., 2022).

2.1.4 Optimización en Construcción de Pavimentos Flexibles.

Es crucial mantener en óptimas condiciones las vías de transporte para asegurar la capacidad exportadora y satisfacer la demanda de bienes. Todos los países trabajan arduamente en la mejora de sus carreteras, pero el tránsito de vehículos

pesados contribuye al desgaste, requiriendo un mantenimiento adecuado para evitar costosos deterioros que afecten la duración programada de la vía. El estado de las carreteras no solo impacta en la eficiencia del transporte, sino también en el bienestar de los usuarios y en el desarrollo regional (Huamaní Arone et al., 2022).

En los últimos años, ha habido un progreso sustancial en la ingeniería de pavimentos flexibles a nivel mundial. Este avance ha propiciado el desarrollo de metodologías de diseño más fiables, lo que posibilita la construcción de pavimentos con una relación costo-beneficio más favorable para el desarrollo de la infraestructura vial. Como resultado, las significativas inversiones realizadas en la construcción y mantenimiento de la infraestructura de carreteras pueden generar mayores beneficios, contribuyendo al crecimiento económico de las naciones. La evolución de las metodologías de diseño ha pasado de enfoques empíricos a métodos mecanicistas-empíricos, siendo estos últimos, que requieren ajustes a condiciones locales, la vanguardia en las técnicas de diseño de pavimentos y representan el estado del arte en este campo (Orobio & Gil, 2015).

La planificación efectiva de la red vial requiere una identificación precisa de sus necesidades, manteniendo una condición mínima deseada. Esto implica contar con información actualizada y confiable sobre la infraestructura y su estado previo a la planificación. Además, proyectar el futuro estado de la red es crucial para determinar las necesidades y planificar a largo plazo el mantenimiento. Esto implica el uso de modelos de deterioro, que estiman la condición futura considerando las características físicas y de uso actuales de la red. Este enfoque es esencial para una administración eficaz y sostenible de la infraestructura vial (CAF, 2009).

La combinación de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT) da lugar a una propuesta que administra información sobre el

estado de los pavimentos, ofreciendo una aplicación accesible para gobiernos locales. Esto posibilita una gestión eficiente del estado de las carreteras, optimizando tiempo y costos de evaluación, evitando cierres temporales o totales de vías. La propuesta facilita la selección ágil y económica de tramos viales que requieren intervención, permitiendo decisiones fundamentadas. Aunque el método tradicional presenta limitaciones en áreas urbanas con restricciones para el uso de VANT, el Índice de Condición del Pavimento (PCI) mantiene variaciones mínimas que no afectan significativamente la descripción de la condición (Mamani Quenallata, 2023).

2.1.5 Sostenibilidad en Ciclo de Vida de Pavimentos Flexibles.

La sostenibilidad de una infraestructura se define mediante procesos transparentes. Se proponen cuatro dimensiones para evaluar su contribución a la sostenibilidad: la viabilidad económica, resaltando la utilización eficiente del activo durante todo su ciclo de vida; la preservación del medio ambiente, mediante una planificación cuidadosa del uso del suelo y la regeneración de recursos; la resiliencia ante riesgos climáticos; y el mejoramiento del bienestar de la sociedad. Es necesario crear instrumento de monitoreo y evaluación para medir los impactos positivos y negativos (Bhattacharya et al., 2019).

Resulta esencial considerar la durabilidad de los materiales al iniciar la planificación de un diseño destinado a la construcción de una superficie de rodadura. Este proceso abarca desde la fase inicial de extracción de materiales hasta alcanzar el período útil proyectada para la vía. El incremento del 10 al 14 por ciento en las emisiones dentro del área de transporte durante el periodo de 2000 a 2010, con un 72 por ciento de estas emisiones vinculadas al ámbito de la construcción y mantenimiento de infraestructuras viales, subraya la necesidad de realizar un análisis exhaustivo sobre este asunto (Lu et al., 2019).

A lo largo del periodo de diseño las carreteras presentan un deterioro en la estructura del pavimento, es fundamental abordar este problema para garantizar la durabilidad y el rendimiento adecuado. La oxidación es uno de los factores que contribuye al deterioro ya que esta afecta a la resistencia y flexibilidad de la vía. Esto nos lleva a buscar maneras de reducir la rigidez y fragilidad, esto sucede porque los compuestos de este, al entrar en contacto con el oxígeno cambian su estructura y composición molecular. Este proceso inicia desde la fase de mezcla hasta en la fase de servicio, ocasionando formación de fisuras por fatiga, lo que permite la penetración del agua a la base reduciendo la durabilidad. En el artículo de la revista *asfalto y pavimentación* Núm. 42 por Gutiérrez Muñoz Álvaro (2022) se propone como solución la selección de mejores aditivos químicos, sujetándolos a ensayos de prueba como muestra delgada en horno rotatorio (RTFO), AASHTO T240 y AASHTO R28-06 (p13).

2.1.6 Evaluación en Tiempo Real de Pavimentos.

A nivel global, la adopción de Sistemas de Información Geográfica (SIG) ha experimentado una significativa aceptación gracias a la facilidad que brinda para la localización y la introducción eficiente de datos esenciales en el proceso de elección de proyectos viales. El sistema de datos vinculados a coordenadas geográficas posibilita la captura y el análisis en tiempo real de resultados relacionado con los criterios definidos en los análisis de la condición de las superficies de rodadura. Las utilidades del SIG en combinación con Sistemas de Gestión de Pavimentos (SGP) conducen a una selección e interpretación que prioriza los recursos con el mayor impacto positivo para la localidad. La capacidad de realizar consulta de manera rápida al SIG mejora la eficacia en la gestión de datos para los responsable encargados de la red de carretera (Silva-Balaguera et al., 2018).

La aplicación de fotogrametría en tierras junto con el empleo de redes neuronales

representa la combinación tecnológica más eficaz para llevar a cabo la inspección de irregularidades en la condición superficial de pavimentos flexibles. Esta elección se fundamenta en su capacidad para reducir tanto el tiempo como los costos asociados, destacándose como la alternativa más eficiente en comparación con otras herramientas tecnológicas disponibles. Este enfoque implica la utilización de unidades de procesamiento para la obtención de información, así como la identificación y clasificación de defectos, lo que culmina en la presentación de resoluciones o conclusiones a una escala universal y específicamente en el contexto de pavimentos flexibles (Cárdenas Resines et al., 2023).

En la actualidad, se lleva a cabo un análisis mediante imágenes de mezclas asfálticas para el control expeditivo utilizando los programas de AphelionLab e Ipas 2D. estos programas permiten obtener curvas granulométricas aproximadas a la realidad con un margen de error al 10%, para agregados mayores a 0,6 mm. El propósito de esta metodología es obtener más información mediante los softwares para ampliar el alcance del análisis que garantice la calidad del mismo, teniendo en cuenta la eficiencia del proceso (Zorzutti Luis et al., 2023).

Es crucial desarrollar procedimientos para el control de calidad en el mantenimiento y rehabilitación del pavimento con el objetivo de prevenir el desgaste total de la superficie vial. La falta de mantenimiento adecuado conduce a una gestión ineficaz y a un aumento de costos para usuarios y entidades públicas, intensificando la tasa de deterioro. Un Sistema de Gestión de Pavimentos Urbanos (SGPU) emerge como un instrumento esencial para la administración eficaz de la red vial urbana. Este sistema facilita la documentación y actualización del inventario, así como la evaluación regular de la condición de los pavimentos, la selección de estrategias de mantenimiento y rehabilitación, y la clasificación de secciones para la asignación eficaz de la

disponibilidad de recursos existente. (Aramayo et al., 2019).

El mantenimiento eficiente de la infraestructura vial es esencial para impulsar y mantener el desarrollo económico regional. Sin embargo, el tráfico y las condiciones ambientales deterioran la infraestructura vial, requiriendo mantenimiento, rehabilitación o incluso reconstrucción parcial. Para preservar las carreteras, es crucial contar con un sistema de gestión que considere las características específicas de la región y los recursos disponibles. Esto es particularmente aplicable a la red vial en el cantón de Portoviejo, ubicado en la provincia de Manabí, Ecuador. Un sistema bien desarrollado no solo contribuirá al desarrollo regional, sino que también reducirá accidentes de tránsito, el desgaste vehicular y resultará menos oneroso financieramente para todos los involucrados (Pin et al., 2023).

2.1.7 Avances en Tecnologías Asfálticas para Pavimentos.

A medida que las demandas del flujo vehicular y las circunstancias climáticas evolucionan, la adaptación de los materiales y métodos de construcción es imperativa. Existe una investigación que no solo tiene como objetivo mejorar los procedimientos actuales, sino también la creación de herramientas más precisas y eficientes para la evaluación de capas asfálticas ultradelgadas. La aplicación de este nuevo ensayo es contribuir significativamente a la sostenibilidad y resiliencia de nuestras redes viales. A través de esta investigación, se busca no solo innovar en el ámbito técnico sino también brindar soluciones que impacten positivamente en la planificación y ejecución de pavimentación. El ensayo que se realiza es una variante del ensayo Fénix donde se han propuesto dos configuraciones de ensayos donde en una se analiza la resistencia a las fisuras y la otra analiza su adherencia de la capa ultradelgada al soporte (Pérez Jiménez Félix et al., 2022).

En la búsqueda constante de mejoras en el diseño y la construcción de pavimentos, la implementación de tecnologías innovadoras desempeña un papel crucial. Según el autor Hernández Zamora Gabriel (2022) en su estudio, se enfoca específicamente en la integración de refuerzo flexible en betunes modificados, una cooperación que busca potenciar las propiedades mecánicas y estructurales de las mezclas asfálticas. A medida que se enfrentan a tensiones y deformaciones, los pavimentos reforzados con esta tecnología pueden exhibir una mayor resistencia a la fisuración y una mayor capacidad de carga, contribuyendo a extender la duración útil de las carreteras. A través de esta investigación se presenta el uso de betunes modificados con elastómeros de estireno-butadieno como polímeros modificadores esto proporciona un reforzamiento elástico y flexibilidad cuando se mezcla con los agregados (p.31).

En el dinámico ámbito de la ingeniería de pavimentos. La búsqueda incesante de materiales mejorados y métodos más eficientes es esencial para la evolución continua de nuestras infraestructuras viales. La elección de los ligantes asfálticos desempeña un papel fundamental en la formulación de mezclas asfálticas de alta calidad, los ligantes especiales pueden ser convencionales o alterados con polímeros, otra opción es usar el caucho de neumáticos que alcanzaron el término de su ciclo de vida útil. El potencial que tienen los ligantes BT (Bitumen Terminal) es mejorar las propiedades mecánicas y térmicas de las combinaciones de las MASAI (mezclas asfálticas en caliente con áridos de granulometría), aspirando a contribuir con soluciones avanzadas que optimicen el rendimiento y la durabilidad de los pavimentos. Aunque el uso de caucho reciclado en mezclas son una ventaja medioambiental, las temperaturas de trabajo es ligeramente superior de los betunes habituales por lo tanto las emisiones de CO2 son mayores. En el artículo del autor Pérez Vicente (2023), se realiza una investigación sobre la reducción de temperatura en los betunes con

caucho para obtener una mezcla asfáltica más sostenible (p.15).

En la era contemporánea de la ingeniería de pavimentos, la integración de tecnologías inteligentes se ha convertido en un factor transformador, proporcionando alternativas que van más allá de los métodos constructivos tradicionales. El Smart CE y su aplicación revolucionaria en el sector de mezclas bituminosas no solo optimiza los procesos de producción y evaluación, sino también eleva los estándares de calidad y sostenibilidad en la industria de pavimento. El “Smart CE marking” introduce una nueva dimensión en la evaluación de las mezclas bituminosas, aprovechando la capacidad de las tecnologías inteligentes para recopilar, analizar y utilizar datos en tiempo real. Esta metodología no solo busca la eficiencia en la producción y aplicación de mezclas bituminosas, sino también garantizar un control de calidad más riguroso y adaptativo (Aragón Basabe Aitor, 2021).

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 Vías de Comunicación.

Las infraestructuras viales, comúnmente referidas como carreteras en la ingeniería civil, se componen de estratos compuestos por diversos materiales, tales como asfalto, cemento, concreto y madera. Estos se disponen sobre una superficie de terreno debidamente preparada, y al fraguar, generan un pavimento uniforme, robusto y duradero. Este término también se aplica para describir cualquier base que sirva como suelo para una construcción o una superficie que ya no conserva su estado natural, pudiendo incluir aceras o áreas de estacionamiento (Zerpa, 2023).

Agregados

Agregado o áridos son materiales granulares producto de la fragmentación de rocas (NEVI-12 -MTOP, 2013b).

Asfalto

Material flexible derivado del petróleo, de color negro o pardo oscuro (MOP - 001, 2002).

2.2.2 Pavimentos.

Estructura de una carretera o vía que está concebida para soportar las cargas aplicadas por el tráfico vehicular, compuesta de una o más capas de materiales seleccionados (MOP-DGOP, 2014).

Pavimentos flexibles (Asfálticos)

Pavimentos formados de varias capas, compuesto de materiales más flexibles y elásticos como materiales asfálticos y granulares. Son empleados en diversas aplicaciones de movilidad y transporte, desde calles urbanas hasta carreteras de alta velocidad, posee una duración de vida útil que oscila entre 10 y 20 años (Gavilanes Dávila, 2012).

2.2.3 Estructura del Pavimento.

Capa de rodadura

Esta es la capa superior de la carretera, está sometida a cargas máximas, debe resistir presiones verticales de contacto y condiciones severas como el clima y el tráfico (Gavilanes Dávila, 2012).

Base

Capa que recibe el mayor esfuerzo producido por los vehículos y se encarga de distribuir las cargas aplicadas al resto de las capas (González Morgado, 2018).

Subbase

Estrato encargado de transferir las cargas generadas por los vehículos al suelo y pueden contribuir como auxiliar en la gestión del drenaje de las aguas del subsuelo (Gavilanes Dávila, 2012).

Subrasante

Terreno natural del suelo que sirve como cimiento para soportar la estructura del pavimento (Gavilanes Dávila, 2012).

2.2.4 Ensayos.

Ensayos de CBR

CBR es una abreviatura en inglés que corresponde a “California Bearing Ratio”. Este ensayo se emplea para medir la resistencia al corte del suelos y materiales granulares bajo condiciones específicas (ASTM D 5821, 2015).

Contenido de humedad

Contenido total de agua en un agregado, relacionado directamente con la porosidad de las partículas. Es de vital importancia para garantizar la calidad al producir una mezcla (Ramos Sánchez, 2018).

Curado

Proceso de endurecimiento de varias mezclas asfálticas o hormigones (MOP - 001, 2002).

Ensayo de granulometría

Ensayo de clasificación de materiales con el propósito de emplearlos como áridos en la fabricación de hormigón u otros propósitos. Este ensayo se utiliza para comprender las propiedades físicas y mecánicas con el objetivo determinar la aplicabilidad del agregado (INEN 696, 2011b).

2.2.5 Índice de Condición del Pavimento (PCI).

La valoración de pavimentos implica un análisis detallado del estado de la composición interna como la capa externa del pavimento. El objetivo es identificar la condición actual para tomar medidas apropiadas de cuidado y mantenimiento, con el objetivo de aumentar la duración del pavimento. En este contexto, es crucial

seleccionar y realizar una evaluación que sea imparcial y se adapte al contexto en el que se ubica (Baque Solis B., 2020).

El PCI es una medida numérica que oscila desde cero (0), indicando un pavimento en estado deficiente, hasta llegar a cien (100), representando un pavimento en condiciones ideales (Vázquez Varela, 2002).

2.2.6 El Tránsito.

La planificación de una carretera, así como de sus componentes, debe fundamentarse en información precisas sobre el tráfico, es decir, en la cantidad y tipo de vehículos, así como en los usuarios que actualmente circulan o lo harán en el futuro. El tráfico indica el propósito para el cual se construirá la vía y afecta directamente a las propiedades geométricas del diseño. Realizar la planificación de una vía con insuficiencias de datos sobre el tráfico no es un enfoque racional. La información sobre el tráfico es fundamental para determinar las cargas aplicables al diseño geométrico, así como para la planificación de la estructura pavimentada de la vía (NEVI, 2013).

2.2.7 Volumen del Tránsito.

En el análisis del flujo vehicular, es esencial considerar diversos conceptos, entre los cuales se incluyen:

Tránsito promedio diario

La abreviatura TPDA corresponde al Tránsito Promedio Diario Anual, representando la suma total de vehículos que circulan por una vía a lo largo de un año, dividida por 365 días. Este valor es crucial para evaluar el uso anual de la carretera, sirviendo como sustento económico en el análisis de costos. Además, juega un rol esencial al establecerlas dimensiones apropiadas de los componentes estructurales y funcionales de la vía (NEVI, 2013).

Volumen de la hora pico

Se refiere al volumen de tráfico más elevado que circula por una carretera durante la hora del día en la que se registra la mayor intensidad de movimiento vehicular. Esta información es crucial para el diseño y la planificación del sistema de transporte, ya que ayuda a determinar la capacidad y las necesidades de la infraestructura en momentos de mayor demanda (NEVI, 2013).

Volumen horario de diseño

La representación VHD corresponde al Volumen Horario Diseñado. Este valor se utiliza en el diseño de carreteras para realizar comparaciones con la capacidad de la vía bajo análisis. El Volumen Horario Diseñado representa el flujo de tráfico esperado en una hora específica del día y es fundamental para asegurar que la infraestructura vial sea capaz de manejar la demanda proyectada durante períodos críticos, contribuyendo así a un diseño eficiente y funcional (NEVI, 2013).

Proyección del tránsito

Es esencial diseñar nuevas vías o realizar mejoras en las ya existentes teniendo en cuenta el tráfico proyectado para su uso. Idealmente, el diseño debe acomodar el volumen de tránsito anticipado en el periodo final de vida útil de la carretera, considerando un mantenimiento adecuado. Se supone que el volumen proyectado para cada año supera al del año previo. La estimación del flujo vehicular en el futuro se idéntica como la proyección del tránsito y desempeña un papel fundamental en asegurar que la infraestructura vial sea capaz de manejar la demanda esperada a lo largo de su vida útil (NEVI, 2013).

2.2.8 Servicio Vial.

Capacidad u oferta del sistema vial

Se refiere a la cantidad máxima de vehículos que pueden transitar por un lugar

determinado durante un periodo establecido, considerando las circunstancias predominantes como la infraestructura vial, las condiciones de tráfico y los sistemas de control. Estas condiciones al cambiar influyen en la capacidad del sistema (Verdezoto et al., 2020).

Demanda vehicular

Se define como la demanda vehicular a la cantidad de vehículos que circular por un punto durante un intervalo de tiempo determinado, mientras que la oferta vial indica la capacidad máxima de vehículos que pueden circular en un espacio físico determinado (Verdezoto et al., 2020).

Tasa de flujo vehicular

La frecuencia de circulación hace referencia al número de vehículos que pasan por un punto específico en una hora determinada (Verdezoto et al., 2020).

2.3 Marco Legal

2.3.1 Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

NORMA ECUATORIANA VIAL NEVI-12 VOLUMEN 6 – MTOP.

Sección 6.105 Pavimentos Asfálticos de Operaciones de mantenimiento Vial.

Esta normativa se encarga de las políticas, criterios, procedimientos y metodologías que se deben cumplir en los proyectos viales para asegura un buen estudio de planeación, diseño y evaluación, asegurando la calidad y durabilidad de las vial (NEVI-12 -MTOP, 2013).

2.3.2 Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y

Seguridad Vial.

De acuerdo con el Reglamento de la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial – LOTTTSV, establecido en el artículo 320, toda vía que se construya rehabilite o mantenga debe incluir en los proyectos un estudio técnico de

seguridad y señalización vial temporal. Este estudio debe ser apropiado para el tipo de intervención, la duración de esta y el flujo vehicular. La normativa correspondiente ser emitida por la Agencia Nacional de Transito – ANT y estará bajo la responsabilidad total de la entidad constructora y debidamente autorizada por un auditor vial.

Este proceso se rige por el Título IV De La Infraestructura Vial.

El artículo 102 dictamina que, en los proyectos de carreteras, ya sean nuevas, construidas, rehabilitadas o mantenidas, se requerirá la realización de estudios técnicos que aborden aspectos como el impacto ambiental, la señalización y la seguridad vial. Estos estudios deben ajustarse a las directrices establecidas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas y la Agencia Nacional de Tránsito. En caso de que se incumplan dichos requisitos, el Director Ejecutivo de la ANT procederá a sancionar al contratista conforme a la legislación y el reglamento aplicables.

2.3.3 Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización.

La Norma Técnica Ecuatoriana INEN 696 (INEN 696, 2011) indica las especificaciones que se deben tener en cuenta para llevar a cabo el análisis granulométrico de una muestra y los rangos que debe cumplir un árido para ser empleado en una mezcla asfáltica.

2.3.4 Ley Sistema de Infraestructura Vial Transporte Terrestre.

El artículo 277 de la Constitución de la República señala que el Estado tiene la responsabilidad, en aras del buen vivir, de cumplir con diversos deberes generales, entre ellos: generar bienes, construir y mantener infraestructuras, así como proporcionar servicios públicos. Además, debe promover el desarrollo de las actividades y garantizar su cumplimiento mediante la implementación adecuada de las políticas públicas.

Capítulo V: Conservación De La Infraestructura Del Transporte Terrestre.

El artículo 29 establece la responsabilidad en cuanto a la conservación de la infraestructura del transporte terrestre, señalización y dispositivos de control y seguridad vial. Tanto el gobierno central como los gobiernos autónomos descentralizados en su jurisdicción están obligados a mantener dicha infraestructura bajo su cargo. Las labores y proyectos de mantenimiento pueden ser realizados por un nivel de gobierno diferente al titular, siempre que exista un acuerdo previo suscrito con la autoridad competente.

2.3.5 Ley Orgánica de Transporte Terrestre Tránsito y

Seguridad Vial.

En el artículo 2 de esta Ley se sustenta en principios fundamentales que incluyen el derecho a la vida, la libre circulación y movilidad, la formalización del sector con la lucha contra la corrupción, la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos, la preservación del medio ambiente, la desconcentración y descentralización, la interculturalidad y la inclusión de personas con discapacidad.

En el ámbito del transporte terrestre, tránsito y seguridad vial, se basa en conceptos como la equidad y solidaridad social, el derecho a la movilidad de personas y bienes, el respeto y obediencia a las normas y regulaciones de circulación, la atención a grupos vulnerables, la recuperación del espacio público en favor de peatones y transportes no motorizados, y la creación de áreas urbanas o ciudades amigables.

2.3.6 Especificaciones para la Construcción de Caminos y

Puentes.

Capítulo 400 Estructura del pavimento.

Sección 401 – Superficies de Rodadura.

Normas Técnicas referente a la aplicación de una capa estabilizada compuesta

por grava y arcilla o arena, ajustando la granulometría del agregado para lograr una superficie homogénea y resistente a cargas vehiculares de baja circulación (MOP - 001, 2002).

Sección 402 – Mejoramiento de la Subrasante.

Proceso de estabilización mediante la utilización de cal, materiales pétreos, membranas sintéticas, empalizada o combinación de materiales preseleccionados, debidamente aprobados por el fiscalizador. Este método se implementa con el objetivo de asegurar el cumplimiento de las normativas y especificaciones técnicas establecidas (MOP - 001, 2002).

Sección 403 – Subbases.

Subbase compuesta de agregados triturados que debe cumplir con los estándares de la normativa de acuerdo a las especificaciones de la sección 816, para garantizar la calidad (MOP - 001, 2002).

Sección 404 – Bases.

La construcción de la capa base involucra la utilización agregados triturados en su totalidad, de forma parcial o cribados dependiendo su clase y tipo. De acuerdo en la sección 814, se cumplan y verifiquen todas las demás especificaciones relacionadas con la calidad de los agregados (MOP - 001, 2002).

Sección 405 – Capas de Rodadura.

El suministro y la distribución de material bituminoso implican la aplicación de asfalto diluido de curado medio, o de asfalto emulsificado en la superficie de una base o subbase. La calidad del asfalto debe satisfacer los requisitos establecidos en la subsección 810-3 y la rotura lenta con los requisitos de la subsección 810-4 (MOP - 001, 2002).

Sección 406 – Reparación y Mantenimiento de Pavimentos.

Técnicas específicas para el mantenimiento de pavimento como utilización de Geotextil (sección 406.1), la restauración del pavimento se lleva a cabo mediante varias técnicas, como la aplicación de emulsiones asfálticas en el lugar (sección 406.2), la reutilización de pavimentos se lleva a cabo mediante reciclaje de la mezcla asfáltica en una planta de producción (sección 406.3), la aplicación de una capa de hormigón asfáltico para controlar la reflexión de fisuras (sección 406.4), microaglomerado (sección 406.5), recuperación de pavimentos mediante asfalto expandido en el lugar (sección 406.6, capa delgadas de microaglomerados en caliente (sección 406.7) y fresado de pavimento asfáltico (sección 406.8) (MOP - 001, 2002).

CAPÍTULO III

Marco Metodológico

3.1 Tipo de Investigación

El objetivo principal del proyecto se basa en analizar el estado deficiente de una carretera, identificando sus causas y efectos, proponiendo soluciones para optimizar las condiciones de circulación en esa zona. En este contexto, el proyecto se lleva a cabo mediante un enfoque descriptivo y cuantitativo, involucrando la recopilación de datos tanto numéricos como teóricos.

La investigación se divide en tres fases:

- Trabajo de campo (in situ).
- Trabajo de laboratorio.
- Desarrollo de cálculos.

3.1.1 Trabajo de Campo (In Situ).

Se hace un reconocimiento del sitio mediante una inspección visual para poder identificar las circunstancias que se encuentra la calle 21 tanto en la infraestructura como en la estructura.

Mediante un análisis imparcial y la asignación de una calificación al pavimento aplicando los criterios técnicos del PCI se podrá determinar las cantidades y tipos de fallas existente, lo que nos permitirá conocer el índice de condición en la que se encuentra dicha vía de estudio.

Mediante calicatas (excavaciones al suelo) se podrá identificar el espesor de los estratos, la estructura del pavimento existente, la cual se extrae muestra de cada uno de los estratos hasta llegar a la subrasante (suelo natural), para poder analizar las propiedades físico-mecánicas mediante ensayos de laboratorios.

Mediante un conteo vehicular, podremos definir el volumen que circular por dicha

vía posterior a esto nos permitirá conocer el TPDA.

3.1.2 Trabajo de Laboratorio.

Con la obtención de las muestras extraídas en el sitio, se podrán realizar los respectivos ensayos para conocer en qué condiciones físicas y mecánicas se encuentra la estructura que la conforma y verificar si cumplen con las normas requeridas por las especificaciones técnicas internacionales (ASHTTO 93, ASTM) y nacionales (MTOPI, NEVI 12).

3.1.3 Desarrollo de Cálculos.

Basándonos en los datos obtenidos en el campo y en laboratorio, y aplicando los principios de la ingeniería en carreteras junto con fuentes de investigación de referencia, se realizará una evaluación mediante fórmulas y cálculos. Estos análisis proporcionarán resultados que permitirán comprender la demanda vehicular actual, evaluar las condiciones estructurales del pavimento y realizar un análisis detallado de la capa superficial de la carretera.

3.2 Técnicas e Instrumento de Recolección de Datos

Los métodos e instrumentos empleados para obtener información abarcan:

Evaluación de la transitabilidad vehicular: Se refiere al estado de la superficie de rodadura, clasificándola como óptima, regular o deficiente.

Análisis del tráfico: Incluye observaciones y recuentos de vehículos, permitiendo cuantificar el tráfico promedio diario anual (TPDA) y la carga equivalente al eje estándar (ESAL) para el diseño del pavimento flexible.

Análisis de las propiedades y comportamiento mecánico de los suelos: Mediante los cuales se examinó la estructura del pavimento existente, determinando la sistematización del suelo, índice de plasticidad, CBR, entre otros parámetros relevantes.

Implementación de las técnicas del Método del Índice de Condición del Pavimento (PCI): Posibilita la categorización de las deficiencias identificadas, así como la codificación del estado situacional del pavimento por segmentos.

3.3 Plan de Procesamiento y Análisis

3.3.1 Procesamiento.

Los procedimientos metodológicos empleados para analizar la integridad estructural del pavimento en la zona mencionada involucran una serie de actividades.

Se necesita realizar las siguientes actividades:

- Inspección y exploración del área.
- Tomar datos del área.
- Análisis de las condiciones del pavimento.
- Realización de pruebas en el suelo actualmente en la carretera.
- Evaluación del flujo vehicular actual.

3.3.2 Análisis de Datos.

3.3.2.1 Método del PCI.

El Índice de Condición del Pavimento (PCI) proporciona una descripción cuantitativa y cualitativa del estado del pavimento. Se clasifica en un rango que va desde cero (pavimento deteriorado) hasta cien (pavimento en óptimas condiciones). En la siguiente tabla se detallan los intervalos de calificación del PCI con su respectiva condición (Vázquez Varela, 2002).

Tabla 2: Intervalos de Calificación del PCI.

CALIFICACIÓN DEL PCI	
INTERVALOS	CONDICIÓN
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy Bueno
70 - 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Malo
25 - 10	Muy Malo
10 - 0	Fallado

Fuente: (Vázquez, 2002)

3.3.2.2 Unidad de Muestreo.

Para establecer las unidades de muestreo de la Calle 21, se debe segmentar la vía en áreas que se ajusten según el tipo de vía y la superficie de desplazamiento. La siguiente tabla, destinada a la capa de rodadura asfáltica, se presentan varias correspondencias entre la distancia y amplitud de la vía. Por ejemplo, para un ancho inferior a 7.30 m, cada segmento tendrá $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$ (Vázquez Varela, 2002).

Tabla 3: Longitudes de Unidades de Muestreo

LONGITUDES DE UNIDADES DE MUESTREO ASFÁLTICAS	
ANCHO DE CALZADA (m)	LONGITUD DE LA UNIDAD DE MUESTREO (m)
5.0	46.0
5.5	41.8
6.5	38.3
6.5	35.4
7.3 (Máximo)	31.5

Fuente: (Vázquez, 2002)

Determinación de las Unidades de Muestreo para Evaluación.

Al evaluar un sistema de carreteras, es común tener muchos elementos de muestra por consecuente la inspección demandaría un uso significativo de tiempo y recursos. En estos casos, se usa un número mínimo de muestra a evaluar.

Hay caso donde se inspecciona la totalidad de las unidades y existen situaciones donde esto no sea factible. Con el fin de determinar la cantidad mínima de muestreo

que se deben inspeccionar para esto se aplica la ecuación que cuenta con un margen de error de ± 5 con respecto al promedio real del PCI (Vázquez Varela, 2002).

Ecuación 1: Número Mínimo de Unidades de Muestreo a Evaluar.

$$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N - 1) + \sigma^2}$$

Donde:

n= Número de unidades. (mínimo)

N= Número de unidades. (total)

e= Margen de error del 5%

σ = Desviación estándar

Selección de las Unidades de Muestreo para Inspección.

Alternativa 1

Se aconseja que las unidades seleccionadas estén distribuidas de manera uniforme a través de la vía de estudio, la primera sección es escogida al azar, utilizando el intervalo de muestreo (i) expresado a través de la siguiente ecuación.

Ecuación 2: Unidades de Muestreo Disponible.

$$i = \frac{N}{n}$$

Donde:

N= Número de unidades (total)

n= Número de unidades (mínimo)

i= Intervalo de muestreo (redondeo al entero inferior)

Alternativa 2

La selección aleatoria del punto de inicio se realiza dependiendo (i), por ejemplo si $i = 5$, la unidad inicial de manera aleatoria puede ser cualquier valor entre 1 y 5 (Vázquez Varela, 2002).

Esquema de la Elección de Unidades de Muestreo para Exploración.

Tabla 4: Formato para Evaluación del Pavimento Flexible.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO							
PCI: CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA							
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTRO					ESQUEMA		
ZONA La Libertad	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTRO					
CÓDIGO VÍA Calle 21	ABSCISA FINAL	ÁREA MUESTRO (m ²)					
INSPECCIONADA POR Joel González del Valle - Sara Montiel Cedeño		FECHA					
No.	DAÑO	m ²	No.	DAÑO	m ²		
1	Piel de cocodrilo.	m ²	11	Parqueo.	m ²		
2	Exudación.	m ²	12	Pulimiento de agregados.	m ²		
3	Agrietamiento en bloque.	m ²	13	Huecos.	Nº		
4	Abultamiento y Hundimiento	m	14	Cruce de vía férrea.	m ²		
5	Corrugación.	m ²	15	Ahuellamiento.	m ²		
6	Depresión.	m ²	16	Desplazamiento.	m ²		
7	Grieta de Borde.	m	17	Grieta Parabólica (slippage)	m ²		
8	Grieta de reflexión de junta.	m	18	Hinchamiento.	m ²		
9	Desnivel carril / berma.	m	19	Desprendimiento de agregados.	m ²		
10	Grietas longitudinal y transversal.	m					
Daño	Severidad	Cantidades parciales			Total	Densidad (%)	Valor deducido

Fuente: (Vázquez, 2002)

Cálculo del PCI de las Unidades de Muestreo.

Después de la recolección de datos en el sitio, la información recopilada sobre cada una de las fallas de cada sección que se utilizan en el cálculo del PCI. Para sacar el porcentaje de esta, se usan Valores Deducidos (VD) dependiente de la clase y severidad de la falla (Vázquez Varela, 2002).

Para el cálculo de los Valores Deducidos se utilizan ábacos de acuerdo con la clase de falla encontrada.

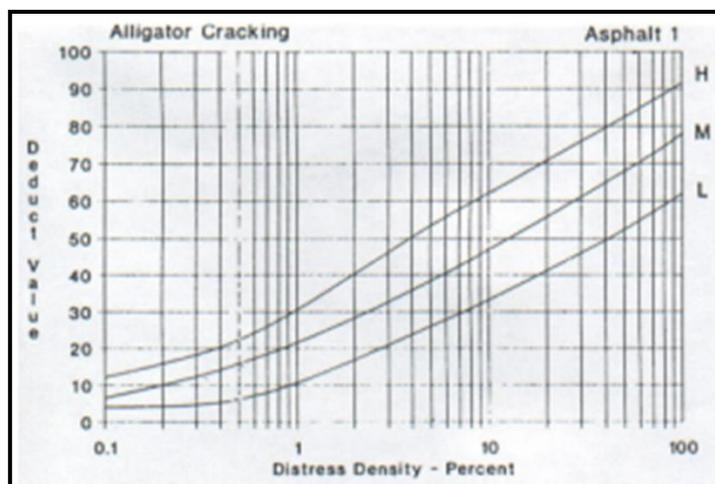


Ilustración 7: Valor Deducido Daño Piel de Cocodrilo.
Fuente: (Vázquez, 2002)

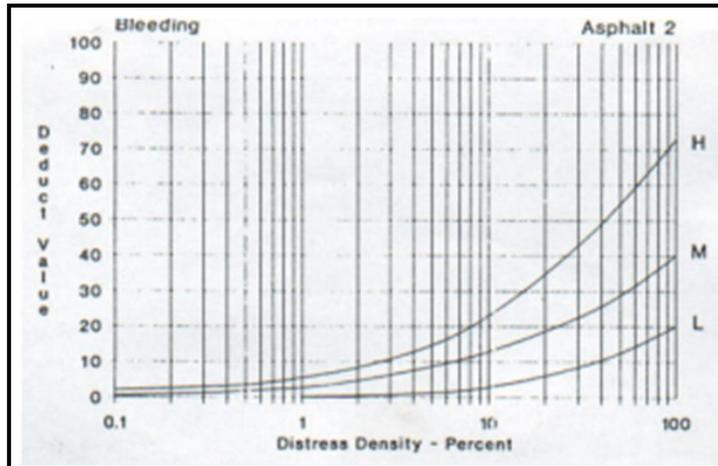


Ilustración 8: Valor Deducido Daño de Exudación.
Fuente: (Vázquez, 2002)

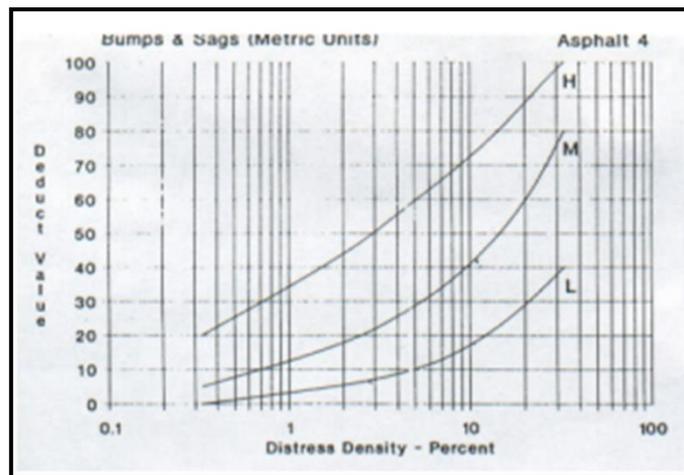


Ilustración 9: Valor Deducido Daño de Abultamiento y Hundimiento.
Fuente: (Vázquez, 2002)

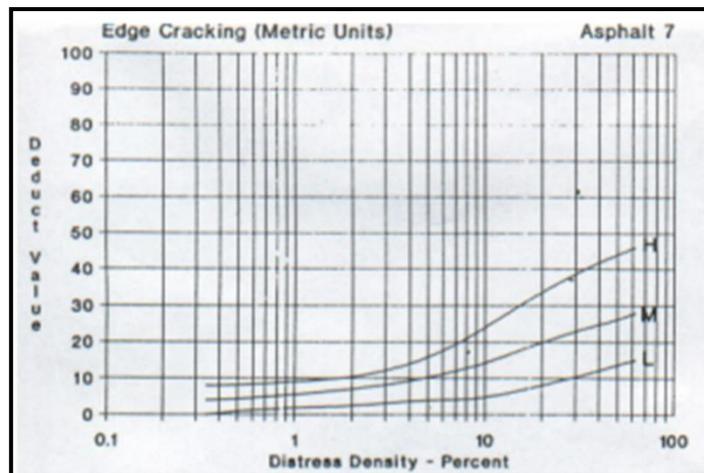


Ilustración 10: Valor Deducido Daño de Grieto de Borde.
Fuente: (Vázquez, 2002)

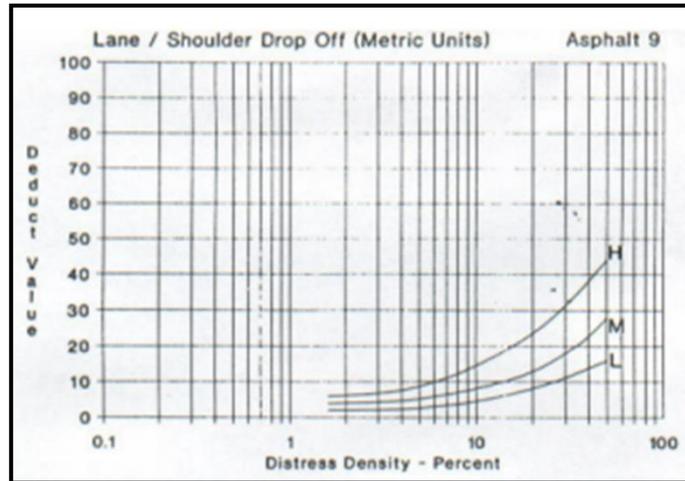


Ilustración 11: Valor Deducido Daño Desnivel Carril / B.
Fuente: (Vázquez, 2002)

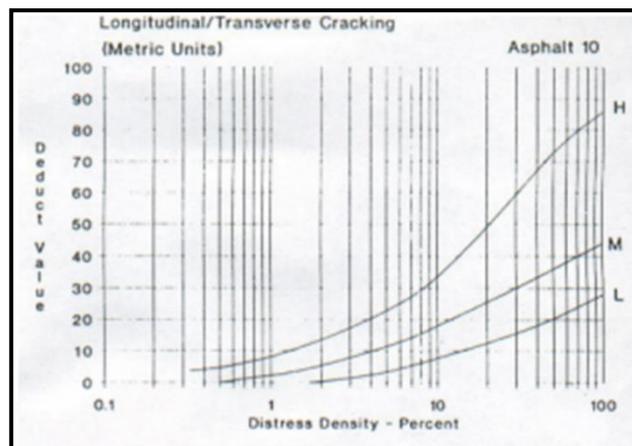


Ilustración 12: Valor Deducido Daño Grietas Longitudinal y Transversal.
Fuente: (Vázquez, 2002)

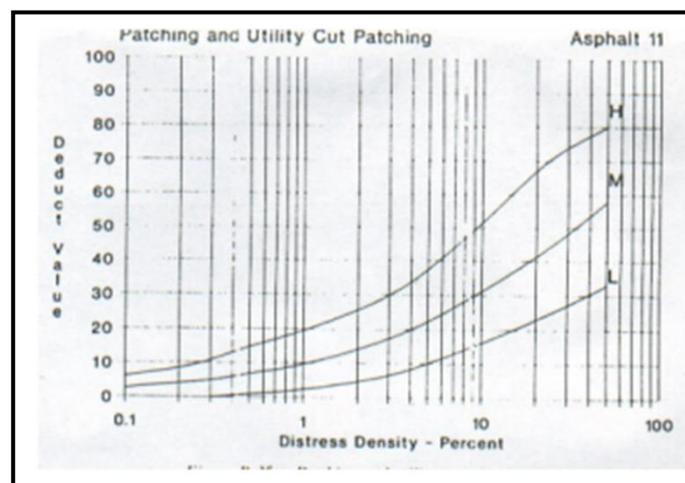


Ilustración 13: Valor Deducido Daño de Parcheo.
Fuente: (Vázquez, 2002)

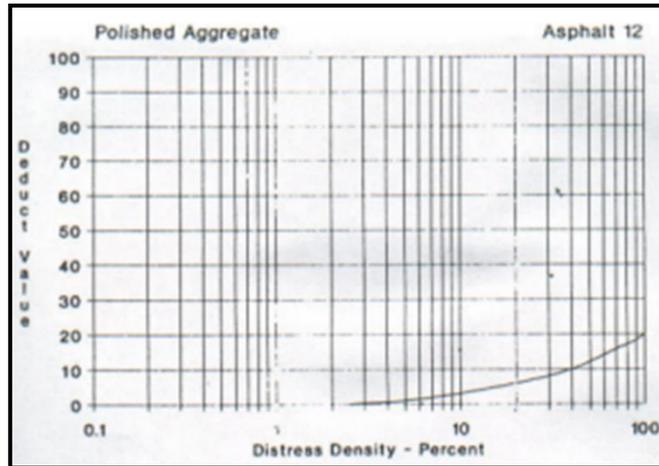


Ilustración 14: Valor Deducido Daño Pulimiento de Agregados.
Fuente: (Vázquez, 2002)

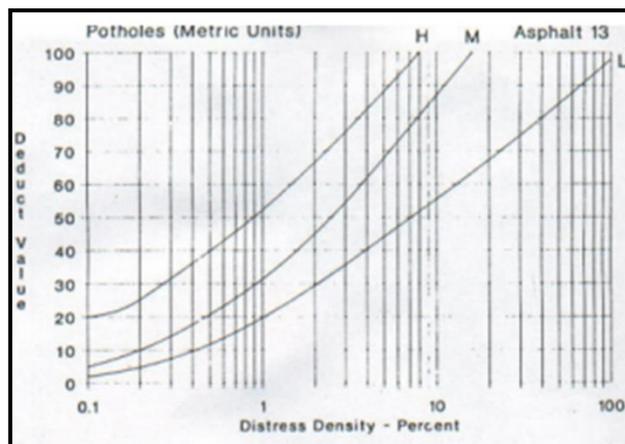


Ilustración 15: Valor Deducido Daño de Huecos.
Fuente: (Vázquez, 2002)

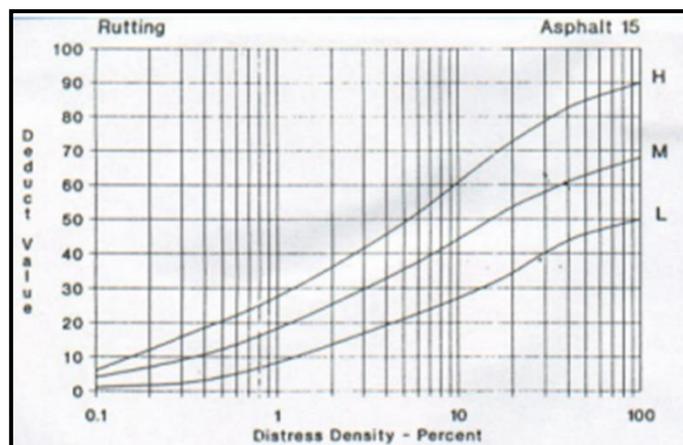


Ilustración 16: Valor Deducido Daño de Ahuellamiento.
Fuente: (Vázquez, 2002)

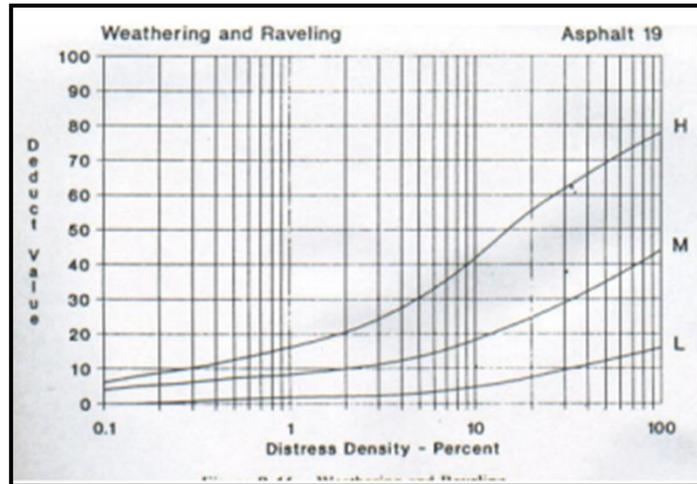


Ilustración 17: Valor Deducido Daño Desprendimiento de Agregado.
Fuente: (Vázquez, 2002)

Cuando se tiene el valor deducido de cada daño los ordenamos de mayor a menor para encontrar el máximo valor deducido corregido (Max VDC). Para Max VCD se debe encontrar cual es el número máximo de VD (m), que se obtiene con la siguiente formula:

Ecuación 3: Número Máximo Admisible de Valores Deducidos.

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i)$$

Donde:

HDV_i= Número más elevado del valor deducido.

Dependiendo del resultado, se reduce el número de VD (Vázquez Varela, 2002).

Para obtener el Máx. VCD se usa los gráficos de la curva de corrección pertinente y el máximo VCD es el que se usara en el proceso para sacar el porcentaje del PCI, que se calcula de la diferencia entre 100 y el Max VCD obtenido anteriormente.

Ecuación 4: PCI

$$PCI = 100 - MAX VCD$$

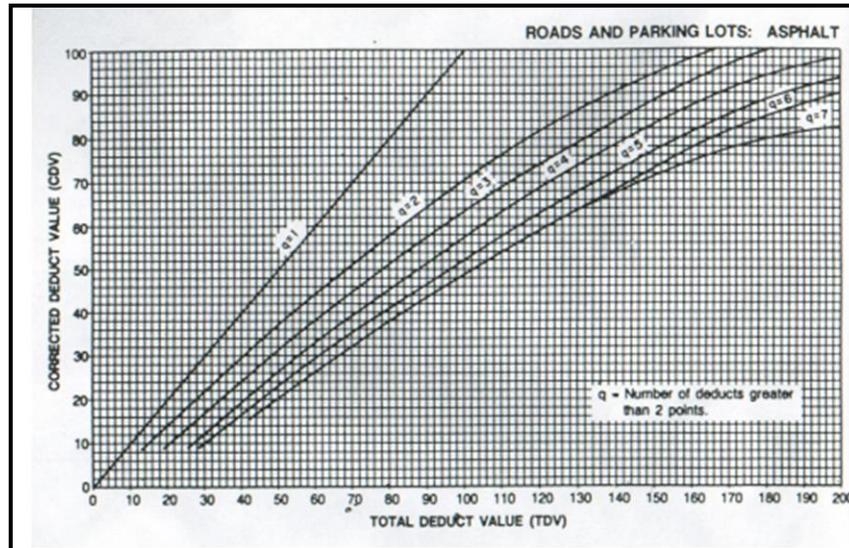


Ilustración 18: Curva de Corrección Pertinente al Tipo de Pavimento.

Fuente: (Vázquez, 2002)

3.3.3 Tipos de Fallas.

Visualización del nivel de severidad de las deficiencias en la capa de rodadura actual, categorizadas según su tipo.

Piel de cocodrilo

Son fisuras por fatiga, su aspecto es de grietas entrelazadas se debe a la carga repetida del tráfico (Vázquez Varela, 2002).

Nivel de severidad.

Nivel bajo: Se observan fisuras pequeñas, capilares y grietas en sentido longitudinal, paralelas y con escasa o nula interconexión. No hay desprendimiento de agregados a los lados de las grietas.

Nivel medio: Avance de las fisuras, se empieza a formar una red con ligero desprendimiento del material.

Nivel alto: Configuración avanzada de una red de grietas con fragmentos claramente definidos y bordes con desprendimiento significativo. En este nivel, algunos fragmentos pueden desplazarse bajo el tráfico.



Ilustración 19: Piel de Cocodrilo Falla Encontrada en la Calle 21.
Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

Ahuellamiento

Se evidencia la elevación del pavimento por las depresiones en las marcas huellas de las ruedas, es especialmente visible después de la lluvia. Originado por la carga del tráfico, esta deformación permanente resulta del desplazamiento adyacente de materiales sueltos en las capas del pavimento o subrasante (Vázquez Varela, 2002).

Nivel de severidad.

Profundidad media del ahuellamiento:

Nivel bajo: comprendida en un rango de 6.0 a 13.0 mm.

Nivel medio: comprendida en un rango de >13.0 mm a 25.0 mm.

Nivel alto: comprendida en un rango > 25.0 mm.



Ilustración 20: Exudación Falla Encontrada en la Calle 21.
Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

Abultamientos y hundimientos

Es la mezcla de pequeñas elevaciones (Abultamientos) y descensos bruscos (Hundimientos) localizadas en la carpeta asfáltica. (Vázquez Varela, 2002).

Nivel de severidad.

Nivel bajo: Genera una intensidad de tráfico de escasa gravedad.

Nivel medio: Resulta en una intensidad de tráfico de media gravedad.

Nivel alto: Conduce a una intensidad de tráfico de alta gravedad.



Ilustración 21: Abultamiento Hundimiento Falla Encontrada en la Calle 21.
Elaborar por: Joel González y Sara Montiel

Grieta de borde

Esta falla particularmente se intensifica con las cargas de los vehículos, se puede originar por la disminución de la resistencia de la estructura del pavimento (base o subrasante) en las proximidades del borde de la vía, a menudo influenciando por factores climáticas (Vázquez Varela, 2002).

Nivel de severidad.

Nivel bajo: Se visualiza agrietamiento sin ruptura ni desprendimiento significativo.

Nivel medio: Se presentan fisuras de tamaño medio con cierta fragmentación y desprendimiento.

Nivel alto: Se evidencia una considerable fragmentación o desprendimiento a lo largo del borde.



Ilustración 22: Grieta de Borde Falla Encontrada en la Calle 21.
Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

Grietas longitudinales

Son grietas alineada en dirección al eje del pavimento o a la dirección de construcción (Vázquez Varela, 2002).

Las condiciones de nivel bajo de grietas son:

- Fisuras no selladas con una apertura inferior a 10.0 mm.

- Fisuras selladas sin importar el ancho con un material de relleno en condiciones satisfactorias.

Las condiciones de nivel medio de grietas son:

- Fisuras no selladas con una apertura entre 10.0 mm y 76.0 mm.
- Fisuras no selladas de cualquier apertura hasta 76.0 mm, con fisuras aleatorias mínimas alrededor.
- Fisuras selladas sin importar el ancho, rodeadas de fisuras aleatorias mínimas.

Las condiciones de nivel alto de grietas son:

- Toda fisura, ya sea sellada o no, con de grietas aleatorias pequeñas alrededor de severidad media o alta.
- Fisuras no selladas con más de 76.0 mm de apertura.
- Toda fisura con varias pulgadas del pavimento alrededor severamente fracturadas.



Ilustración 23: Grieta Longitudinal Falla Encontrada en la Calle 21.
Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

Parqueo

Un parche se define como una sección de la superficie de la calle pavimento que ha sido reemplazado con nuevo material para corregir el pavimento anterior (Vázquez Varela, 2002).

Nivel de severidad

Nivel bajo: La zona del parche se encuentra en condiciones óptimas y satisfactorias, con una intensidad de tráfico de mínima gravedad.

Nivel medio: La zona del parche muestra un deterioro moderado, o la intensidad del tránsito es de gravedad media.

Nivel alto: La zona del parche está muy desgastada, o la intensidad del tránsito es de alta gravedad, requiriendo un remplazo de inmediato.



Ilustración 24: Parcheo Falla Encontrada en la Calle 21.
Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

Huecos

El aumento de los huecos se ve acelerado por la acumulación de agua en su interior. Estos se generan cuando el tráfico desprende pequeñas porciones de la superficie del pavimento.(Vázquez Varela, 2002)

Nivel de severidad

Nivel bajo: profundidad menor que 25mm

Nivel medio: profundidad entre 25 mm y 50 mm

Nivel alto: profundidad mayor que 50 mm



Ilustración 25: Huecos Falla Encontrada en la Calle 21.
Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

3.4 Mediciones de Flujo

Recopilación y análisis de datos del flujo vehicular para el presente estudio mediante el TPDA, esta medida es fundamental en el estudio de deterioro de pavimento porque indica las cargas repetitivas del flujo vehicular a la que está expuesta la calle 21, lo cual permite una planificación adecuada con el propósito de conservar y mejorar la estructura (NEVI-12 -MTO, 2013).

3.4.1 Estudio del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA).

El valor que se considera para analizar el volumen del tráfico promedio anual es la media de los flujos vehiculares diarios a lo largo de un año, en el actual estudio se realizó estimaciones aproximadas para el TPDA, mediante el conteo vehicular durante 7 días, por 12 horas diarias.

3.4.1.1 Contabilización Manual.

Realización de la contabilización manual de vehículos con dos contadores de tráfico, uno de los contadores registró los vehículos de Norte a Sur y el otro vehículo del Sur a Norte. Ambos contadores de tráfico estaban ubicados en un punto estratégico para registrar el total de vehículos que transitan por el segmento vial correspondiente a la calle 21.

La precisión del método de contabilización manual tendrá un pequeño margen de error que puede variar dependiendo la habilidad y experiencia de los contadores.

3.4.1.2 Composición del Tráfico.

Tabla 5: Formato para el Conteo Vehicular.

CONTEO DE TRAFICO														
CONTIENE: Estudio de Trafico.- Levantamientos de Conteos Volumétricos y Clasificación vehicular														
DIRECCION:				DIA CONTEO:				FECHA: 01 de Febrero 2020						
HORA	LIVIANOS			BUSES		CAMIONES								TOTAL
	MOTO	AUTOMOVIL	CAMIONETA	BUSETA	BUS	C2P	C2G	C3	C2-S1	C2-S2	C3-S1	C3-S2	C3-S3	
06:00 a 07:00														0
07:00 a 08:00														0
08:00 a 09:00														0
09:00 a 10:00														0
10:00 a 11:00														0
11:00 a 12:00														0
12:00 a 13:00														0
13:00 a 14:00														0
14:00 a 15:00														0
15:00 a 16:00														0
16:00 a 17:00														0
17:00 a 18:00														0
Suman	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

Motos: Considerar vehículo liviano. (En el presente estudio se utilizará un factor de conversión donde representará la cantidad de motos en automóviles.)

Automóvil: Vehículos ligeros.

Camioneta: Vehículo de carga con una capacidad menor a un camión.

Buseta: Vehículo de tamaño mediano que transporta pasajeros.

Bus: Transporte público.

C2P: Camión de 2 ejes pequeño, con capacidad de carga hasta 3500 kg.

C2G: Camión de 2 ejes pequeño, con capacidad de carga mayor 3500 kg.

C3: Camión de 3 ejes.

C2-S1: Camión de 2 ejes con semirremolque de 1 eje.

C2-S2: Camión de 2 ejes con semirremolque de 2 ejes.

C3-S1: Camión de 3 ejes con semirremolque de 1 eje.

C3-S2: Camión de 3 ejes con semirremolque de 2 ejes.

C3-S3: Camión de 3 ejes con semirremolque de 3 ejes.

3.4.1.3 Tráfico Promedio Diario Semanal (TPDS).

Se refiere al volumen medio de vehículos que transitan por una calle determinada durante una semana. Este indicador es crucial para evaluar la capacidad y el rendimiento de la infraestructura vial, proporcionando información esencial para el diseño, mantenimiento y planificación del tráfico.

El TPDS, se obtiene aplicando la siguiente ecuación:

Ecuación 5: Tráfico Promedio Diario Semanal

$$TPDS = \frac{5}{7} * \Sigma \frac{D_n}{m} + \frac{2}{7} * \Sigma \frac{D_e}{m}$$

Donde:

D_n = Días normales (lunes a viernes).

D_e =Días especiales (sábado y domingo).

m =Cantidad de días que se realizó la contabilización manual.

3.4.1.4 Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA).

En los análisis de los volúmenes de tráfico, la estimación de la media poblacional o tránsito promedio diario anual (TPDA) se realiza a través de la media muestral o tránsito promedio diario semanal (TPDS) (Cal y Mayor & Cárdenas Grisales, 2018).Aplicando la siguiente expresión:

Ecuación 6: Tráfico Promedio Diario Anual

$$TPDA = TPDS + A$$

Donde:

TPDS= Tráfico promedio diario semanal.

A= Máxima diferencia entre el TPDA y el TPDS.

El intervalo de confianza que abarca el TPDA se determina mediante el valor de A, específico para un nivel de confiabilidad predefinido (Cal y Mayor & Cárdenas Grisales, 2018).

Ecuación 7: Máxima Diferencia entre el TPDA Y TPDS

$$A = K * E$$

Donde:

K= Desviación estándar dependiendo del nivel de confiabilidad indicado.

E= Error estándar de la media.

Desde una perspectiva estadística, se ha comprobado que las medias de diversas muestras extraídas de la misma población siguen una distribución normal centrada en la media poblacional, con una desviación estándar equivalente al error estándar (Cal y Mayor & Cárdenas Grisales, 2018).

Para calcular el valor estimado de la desviación estándar poblacional, se aplica la siguiente fórmula.

$$E = \sigma$$

Ecuación 8: Desviación Estándar Poblacional

$$\sigma = \frac{S}{\sqrt{n}} * \left(\sqrt{\frac{N - n}{N - 1}} \right)$$

Donde:

S= Desviación estándar muestral.

n= Número de días del aforo.

N= Número de días del año.

Desviación estándar muestral, se aplica la siguiente formula:

Ecuación 9: Desviación Estándar Muestral

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (TD - TPDS)^2}{n - 1}}$$

Donde:

TD= Volumen de tránsito del día.

3.4.1.5 Tráfico a Futuro (TF).

Se determinan considerando el tránsito actual y el incremento anticipado del tránsito al término del periodo del proyecto. (Cal y Mayor & Cárdenas Grisales, 2018)

Este enfoque implica proyectar la evolución del volumen de tráfico teniendo en cuenta el crecimiento esperado y las condiciones al final del periodo objetivo, siendo esencial para el diseño y la planificación eficaz de la infraestructura vial.

El TF se lo calcula según la siguiente expresión:

Ecuación 10: Tráfico a Futuro.

$$T_f = T_{asig} * (1 + i)^n$$

Donde:

T_f = Tráfico a futuro.

T_{asig}=Tráfico asignado.

n= Periodo de proyección (expresada en años).

3.4.1.6 Tránsito Asignado.

Este proceso se realiza para determinar la carga de tráfico asignada a un proyecto, considerando las características y proyecciones de generación de tráfico en función del desarrollo planificado.

El T_{asig} se lo calcula según la siguiente expresión:

Ecuación 11: Tránsito Asignado.

$$T_{asig} = TPDA_{existente} + T_g + T_d$$

Donde:

TPDA= Tráfico promedio diario anual.

T_g= Tráfico generado.

T_d= Tráfico desarrollado.

3.4.1.7 Tránsito Generado.

El surgimiento de nuevos viajes y la transformación de los anteriores debido a factores socioeconómicos, estimando un aumento del tráfico en función de proyecciones y tasas de crecimiento.

Se asignan tasas de incremento al tráfico generado, generalmente entre el 5% y el 25% del tráfico actual, con un lapso de creación de uno o dos años tras de la inauguración de la vía para uso público (Cal y Mayor & Cárdenas Grisales, 2018).

El T_g se lo calcula según la siguiente expresión:

Ecuación 12: Tránsito Generado.

$$T_g = 25\% * TPDA$$

3.4.1.8 Tránsito Desarrollado.

El tráfico desarrollado implica un aumento en el flujo vehicular debido a mejoras en las condiciones del terreno cercano a la carretera.

En carreteras diseñadas bajo estándares elevados, la experiencia indica que el suelo adyacente presenta una velocidad superior para desarrollar a lo usual. Esto conduce a la generación de tránsito adicional, conocido como tránsito desarrollado, con resultados del aproximados al 5% del tránsito actual (Cal y Mayor & Cárdenas Grisales, 2018).

Ecuación 13: Tránsito Desarrollado.

$$T_d = 5\% * TPDA$$

3.5 Tipos de Cargas

Tabla 6: Pesos y Dimensiones Naciones Parte 1

CUADRO DEMOSTRATIVO DE TIPO DE VEHÍCULOS MOTORIZADOS REMOLQUES Y SEMIREMOLQUES						
TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				largo	Ancho	Alto
2 D			7	5,00	2,60	3,00
2DA			10	7,50	2,60	3,50
2DB			18	12,20	2,60	4,10
3-A			27	12,20	2,60	4,10
4-C			31	12,20	2,60	4,10
4-O			32	12,20	2,60	4,10
V2DB			18	12,20	2,60	4,10
V3A			27	12,20	2,60	4,10
VZS			27	12,20	2,60	4,10
T2			18	8,50	2,60	4,10
T3			27	8,50	2,60	4,10
S3			24	13,00	3,00	4,30
S2			20	13,00	3,00	4,30
S1			11	13,00	3,00	4,30
R2			22	10,00	3,00	4,30
R3			31	10,00	3,00	4,30
B1			11	10,00	3,00	4,30
B2			20	10,00	3,00	4,30
B3			24	10,00	3,00	4,30

Fuente: (NEVI 12, 2013)

Tabla 7: Pesos y Dimensiones Naciones Parte 2.

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO BRUTO VEHICULAR MÁXIMO PERMITIDO (tone/idas)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (m metros)		
				Largo	Ancho	Alto
2S1			29	20,50	2,60	4,30
2S2			38	20,50	2,60	4,30
2S3			42	20,50	2,60	4,30
3S1			38	20,50	2,60	4,30
3S2			47	20,50	2,60	4,30
3S3			48	20,50	2,60	4,30
2R2			40	20,50	2,60	4,30
2R3			48	20,50	2,60	4,30
3R2			48	20,50	2,60	4,30
3R3			48	20,50	2,60	4,30
2B1			29	20,50	2,60	4,30
2B2			38	20,50	2,60	4,30
2B3			42	20,50	2,60	4,30
3B1			38	20,50	2,60	4,30
3B2			47	20,50	2,60	4,30
3B3			48	>20,50	3,00	4,30

Fuente: (NEVI 12, 2013)

3.6 Clasificación de la Carretera MTOP

Tabla 8: Clasificación de Dos Carriles y Caminos Vecinales.

NORMAS	CLASE I 3 000 - 8 000 TPDA ⁽¹⁾		CLASE II 1 000 - 3 000 TPDA ⁽¹⁾					CLASE III 300 - 1 000 TPDA ⁽¹⁾					CLASE IV 100 - 300 TPDA ⁽¹⁾					CLASE V MENOS DE 100 TPDA ⁽¹⁾												
	RECOMENDABLE		ABSOLUTA		RECOMENDABLE		ABSOLUTA			RECOMENDABLE		ABSOLUTA			RECOMENDABLE		ABSOLUTA			RECOMENDABLE		ABSOLUTA								
	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M						
Velocidad de diseño (K.P.H.)	110	100	80	100	80	60	100	90	70	90	80	50	90	80	60	80	60	50	60	35	25 ⁽²⁾	60	50	40	50	35	25 ⁽²⁾			
Radio mínimo de curvas horizontales (m)	430	350	210	350	210	110	350	275	160	275	210	75	275	210	110	210	110	42	210	110	75	110	30	20	110	75	42	75	30	20 ⁽³⁾
Distancia de visibilidad para parada (m)	180	160	110	160	110	70	160	135	90	135	110	55	135	110	70	110	70	40	110	70	55	70	35	25	70	55	40	55	35	25
Distancia de visibilidad para rebasamiento (m)	830	690	565	690	565	415	690	640	490	640	565	345	640	565	415	565	415	270	480	290	210	290	150	110	290	210	150	210	150	110
Peralte	MÁXIMO = 10%															10% (Para V > 50 K.P.H.)					8% (Para V < 50 K.P.H.)									
Coefficiente "K" para: ⁽²⁾																														
Curvas verticales convexas (m)	80	60	28	60	28	12	60	43	19	43	28	7	43	28	12	28	12	4	28	12	7	12	3	2	12	7	4	7	3	2
Curvas verticales cóncavas (m)	43	38	24	38	24	13	38	31	19	31	24	10	31	24	13	24	13	6	24	13	10	13	5	3	13	10	6	10	5	3
Gradiente longitudinal ⁽³⁾ máxima (%)	3	4	6	3	5	7	3	4	7	4	6	8	4	6	7	6	7	9	5	6	8	6	8	12	5	6	8	6	8	14
Gradiente longitudinal ⁽⁴⁾ mínima (%)	0,5%																													
Ancho de pavimento (m)	7,3		7,3		7,0		6,70		6,70		6,00		6,00		6,00		6,00		6,00		6,00		6,00		4,00 ⁽⁵⁾		4,00 ⁽⁵⁾		4,00 ⁽⁵⁾	
Clase de pavimento	Carpeta Asfáltica y Hormigón						Carpeta Asfáltica					Carpeta Asfáltica o D.T.S.B.					D.T.S.B. Capa Granular o Empedrado					Capa Granular o Empedrado								
Ancho de espaldones ⁽³⁾ estables (m)	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	2,0	1,5	1,0	1,5	1,0	0,5	0,60	(C.V. Tipo 6 y 7)					---					
Gradiente transversal para pavimento (%)	2,0						2,0					2,0					2,5 (C.V. Tipo 6 y 7) 4,0 (C.V. Tipo 5 y 5E)					4,0								
Gradiente transversal para espaldones (%)	2,0 ⁽⁶⁾ - 4,0						2,0 - 4,0					2,0 - 4,0					4,0 (C.V. Tipo 5 y 5E)					---								
Curva de transición	USENSE ESPIRALES CUANDO SEA NECESARIO																													
	HS - 20 - 44; HS - MOP; HS - 25																													
Puentes	SERA LA DIMENSION DE LA CALZADA DE LA VIA INCLUIDOS LOS ESPALDONES																													
	0,50 m mínimo a cada lado																													
	Según el Art. 3º de la Ley de Caminos y el Art. 4º del Reglamento aplicativo de dicha Ley																													
	LL = TERRENO PLANO O = TERRENO ONDULADO M = TERRENO MONTAÑOSO																													

1) El TPDA indicado es el volumen promedio anual de tráfico diario proyectado a 15 - 20 años, cuando se proyecta un TPDA en exceso de 7 000 en 10 años debe investigarse la necesidad de construir una autopista. (Las normas para esta serán parecidas a las de la Clase I, con velocidad de diseño de 10 K.P.H. más para clase de terreno - Ver secciones transversales típicas para más detalles. Para el diseño definitivo debe considerarse el número de vehículos equivalentes.

2) Longitud de las curvas verticales: $L = KA$, en donde K = coeficiente respectivo y A = diferencia algebraica de gradientes, expresado en tanto por ciento. Longitud mínima de curvas verticales: $L_{min} = 0,60 V$, en donde V es la velocidad de diseño expresada en kilómetros por hora.

3) En longitudes cortas menores a 500 m, se puede aumentar el gradiente en 1% en terrenos ondulados y 2% en terrenos montañosos, solamente para las carreteras de Clase I, II y III. Para Caminos Vecinales (Clase IV) se puede aumentar el gradiente en 1% en terrenos ondulados y 3% en terrenos montañosos, para longitudes menores a 750 m.

4) Se puede adoptar una gradiente longitudinal de 0% en rellenos de 1 m. a 6 m. de altura, previo análisis y justificación.

5) Espaldón pavimentado con el mismo material de la capa de rodadura de la vía. (Ver Secciones Típicas en Normas). Se ensanchará la calzada 0,50 m más cuando se prevé la instalación de guarda caminos.

6) Cuando el espaldón está pavimentado con el mismo material de la capa de rodadura de la vía.

7) En los casos en los que haya bastante tráfico de peatones, usense dos aceras completas de 1,20 m de ancho.

8) Para tramos largos con este ancho, debe ensancharse la calzada a intervalos para proveer refugios de encuentro vehicular.

9) Para los caminos Clase IV y V, se podrá utilizar $V_0 = 20$ Km/h y $R = 15$ m siempre y cuando se trate de aprovechar infraestructuras existentes y relieve difícil (escarpado).

NOTA: Las Normas anotadas "Recomendables" se emplearán cuando el TPDA es cerca al límite superior de las clases respectivas o cuando se puede implementar sin incurrir en costos de construcción. Se puede variar algo de las Normas Absolutas para una determinada clase, cuando se considere necesario el mejorar una carretera existente siguiendo generalmente el trazado actual.

Fuente: (MTOP, 2002)

3.6.1 Conversión del Tránsito a ESALs de Diseño.

Considerando la diferencia, se realiza la conversión del tránsito a un término de número ESALs, que corresponde a los ejes equivalentes tipo W18 haciendo referencia a la carga de 18 kips, que causaran un impacto equivalente al daño de toda la composición del tránsito.

3.6.2 Factor de Equivalencia de Carga.

La conversión se realiza mediante factores de cargas equivalentes con siglas en inglés, "LEF" o también escrita con la nomenclatura "FC" haciendo menciones al mismo factor de carga equivalente correspondiente a cada eje, como lo menciona la AASHTO.

Se utilizará la ecuación de la cuarta potencia adaptada según la metodología de la

AASHTO. La ecuación que se emplea para el factor de equivalencia de carga será la siguiente:

Ecuación 14: Factor de Equivalencia de Carga.

$$FC = \frac{1}{\frac{W_x}{W_{18}}}$$

Para esto, se desglosará los siguientes términos para poder encontrar el siguiente Factor.

Ecuación 15: Relación Cargas Actuales y Cargas de 18 Kips por Eje.

$$\frac{W_x}{W_{18}} = \left[\frac{L_{18} + L_{2S}}{L_x + L_{2X}} \right]^{4.79} * \left[\frac{10^{\frac{G}{\beta_x}}}{10^{\frac{G}{\beta_{18}}}} \right] * [L_{2X}]^{4.33}$$

Donde:

L_x = Peso del eje x (simple, tándem y trídem) en Kips.

L_{2X} = Código del tipo de eje x (simple 1, tándem 2 y trídem 3 respetivamente).

L_{2S} = Código del eje estándar, siempre es 1.

G = Función del logaritmo de la relación de pérdida de serviciabilidad.

β_x, β_{18} = Función de diseño con respecto a las variables de carga.

Para el cálculo de G para el periodo de diseño entre la pérdida potencia de Serviciabilidad de 1.5, se aplicará la siguiente ecuación:

Ecuación 16: Relación de Pérdida de Serviciabilidad.

$$G = \text{Log}_{10} \left[\frac{4.2 - P_t}{4.2 - 1.5} \right]$$

Donde:

P_t = Índice de serviciabilidad final.

Para el cálculo de β_x se aplicará la siguiente ecuación:

Ecuación 17: Función de Diseño Según el Tipo X de Carga.

$$\beta_x = 0.4 + 0.081 * \frac{[L_x + L_{2X}]^{3.23}}{[SN + 1]^{5.19} * [L_{2X}]^{3.23}}$$

Para el cálculo de β_{18} , se aplicará la siguiente ecuación:

Ecuación 18: Función de Diseño para Una Carga de 18 Kips.

$$\beta_{18} = 0.4 + 0.081 * \frac{[L_{18} + L_{2S}]^{3.23}}{[SN + 1]^{5.19} * [L_{2S}]^{3.23}}$$

Donde:

SN= Numero estructural del pavimento asfaltico en (pulg).

3.6.3 Factor Camión (Fc).

Este factor tiene en cuenta la frecuencia y magnitud de las cargas de los camiones, así como la habilidad del pavimento para resistir y distribuir efectivamente dichas cargas. Para obtener el Fc se debe clasificar por clases de vehículo, dependiendo si es un vehículo liviano, bus o camiones y la sumatoria de los ejes de equivalencia de cargas se le designa como factor camión.

3.6.4 Factor de Crecimiento del Tráfico.

Es el factor que considera la tasa de crecimiento vehicular mediante su composición de vehículos livianos, bus y pesados. La AASHTO sugiere que para calcular el factor de crecimiento para el tráfico a lo largo de todo el periodo de diseño mediante el uso de la siguiente formula:

Ecuación 19: Factor de Crecimiento del Tráfico.

$$GF = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Donde:

r= Tasa de crecimiento vehicular.

n= Periodos de diseños en años.

3.6.5 Factor de Distribución por Carril.

La determinación se basa en la cantidad de carriles presentes en la calzada.

Tabla 9: Factor de Distribución por Carril.

N° DE CARRILES EN AMBAS DIRECCIONES	% EJES SIMPLES EQUIVALENTES DE 18 KIPS EN EL CARRIL DE DISEÑO (Fc)
1	100
2	80 - 100
3	60 - 80
4 o más	50 - 75

Fuente: (AASHTO 93, 1993)

3.6.6 Factor de Distribución Direccional.

Se toma en cuenta una distribución equitativa del 50% del tráfico para cada dirección. En ciertos escenarios, este valor puede oscilar entre 0,3 y 0,7, según la dirección que muestre mayor proporción de vehículos cargados. La AASHTO 93 dispone de factores de distribución direccional.

Tabla 10: Factor de Distribución Direccional.

NUMEROS DE CARRILES EN AMBAS DIRECCIONES	PORCENTAJE DE CAMIONES EN EL CARRIL DE DISEÑO
2	50
4	45
6 o más	40

Fuente: (AASHTO 93, 1993)

3.6.7 Determinación de ESALs (W18) de Diseño.

A través de la composición del tráfico, se obtienen porcentajes de tipos de vehículos, que luego se convierten en ejes equivalentes mediante un análisis de carga. Este proceso transforma una variedad de tipos de ejes que circulan por una vía en un sistema normalizado de ejes simples, empleando los pesos establecidos por la MTOP o proporcionados por un sistema de pesaje vehicular (Barreto Cedeño et al., 2018).

Para determinar ESAL'S se utilizará la siguiente expresión:

Ecuación 20: Ejes Equivalentes.

$$ESAL'S = 365 * TPDA_{asig} * GF * Fc * Fd * FC$$

Donde:

ESAL'S= Número de ejes equivalente circulados en un año.

365= Representa la cantidad de días en un año.

TPDA_{asig}= Corresponde al tráfico promedio diario anual asignado.

GF= Es la proyección vehicular basada en la tasa de crecimiento.

Fc= Es el factor de distribución de carril. Se selecciona mediante tabla.

Fd= Es el factor de distribución direccional.

FC= Es el factor camión.

3.7 Diseño de Pavimento Flexible Aplicando Método AASHTO 93

La metodología AASHTO-93 para el diseño de pavimentos asfálticos se basa en una ecuación que permite calcular el número estructural (SN), este parámetro es importante para establecer los espesores de las diferentes capas del pavimento, que incluyen la capa asfáltica, la capa de base y la capa de subbase (AASHTO 93, 1993).

Para determinar la ecuación AASHTO 93, se aplicará la siguiente formula.

Ecuación 21: Ecuación de la AASHTO 93 para Pavimentos Flexibles.

$$\text{Log } W_{18} = Z_R S_0 + 9.36 \text{Log}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log} \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \text{Log} M_R - 8.07$$

Donde:

W₁₈= Número estimado de ejes equivalentes de 18 kips en el periodo de diseño.

Z_R= Coeficiente de desviación estándar normal.

S₀= Desviación estándar global.

ΔPSI= Variación de la perdida de Serviciabilidad.

M_R= Modulo resiliente.

SN= Numero estructural.

3.7.1 Índice de Serviciabilidad (Δ PSI).

La serviciabilidad describe como la capacidad del pavimento para atender las diferentes clases de tráfico presente en la calle 21, evaluados en un rango de 0 a 5. Un valor de 0 indica que el pavimento es intransitable, mientras que 5 denota un pavimento de calidad excelente. Este indicador ofrece una evaluación fundamental de la capacidad del pavimento para soportar el tráfico de vehículos, incluyendo autos y camiones.

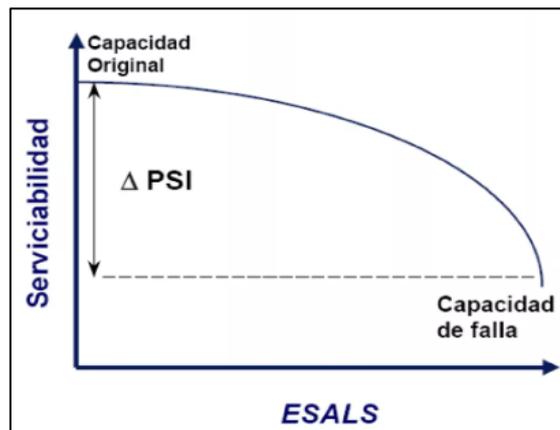


Ilustración 26: ESALS Vs Serviciabilidad.
Fuente: (AASHTO 93, 1993)

El método de Diseño AASHTO predice la variación en el porcentaje de pérdida de serviciabilidad (Δ PSI) en función a los distintos niveles de tráfico y cargas de ejes (AASHTO 93, 1993).

Tabla 11: Índice de Serviciabilidad.

ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD	CLASIFICACIÓN
0 - 1	Muy mala
1 - 2	Mala
2 - 3	Regular
3 - 4	Buena
4 - 5	Muy buena

Fuente: (AASHTO 93, 1993)

El ΔPSI se lo calcula según la siguiente expresión:

Ecuación 22: Variación del Índice de Serviciabilidad (ΔPSI).

$$\Delta PSI = PSI_i - PSI_f$$

Donde:

PSI_i = Índice de servicio inicial.

PSI_f = Índice de servicio final.

3.7.2 Nivel de Confiabilidad (R).

La confiabilidad del diseño, al considerar variaciones en el tráfico y el modelo AASHTO, establece un nivel de confiabilidad (R) para asegurar la durabilidad del pavimento de acuerdo con su ciclo de vida útil. Este enfoque busca asegurar la resistencia ante condiciones cambiantes, incorporando un margen de seguridad para cumplir con los objetivos a largo plazo (AASHTO 93, 1993).

Tabla 12: Niveles Sugeridos de Confiabilidad R.

CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	NIVEL DE CONFIABILIDAD, R, RECOMENDADO	
	URBANA	RURAL
Interestatales y vías rápidas	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias principales	80 - 99	77 - 95
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: (AASHTO 93, 1993)

3.7.3 Desviación Estándar Normal (Z_r).

Se utiliza para evaluar la uniformidad de los materiales y su comportamiento bajo carga. Una desviación estándar normal baja sugiere una mayor uniformidad en la resistencia del pavimento, mientras que una desviación estándar normal alta indica variabilidad significativa en los materiales.

Tabla 13: Valores de la Desviación Estándar Normal.

CONFIABILIDAD, R, (%)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL, ZR
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

Fuente: (AASHTO 93, 1993)

3.7.4 Desviación Estándar Global (So).

Es la combinación de la desviación estándar de la ley de predicción del tráfico y la desviación estándar en la predicción de cómo se comportará el pavimento. Representa la variabilidad conjunta que considera la capacidad del pavimento para resistir un número específico de ejes antes de que su índice descienda por debajo de un valor determinado (AASHTO 93, 1993).

Pavimentos Flexibles: Rango permisible a utilizar entre 0.40 - 0.50

0.45 = Aplicada para la construcción nueva.

0.50 = Aplicada sobre capa.

3.7.5 Modulo Resiliente (Mr).

Es una medida que cuantifica la capacidad de recuperación elástica de un material, como el pavimento, ante cargas repetidas. Representa la rigidez y la resistencia a la deformación permanente del pavimento bajo condiciones de carga cíclica.

El Módulo Resiliente de la Subrasante (psi) se determina a través del ensayo T274 de la AASHTO, a menudo resulta difícil de realizar debido a la falta de equipos especializados en muchos lugares. Por lo tanto, se recurre a relaciones que estiman este módulo, utilizando como parámetro principal el CBR (Índice de Soporte California Bearing Ratio), que se calcula mediante ensayos según normativas como AASHTO y ASTM (AASHTO 93, 1993).

Las fórmulas que vinculan el CBR con el Módulo Resiliente son las siguientes:

Ecuación 23: Para materiales de subrasante con $\text{CBR} \leq 7.2\%$.

$$M_r = 1500 * \text{CBR}$$

Ecuación 24: Para materiales con $7.2\% < \text{CBR} \leq 20\%$.

$$M_r = 3000 * \text{CBR}^{0.65}$$

Ecuación 25: Para materiales con $\text{CBR} > 20\%$.

$$M_r = 4326 * \ln * \text{CBR} + 241$$

Medidas en lb/pulg² – psi.

3.7.6 Coeficiente de Drenaje (mi).

Se debe planificar una base granular eficaz que permita una evacuación rápida del agua del pavimento. La capacidad de drenaje o la eficiencia del drenaje del material depende de factores como la permeabilidad, la distribución de tamaños de partículas, el porcentaje de fino (pasante del Tamiz N°200) y las características geométricas de la superficie y subrasante del pavimento (AASHTO 93, 1993).

Tabla 14: Valores de Coeficiente de Drenaje.

CALIDAD DE DRENAJE	TÉRMINO REMOCIÓN DE AGUA	% DE TIEMPO DE EXPOSICIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO A NIVEL DE HUMEDAD PROXIMOS A LA SATURACIÓN			
		< 1%	1% - 5%	5% - 25%	> 25%
Excelente	2 Hora	1.4 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Buena	1 Día	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Aceptable	1 Semana	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1 Mes	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy pobre	El agua no drena	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Fuente: (AASHTO 93, 1993)

3.8 Ensayos de Laboratorio

Se realizo ensayos que evalúen las características físicas y mecánicas de los materiales utilizados en la construcción de la estructura del pavimento flexible.

3.8.1 Contenido de Humedad.

Las muestras de los agregados se someten a un proceso de secado completo en un recipiente, utilizando una fuente de calor a una temperatura controlada para evitar que las partículas exploten. Una vez que la muestra este completamente seca, se retira del horno y se deja enfriar antes de medir el peso de la muestra en estado seco. (NTE INEN 862, 2011).

A continuación, se muestra la formula del contenido de humedad:

Ecuación 26: Contenido de Humedad.

$$P = 100 (W - D)/D$$

Donde:

P= contenido total de humedad.

W= Masa inicial de la muestra.

D= Masa final de la muestra seca.

3.8.2 Análisis Granulométrico por Tamizado.

Esta permite establecer el tamaño de las partículas que componen una muestra, este estudio se realiza mediante una serie de tamices con diferentes fracciones

granulométricas que van desde la más grande hasta la más pequeña. La Norma Técnica Ecuatoriana (INEN 696, 2011) indica las especificaciones que se deben tener en cuenta para realizar un análisis granulométrico en base a la muestra y los rangos que debe cumplir un árido para ser empleado en una mezcla asfáltica.

(Braja M. Das, 2013) manifiesta que, para llevar a cabo un análisis granulométrico, se debe secar la muestra en el horno, luego se agita el material a través de una pila de tamices con diámetro de 203 mm y aberturas de tamaño decrecientes para finalmente determinar la masa retenida en cada tamiz. Después del proceso indicado, los datos se deben representar en una curva granulométrica con la ayuda de una tabla que indica los porcentajes de masa retenida de cada tamiz y la masa pasante que se calcula con la siguiente ecuación:

Ecuación 27: Ecuación de Porcentaje de Pasante.

$$\% P = 100\% - \%Ra$$

Donde:

%Ra: Porcentaje Retenido Acumulado.

El MOP (2002) indica que los agregados de los materiales para mezcla in situ deben satisfacer los requisitos especificados en las siguientes tablas:

Tabla 15: Porcentaje de Pasante según el Tipo de Agregado.

Tamiz		Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada.		
mm	pulgadas	A	B	C
50,8	2"	100	-	-
38,1	1 1/2"	70-100	100	-
25,4	1"	55-85	70-100	100
19	3/4"	50-80	60-90	70-100
9,5	3/8"	40-70	45-75	50-80
4,75	N4	30-60	30-60	35-65
2	N10	20-50	20-50	25-50
0,425	N40	5-30	5-30	10-30
0,075	N200	0-5	0-5	0-5

Fuente: (MOP, 2002)

Tabla 16: Porcentaje de Pasante según el Tamaño Máximo del Agregado.

Tamiz		Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada			
mm	pulgadas	3/4"	1/2"	3/8"	N°4
25,4	1"	100	-	-	-
19	3/4"	90-100	100	-	-
12,7	1/2"	-	90-100	100	-
9,5	3/8"	56-80	-	90-100	100
4,75	N4	35-65	44-74	55-85	80-100
2,36	N8	23-49	28-58	32-67	65-100
1,18	N16	-	-	-	40-80
0,6	N30	-	-	-	25-65
0,3	N50	5-19	5-21	7-23	7-40
0,15	N100	-	-	-	3-20
0,075	N200	2-8	2-10	2-10	2-10

Fuente: (MTO, 2002)

3.8.3 Porcentaje del Tamiz 200.

Este ensayo permite determinar por lavado la cantidad de finos del tamiz No. 200 de 0.075 mm. El procedimiento empieza después del secado y la evaluación del peso de la muestra, en un recipiente colocamos la muestra y le añadimos suficiente agua, con el tamiz No. 200 hacemos la separación de partículas lavando el material hasta que la carga de agua sea clara. Lo retenido del tamiz se lleva a secar al horno a una temperatura controlada y se determina el peso de la muestra (AASHTO T 11, 2023).

Para el porcentaje del tamiz No. 200 se usa la siguiente formula:

Ecuación 28: Porcentaje que Pasa el Tamiz No. 200.

$$\%PasaT200 = \frac{P_{\text{antes del Lavado}} - P_{\text{despues del Lavado}}}{P_{\text{antes del Lavado}}} \times 100$$

3.8.4 Límites de Atterberg.

3.8.4.1 Límite Líquido (LL).

En el caso del límite líquido, que se expresa como el porcentaje de contenido de agua, se procede a tamizar a través de la malla N°4. La muestra se humedece y se mezcla homogéneamente para colocarlo en la cuchara de Casagrande para alisar la superficie de la muestra con la espátula y ajustar la altura de cuchara a 1cm para

hacer un corte en la muestra. Después se procede a girar la manivela para levantar y dejar caer la cuchara para ejecutar la cantidad de golpes requeridos para que la abertura se cierre. registrar el número de golpes utilizados. Finalmente se toma la muestra del medio para el peso húmedo y se lleva la muestra en el horno durante 24 horas para obtener la humedad de esta.

3.8.4.2 Límite Plástico (LP).

Para determinar el límite plástico se utiliza el pasante del tamiz 40 y se lo humedece hasta tener una masa plástica, con la muestra se forman pequeños cilindros de 25 - 30 mm de longitud y 3 mm de diámetro. Se toma el peso del material y se procede a llevar al horno durante 24 horas para determinar la humedad del límite plástico.

3.8.4.3 Índice Plástico (IP).

Después de establecer los valores del límite líquido y el límite plástico se realiza a calcular el índice plástico con la siguiente formula.

Ecuación 29: Índice Plástico.

$$IP = LL - LP$$

3.8.5 Proctor Modificado ASTM d 1557.

Este ensayo de compactación tiene como objetivo determinar la relación entre densidad seca y densidad húmeda, estableciendo así la densidad seca máxima y la húmeda optima que alcanza por la muestra. Se utiliza el ensayo de Proctor con moldes cilíndricos de 2.32 cm³ que se llenan con 5 capas de material compactado por una maza de 4.53 kg que cae de una altura de 457 mm, dando 25 golpes por cada capa de material. Con el material compactado se toma una muestra del centro del molde para obtener la densidad y la humedad, repetiremos el ensayo con diferentes humedades, para obtener la curva de compactación y por medio de grafico obtener la densidad máxima del material y su humedad optima (ASTM D1557-12, 2021).

Peso del suelo húmedo compactado

Ecuación 30: Peso del Suelo Húmedo Compactado.

$$W_h = (W_h + W_m) - W_m$$

Donde:

W_m = Peso del molde.

$W_h + W_m$ = Peso del suelo húmedo más el molde.

Densidad húmeda

Ecuación 31: Densidad Húmeda.

$$D_h = W_h/v$$

Donde:

W_h = Peso del suelo húmedo compactado.

v = Volumen del molde.

Densidad seca

Ecuación 32: Densidad Seca.

$$D_s = D_h/(1 + w/100)$$

Donde:

D_h = Densidad húmeda.

w = Humedad de compactación.

3.8.6 CBR Densidad y Penetración.

El ensayo de CBR (California Brearing Ratio) evaluara la capacidad de soporte relativo del suelo (esfuerzo cortante). Iniciamos seleccionando nuestra muestra con la que vamos a trabajar de acuerdo con los criterios de la norma, utilizando los resultados del Proctor se determina la humedad óptima para la realización de las 3 probeta de 6 kg del material cada una. Por cada probeta se separa en 5 capas que deberán ser compactadas a 12, 25 y 56 golpes respectivamente, se pesan las probetas para determinar el Índice CBR (UNE-EN 103502, 1995).

Las probetas compactadas se invierten y se les coloca una placa perforada y antes de sumergirlas se les coloca la sobrecarga con una presión igual a la que soporta el suelo firme. Luego se sumergen las probetas y se toma lectura hinchamiento a las 24, 48, 72 y 96 horas, al terminar las 96 horas se sacan las probetas, se vierte el agua retenida y se escurre 15min para luego retirar la sobrecarga y la placa perforada, para después pesar las probetas (UNE-EN 103502, 1995).

A continuación, se lleva las probetas al equipo de penetración con las sobrecargas y se le aplica una carga para que el pistón penetre a una rapidez constante de 1.2 mm/min, se registran en el informe los valores de carga por penetración y finalmente se toma una muestra del material de la zona cerca de la penetración para determinar la humedad (UNE-EN 103502, 1995).

Con los datos obtenidos calculamos la densidad, el agua absorbida e hinchamiento, se grafica las curvas carga – penetración para sacar el índice CBR.

CAPITULO IV

Desarrollo

4.1 Índice de Condición del Pavimento

En esta sección del capítulo 4, procederemos a mostrar los resultados detallados del método de Índice de Condición del Pavimentico (PCI). Mediante un enfoque analítico presentaremos los resultados del análisis con el propósito de proporcionar una visión integral y detallada del estado actual del pavimento que conforma la calle 21.

Los resultados conseguidos a partir de cada muestra recolectada se presentarán mediante el uso de tablas y gráficos, así como el índice de condición de pavimento de todas las muestras.

4.1.1 Determinación de las Unidades de Muestra.

En el análisis de la calle 21 utilizando la metodología PCI para evaluar la degradación del pavimento, se procede a dividir la calle en unidades de muestro, cuya longitud se determinará según la tabla de longitudes de unidades de muestreo dependiendo del ancho de la calzada.

Tomando una amplitud de calzada de 7.3 m (máximo), se obtiene una distancia de muestreo de 31.5, con esta medida, se calcula la cantidad total de unidades de muestreo, resultando en 74 secciones a lo largo de los 2.34 km de vía. Dado el gran número de muestras obtenidas, es necesario establecer un mínimo de unidades de muestro para realizar la inspección de manera eficiente.

Para eso se utiliza las siguientes ecuaciones:

Ecuación:

$$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N - 1) + \sigma^2}$$

$$n = \frac{74 \times 10^2}{\frac{5^2}{4} \times (71 - 1) + 10^2}$$

$n = 13.303 \cong 13$ secciones minimas.

Ecuación:

$$i = \frac{N}{n}$$

$$i = \frac{74}{13} \cong 5 \text{ intervalos de muestreo.}$$

Para el estudio se utilizan 13 unidades de muestreo para inspeccionar cada 126 m a lo largo de la calle 21. Mediante la siguiente tabla y esquema gráfico, se visualizara la ubicación de cada unidad de muestreo.

Tabla 17: Ubicación de las Unidades de Muestra.

UNIDAD DE MUESTRA	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL
M - 01	0+126	0+157.5
M - 02	0+283.5	0+315
M - 03	0+441	0+472.5
M - 04	0+598.5	0+630
M - 05	0+756	0+787.5
M - 06	0+913.5	0+945
M - 07	1+071	1+102.5
M - 08	1+228.5	1+260
M - 09	1+386	1+417.5
M - 10	1+543.5	1+575
M - 11	1+701	1+732.5
M - 12	1+858.5	1+890
M - 13	2+016	2+047.5

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

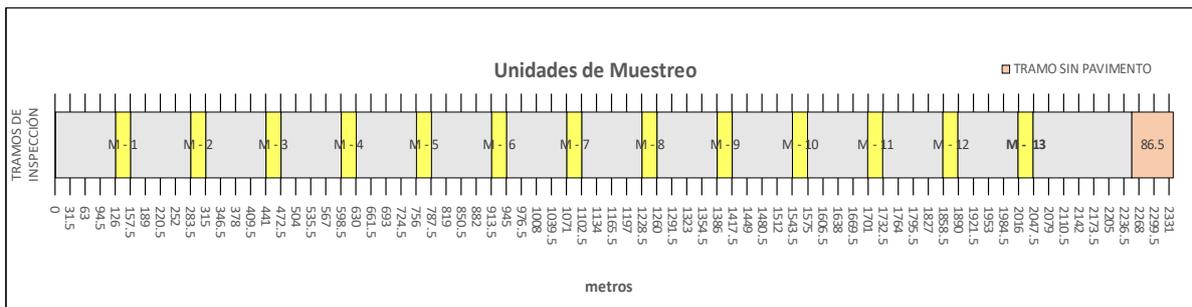


Ilustración 27: Unidades de Muestreo.
Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

4.1.2 Aplicación del Método PCI.

Recopilada la información de las 13 secciones de unidades de muestreo se obtuvo el valor específico calculado para cada categoría de falla, después se determinó los valores deducidos corregido (VCD) y finalmente con esto encontramos el PCI. A continuación, en las siguientes tablas se muestra el valor deducido, el valor deducido corregido y el cálculo del PCI de cada segmento:

Muestra 1

En la siguiente tabla de la muestra 1 (0+126 a 0+157.5) se realizó la clasificación de defectos y el grado de severidad de cada una, para luego hallar el máximo valor deducido corregido que se necesitara, para encontrar el índice de condición del estado de pavimento de la muestra de inspección.

Tabla 18: Índice de Condición de la M-01.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO									
PCI: CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA									
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO						ESQUEMA			
ZONA	ABSCISA INICIAL			UNIDAD DE MUESTRO					
La Libertad	0+126			M - 01					
CÓDIGO VÍA	ABSCISA FINAL			ÁREA MUESTREO (m²)					
Calle 21	0+157.5			318.15					
INSPECCIONADA POR				FECHA					
Joel González del Valle - Sara Montiel Cedeño				11/12/2023					
No.	DAÑO		No.	DAÑO					
1	Piel de cocodrilo. m²		11	Parqueo. m²					
2	Exudación. m²		12	Pulimiento de agregados. m²					
3	Agrietamiento en bloque. m²		13	Huecos. Nº					
4	Abultamiento y Hundimiento m		14	Cruce de vía férrea. m²					
5	Corrugación. m²		15	Ahuellamiento. m²					
6	Depresión. m²		16	Desplazamiento. m²					
7	Grieta de Borde. m		17	Grieta Parabólica (slippage) m²					
8	Grieta de reflexión de junta. m		18	Hinchamiento. m²					
9	Desnivel carril / berma. m		19	Desprendimiento de agregados. m²					
10	Grietas longitudinal y transversal. m								
Daño	Severidad	Cantidades parciales			Total	Densidad (%)	Valor deducido		
4	L	1.3	2.89	10.26	14.45	4.5419	9.50		
4	M	14.04			14.04	4.4130	28.23		
13	L	1	1	1	3	0.9430	19.89		
13	M	1	1		2	0.6286	24.44		
15	M	8.3	8.3		16.6	5.2177	37.47		
CÁLCULO DEL PCI									
Número de deducidos > 2 (q)					5				
Valor deducido más alto (HDVI)					37.47				
Número máximo de valores deducidos (mi)					6.74				
N°	VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC	
1	37.47	28.23	24.44	19.89	9.50	0.00	119.53	5	64.72
2	37.47	19.89	24.44	19.89	2.00	0.00	103.69	4	63.58
3	37.47	19.89	24.44	2.00	2.00	0.00	85.80	3	56.06
4	37.47	19.89	2.00	2.00	2.00	0.00	63.36	2	46.35
5	37.47	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00	45.47	1	45.47
							MAX VDC=	64.718	
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO					PCI	100 - MAX VDC			
					PCI	35.282			
CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO					Malo				

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

De la **Tabla 18** se consiguió un Max VDC de 64.718, con el que indica un índice de condición del pavimento de 35.282 dando como resultado una condición del estado del pavimento Mala.

Muestra 2

En la siguiente tabla de la muestra 2 (0+283.5 a 0+315) se realizó la clasificación de defectos y el grado de severidad de cada una, para luego hallar el máximo valor deducido corregido que se necesitara, para encontrar el índice de condición del estado de pavimento de la muestra de inspección.

Tabla 19: Índice de Condición de la M-02.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO										
PCI: CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA										
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO							ESQUEMA			
ZONA		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTRO						
La Libertad		0+283.5		M - 02						
CÓDIGO VÍA		ABSCISA FINAL		ÁREA MUESTREO (m²)						
Calle 21		0+315		315						
INSPECCIONADA POR				FECHA						
Joel González del Valle - Sara Montiel Cedeño				11/12/2023						
No.	DAÑO		No.	DAÑO						
1	Piel de cocodrilo. m²		11	Parcheo. m²						
2	Exudación. m²		12	Pulimiento de agregados. m²						
3	Agrietamiento en bloque. m²		13	Huecos. Nº						
4	Abultamiento y Hundimiento m		14	Cruce de vía férrea. m²						
5	Corrugación. m²		15	Ahuellamiento. m²						
6	Depresión. m²		16	Desplazamiento. m²						
7	Grieta de Borde. m		17	Grieta Parabólica (slippage) m²						
8	Grieta de reflexión de junta. m		18	Hinchamiento. m²						
9	Desnivel carril / berma. m		19	Desprendimiento de agregados. m²						
10	Grietas longitudinal y transversal. m									
Daño	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor deducido		
4	M	0.96				0.96	0.3048	0.00		
7	H	2.1				2.1	0.6667	8.63		
13	L	1	1		1	4	1.2698	22.70		
13	M	2	2		1	5	1.5873	39.39		
15	L	15.75	15.75			31.5	10.0000	26.80		
CÁLCULO DEL PCI										
Número de deducidos > 2 (q)		4								
Valor deducido más alto (HDV)		39.39								
Número máximo de valores deducidos (mi)		6.57								
N°	VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	VDC	
1	39.39	26.80	22.70	8.63	0.00	0.00	97.52	4	55.51	
2	39.39	26.80	22.70	2.00	0.00	0.00	90.89	3	57.53	
3	39.39	26.80	2.00	2.00	0.00	0.00	70.19	2	51.13	
4	39.39	2.00	2.00	2.00	0.00	0.00	45.39	1	45.39	
								MAX VDC=		57.534
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO				PCI		100 - MAX VDC				
CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO				PCI		42.466				
				Regular						

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

De la **Tabla 19** se consiguió un Max VDC de 57.534, con el que indica un índice de condición del pavimento de 42.466 resultando en una condición del estado del pavimento Regular.

Muestra 3

En la siguiente tabla de la muestra 3 (0+441 a 0+472.5) se realizó la clasificación de defectos y el grado de severidad de cada una, para luego hallar el máximo valor deducido corregido que se necesitara, para encontrar el índice de condición del estado de pavimento de la muestra de inspección.

Tabla 20: Índice de Condición de la M-03.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO										
PCI: CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA										
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTRO						ESQUEMA				
ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTRO								
La Libertad	0+441	M - 03								
CÓDIGO VÍA	ABSCISA FINAL	ÁREA MUESTRO (m ²)								
Calle 21	0+472.5	386.6625								
INSPECCIONADA POR	FECHA									
Joel González del Valle - Sara Montiel Cedeño	11/12/2023									
No.	DAÑO		No.	DAÑO						
1	Piel de cocodrilo.	m ²	11	Parqueo.	m ²					
2	Exudación.	m ²	12	Pulimiento de agregados.	m ²					
3	Agrietamiento en bloque.	m ²	13	Huecos.	Nº					
4	Abultamiento y Hundimiento	m	14	Cruce de vía férrea.	m ²					
5	Corrugación.	m ²	15	Ahuellamiento.	m ²					
6	Depresión.	m ²	16	Desplazamiento.	m ²					
7	Grieta de Borde.	m	17	Grieta Parabólica (slippage)	m ²					
8	Grieta de reflexión de junta.	m	18	Hinchamiento.	m ²					
9	Desnivel carril / berma.	m	19	Desprendimiento de agregados.	m ²					
10	Grietas longitudinal y transversal.	m								
Daño	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor deducido		
9	L	31.5				31.5	8.1466	5.14		
12	-	386.6625				386.6625	100.0000	20.00		
13	L	1	1	1		4	1.0345	20.35		
13	M	6	4	12	15	37	9.5691	86.65		
15	L	15.75	15.75			31.5	8.1466	42.51		
CALCULO DEL PCI										
Número de deducidos > 2 (q)		5								
Valor deducido más alto (HDV)		86.65								
Número máximo de valores deducidos (mi)		2.23								
Nº	VALORES DEDUCIDOS				VDT	q	VDC			
1	86.65	42.51	0.00	0.00	0.00	129.16	2	85.58		
2	86.65	2.00	0.00	0.00	0.00	88.65	1	88.65		
							MAX VDC=			88.65
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO				PCI	100 - MAX VDC					
CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO				PCI	11.35					
				Muy Malo						

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

De la **Tabla 20** se consiguió un Max VDC de 88.65, con el que indica un índice de condición del pavimento de 11.35 resultando en una condición del estado del pavimento Fallado.

Muestra 4

En la siguiente tabla de la muestra 4 (0+598.5 a 0+630) se realizó la clasificación de defectos y el grado de severidad de cada una, para luego encontrar el máximo valor deducido corregido que se necesitara, para encontrar el índice de condición del estado de pavimento de la muestra de inspección.

Tabla 21: Índice de Condición de la M-04.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO									
PCI: CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA									
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO				ESQUEMA					
ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTRO							
La Libertad	0+598.5	M - 04							
CÓDIGO VÍA	ABSCISA FINAL	ÁREA MUESTREO (m ²)							
Calle 21	0+630	327.6							
INSPECCIONADA POR	FECHA								
Joel González del Valle - Sara Montiel Cedeño		11/12/2023							
No.	DAÑO		No.	DAÑO					
1	Piel de cocodrilo.	m ²	11	Parqueo.	m ²				
2	Exudación.	m ²	12	Pulimiento de agregados.	m ²				
3	Agrietamiento en bloque.	m ²	13	Huecos.	und				
4	Abultamiento y Hundimiento	m	14	Cruce de vía férrea.	m ²				
5	Corrugación.	m ²	15	Ahuellamiento.	m ²				
6	Depresión.	m ²	16	Desplazamiento.	m ²				
7	Grieta de Borde.	m	17	Grieta Parabólica (slippage)	m ²				
8	Grieta de reflexión de junta.	m	18	Hinchamiento.	m ²				
9	Desnivel carril / berma.	m	19	Desprendimiento de agregados.	m ²				
10	Grietas longitudinal y transversal.	m							
Daño	Severidad	Cantidades parciales			Total	Densidad (%)	Valor deducido		
4	L	6			6	1.8315	5.73		
7	H	1.3	7		8.3	2.5336	10.75		
12	-	327.6			327.6	100.0000	20.00		
13	L	1	1		2	0.6105	13.17		
13	M	7			7	2.1368	46.38		
15	L	15.75			15.75	4.8077	21.37		
CÁLCULO DEL PCI									
Número de deducidos > 2 (q)		6							
Valor deducido más alto (HDV)		46.38							
Número máximo de valores deducidos (mi)		5.92							
N°	VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	VDC
1	46.38	21.37	20.00	13.17	10.75	5.73	117.40	6	57.70
2	46.38	21.37	20.00	13.17	10.75	2.00	113.67	5	58.84
3	46.38	21.37	20.00	13.17	2.00	2.00	104.92	4	59.46
4	46.38	21.37	20.00	2.00	2.00	2.00	93.75	3	53.25
5	46.38	21.37	2.00	2.00	2.00	2.00	75.75	2	55.03
6	46.38	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	56.38	1	56.38
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO							PCI	100 - MAX VDC	
CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO							PCI	40.54	
							Regular		

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

De la **Tabla 21** se consiguió un Max VDC de 59.46, con el que indica un índice de condición del pavimento de 40.54 resultando en una condición del estado del pavimento Regular.

Muestra 5

En la siguiente tabla de la muestra 5 (0+756 a 0+787.5) se realizó la clasificación de defectos y el grado de severidad de cada una, para luego hallar el máximo valor deducido corregido que se necesitara, para encontrar el índice de condición del estado de pavimento de la muestra de inspección.

Tabla 22: Índice de Condición de la M-05.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO									
PCI: CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA									
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					ESQUEMA				
ZONA		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTRO					
La Libertad		0+756		M - 05					
CÓDIGO VÍA		ABSCISA FINAL		ÁREA MUESTREO (m²)					
Calle 21		0+787.5		333.9					
INSPECCIONADA POR			FECHA						
Joel González del Valle - Sara Montiel Cedeño			11/12/2023						
No.	DAÑO		No.	DAÑO					
1	Piel de cocodrilo. m²		11	Parqueo. m²					
2	Exudación. m²		12	Pulimento de agregados. m²					
3	Agrietamiento en bloque. m²		13	Huecos. und					
4	Abultamiento y Hundimiento m		14	Cruce de vía férrea. m²					
5	Corrugación. m²		15	Ahuellamiento. m²					
6	Depresión. m²		16	Desplazamiento. m²					
7	Grieta de Borde. m		17	Grieta Parabólica (slippage) m²					
8	Grieta de reflexión de junta. m		18	Hincharamiento. m²					
9	Desnivel carril / berma. m		19	Desprendimiento de agregados. m²					
10	Grietas longitudinal y transversal. m								
Daño	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor deducido	
7	H	1	0.8		1.8	0.5391	8.44		
11	L	171			171	51.2129	0.00		
13	L	1	1	1	4	1.1980	21.98		
13	M	2	2	2	6	1.7969	42.24		
15	L	3.8	3.8	3.8	15.2	4.5523	20.94		
CÁLCULO DEL PCI									
Número de deducidos > 2 (n)		4							
Valor deducido más alto (HDVI)		42.24							
Número máximo de valores deducidos (mi)		6.30							
N°	VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	VDC
1	42.24	21.98	20.94	8.44	0.00	0.00	4	47.16	
2	42.24	21.98	20.94	2.00	0.00	0.00	3	55.15	
3	42.24	21.98	2.00	2.00	0.00	0.00	2	49.75	
4	42.24	2.00	2.00	2.00	0.00	0.00	1	48.24	
							MAX VDC=	55.154	
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO				PCI	100 - MAX VDC				
CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO				PCI	44.846				
				Regular					

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

De la **Tabla 22** se consiguió un Max VDC de 55.154, con el que indica un índice de condición del pavimento de 44.846 resultando en una condición del estado del pavimento Regular.

Muestra 6

En la siguiente tabla de la muestra 6 (0+913.5 a 0+945) se realizó la clasificación de defectos y el grado de severidad de cada una, para luego encontrar el máximo valor deducido corregido que se necesitara, para encontrar el índice de condición del estado de pavimento de la muestra de inspección.

Tabla 23: Índice de Condición de la M-06.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO									
PCI: CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA									
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO						ESQUEMA			
ZONA		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTRO					
La Libertad		0+913.5		M - 06					
CÓDIGO VÍA		ABSCISA FINAL		ÁREA MUESTREO (m ²)					
Calle 21		0+945		236.25					
INSPECCIONADA POR						FECHA			
Joel González del Valle - Sara Montiel Cedeño						11/12/2023			
No.	DAÑO			No.	DAÑO				
1	Piel de cocodrilo. m ²			11	Parqueo. m ²				
2	Exudación. m ²			12	Pulimiento de agregados. m ²				
3	Arietamiento en bloque. m ²			13	Huecos. und				
4	Abultamiento y Hundimiento m			14	Cruce de vía férrea. m ²				
5	Corrugación. m ²			15	Ahuellamiento. m ²				
6	Depresión. m ²			16	Desplazamiento. m ²				
7	Grieta de Borde. m			17	Grieta Parabólica (slippage) m ²				
8	Grieta de reflexión de junta. m			18	Hinchamiento. m ²				
9	Desnivel carril / berma. m			19	Desprendimiento de agregados. m ²				
10	Grietas longitudinal y transversal. m								
Daño	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor deducido	
19	H	29.9	18	5.04		52.94	22.4085	58.40	
CALCULO DEL PCI									
Número de deducidos > 2 (q)		1							
Valor deducido más alto (HDVI)		58.40							
Número máximo de valores deducidos (mi)		4.82							
N°	VALORES DEDUCIDOS				VDT	q	VDC		
1	58.40	0.00	0.00	0.00	0.00	58.40	1	58.40	
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO						100 - MAX VDC		MAX VDC=	
CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO						PCI		41.6	
						Regular			

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

De la **Tabla 23** se consiguió un Max VDC de 58.40, con el que indica un índice de condición del pavimento de 41.60 resultando en una condición del estado del pavimento Regular.

Muestra 7

En la siguiente tabla de la muestra 7 (1+071 a 1+102.5) se realizó la clasificación de defectos y el grado de severidad de cada una, para luego hallar el máximo valor deducido corregido que se necesitara, para encontrar el índice de condición del estado de pavimento de la muestra de inspección.

Tabla 24: Índice de Condición de la M-07.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO										
PCI: CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA										
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					ESQUEMA					
ZONA La Libertad		ABSCISA INICIAL 1+071		UNIDAD DE MUESTRO M - 07						
CÓDIGO VÍA Calle 21		ABSCISA FINAL 1+102.5		ÁREA MUESTREO (m²) 239.4						
INSPECCIONADA POR Joel González del Valle - Sara Montiel Cedeno					FECHA 11/12/2023					
No.	DAÑO			No.	DAÑO					
1	Piel de cocodrilo. m²			11	Parqueo. m²					
2	Exudación. m²			12	Pulimiento de agregados. m²					
3	Agrietamiento en bloque. m²			13	Huecos. und					
4	Abultamiento y Hundimiento m			14	Cruce de vía férrea. m²					
5	Corrugación. m²			15	Ahuellamiento. m²					
6	Depresión. m²			16	Desplazamiento. m²					
7	Grieta de Borde. m			17	Grieta Parabólica (slippage) m²					
8	Grieta de reflexión de junta. m			18	Hinchamiento. m²					
9	Desnivel carril / berma. m			19	Desprendimiento de agregados. m²					
10	Grietas longitudinal y transversal. m									
Daño	Severidad	Cantidades parciales			Total	Densidad (%)	Valor deducido			
1	L	1			1	0.4177	5.48			
11	L	3.87			3.8661	1.6149	4.08			
13	M	2			2	0.8354	28.97			
13	H	7			7	2.9240	77.47			
19	H	14.4			14.4	6.0150	33.83			
CALCULO DEL PCI										
Número de deducidos > 2 (q)		5								
Valor deducido más alto (HDV)		77.47								
Número máximo de valores deducidos (mi)		3.07								
N°	VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC		
1	77.47	33.83	28.97	0.00	0.00	140.27	3	84.11		
2	77.47	33.83	2.00	0.00	0.00	113.30	2	77.65		
3	77.47	2.00	2.00	0.00	0.00	81.47	1	81.47		
							MAX VDC=	84.11		
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO					PCI	100 - MAX VDC				
CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO					PCI	15.89				
					Muy Malo					

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

De la **Tabla 24** se consiguió un Max VDC de 84.11, con el que indica un índice de condición del pavimento de 15.89 resultando una condición del estado del pavimento Muy Malo.

Muestra 8

En la siguiente tabla de la muestra 8 (1+228.5 a 1+260) se realizó la clasificación de defectos y el grado de severidad de cada una, para luego hallar el máximo valor deducido corregido que se necesitara, para encontrar el índice de condición del estado de pavimento de la muestra de inspección.

Tabla 25: Índice de Condición de la M-08.

ÍNDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO										
PCI: CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA										
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO							ESQUEMA			
ZONA		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTRO						
La Libertad		1+228.5		M - 08						
CÓDIGO VÍA		ABSCISA FINAL		ÁREA MUESTREO (m²)						
Calle 21		1+260		239.4						
INSPECCIONADA POR				FECHA						
Joel González del Valle - Sara Montiel Cedeño				11/12/2023						
No.	DAÑO		No.	DAÑO						
1	Piel de cocodrilo.	m ²	11	Parqueo.	m ²					
2	Exudación.	m ²	12	Pulimiento de agregados.	m ²					
3	Agrietamiento en bloque.	m ²	13	Huecos.	und					
4	Abultamiento y Hundimiento	m	14	Cruce de vía férrea.	m ²					
5	Corrugación.	m ²	15	Ahuellamiento.	m ²					
6	Depresión.	m ²	16	Desplazamiento.	m ²					
7	Grieta de Borde.	m	17	Grieta Parabólica (slippage)	m ²					
8	Grieta de reflexión de junta.	m	18	Hinchamiento.	m ²					
9	Desnivel carril / berma.	m	19	Desprendimiento de agregados.	m ²					
10	Grietas longitudinal y transversal.	m								
Daño	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor deducido		
7	M	31.5				31.5	13.1579	16.58		
12	L	239.4				239.4	100.0000	20.00		
15	L	15.75	15.75			31.5	13.1579	29.52		
CALCULO DEL PCI										
Número de deducidos > 2 (q)		3								
Valor deducido más alto (HDV)		29.52								
Número máximo de valores deducidos (mi)		7.47								
N°	VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	VDC	
1	29.52	20.00	16.58	0.00	0.00	0.00	66.10	3	41.97	
2	29.52	20.00	2.00	0.00	0.00	0.00	51.52	2	38.06	
3	29.52	2.00	2.00	0.00	0.00	0.00	33.52	1	33.52	
							MAX VDC=		41.965	
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO				PCI		100 - MAX VDC				
CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO				PCI		58.035				
				Buena						

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

De la **Tabla 25** se consiguió un Max VDC de 41.965 con el que indica un índice de condición del pavimento de 58.035 resultando en una condición del estado del pavimento Bueno.

Muestra 9

En la siguiente tabla de la muestra 9 (1+386 a 1+417.5) se realizó la clasificación de defectos y el grado de severidad de cada una, para luego hallar el máximo valor deducido corregido que se necesitara, para encontrar el índice de condición del estado de pavimento de la muestra de inspección.

Tabla 26: Índice de Condición de la M-09.

ÍNDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO									
PCI: CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA									
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO						ESQUEMA			
ZONA		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTRO					
La Libertad		1+386		M - 09					
CÓDIGO VÍA		ABSCISA FINAL		ÁREA MUESTREO (m²)					
Calle 21		1+417.5		226.8					
INSPECCIONADA POR				FECHA					
Joel González del Valle - Sara Montiel Cedeno				11/12/2023					
No.	DAÑO			No.	DAÑO				
1	Piel de cocodrilo. m²			11	Parqueo. m²				
2	Exudación. m²			12	Pulimento de agregados. m²				
3	Agrietamiento en bloque. m²			13	Huecos. und				
4	Abultamiento y Hundimiento m			14	Cruce de vía férrea. m²				
5	Corrugación. m²			15	Ahuellamiento. m²				
6	Depresión. m²			16	Desplazamiento. m²				
7	Grieta de Borde. m			17	Grieta Parabólica (slippage) m²				
8	Grieta de reflexión de junta. m			18	Hincharamiento. m²				
9	Desnivel carril / berma. m			19	Desprendimiento de agregados. m²				
10	Grietas longitudinal y transversal. m								
Daño	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor deducido	
1	L	0.81	0.6			1.41	0.6217	6.78	
12	L	226.8				226.8	100.0000	20.00	
13	L	1.00				1	0.4409	10.65	
15	L	5.72				5.72	2.5220	15.52	
CALCULO DEL PCI									
Número de deducidos > 2 (n)				4					
Valor deducido más alto (HDV)				20.00					
Número máximo de valores deducidos (mi)				8.35					
N°	VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	VDC
1	20.00	15.52	10.65	6.78	0.00	0.00	52.95	4	28.07
2	20.00	15.52	10.65	2.00	0.00	0.00	48.17	3	29.72
3	20.00	15.52	2.00	2.00	0.00	0.00	39.52	2	29.62
4	20.00	2.00	2.00	2.00	0.00	0.00	26.00	1	26.00
								MAX VDC=	29.719
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO				PCI	100 - MAX VDC				
CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO				PCI	70.281				
				Muy Bueno					

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

De la **Tabla 26** se consiguió un Max VDC de 29.719, con el que indica un índice de condición del pavimento de 70.281 resultando en una condición del estado del pavimento Muy Bueno.

Muestra 10

En la siguiente tabla de la muestra 10 (1+543.5 a 1+575) se realizó la clasificación de defectos y el grado de severidad de cada una, para luego hallar el máximo valor deducido corregido que se necesitara, para encontrar el índice de condición del estado de pavimento de la muestra de inspección.

Tabla 27: Índice de Condición de la M-10.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO										
PCI: CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA										
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					ESQUEMA					
ZONA		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTRO						
La Libertad		1+543.5		M - 10						
CÓDIGO VÍA		ABSCISA FINAL		ÁREA MUESTREO (m²)						
Calle 21		1+575		270.9						
INSPECCIONADA POR					FECHA					
Joel González del Valle - Sara Montiel Cedeño					11/12/2023					
No.	DAÑO			No.	DAÑO					
1	Piel de cocodrilo. m²			11	Parqueo. m²					
2	Exudación. m²			12	Pulimiento de agregados. m²					
3	Agrietamiento en bloque. m²			13	Huecos. und					
4	Abultamiento y Hundimiento m			14	Cruce de vía férrea. m²					
5	Corrugación. m²			15	Ahuellamiento. m²					
6	Depresión. m²			16	Desplazamiento. m²					
7	Grieta de Borde. m			17	Grieta Parabólica (slippage) m²					
8	Grieta de reflexión de junta. m			18	Hincharamiento. m²					
9	Desnivel carril / berma. m			19	Desprendimiento de agregados. m²					
10	Grietas longitudinal y transversal. m									
Daño	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor deducido		
1	L	1.89	5				6.89	2.5434	19.03	
13	M	0.84					0.84	0.3101	15.89	
15	L	25.2					25.2	9.3023	41.45	
18	M	3.2					3.2	1.1812	13.04	
CALCULO DEL PCI										
Número de deducidos > 2 (q)				4						
Valor deducido más alto (HDV)				41.45						
Número máximo de valores deducidos (mi)				6.38						
N°	VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC		
1	41.45	19.03	15.89	13.04	0.00	0.00	89.41	4	50.65	
2	41.45	19.03	15.89	2.00	0.00	0.00	78.37	3	49.52	
3	41.45	19.03	2.00	2.00	0.00	0.00	64.48	2	47.14	
4	41.45	2.00	2.00	2.00	0.00	0.00	47.45	1	47.45	
							MAX VDC=	50.646		
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO				PCI	100 - MAX VDC					
CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO				PCI	49.354					
				Regular						

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

De la **Tabla 27** se consiguió un Max VDC de 50.646, con el que indica un índice de condición del pavimento de 49.354 resultando en una condición del estado del pavimento Regular.

Muestra 11

En la siguiente tabla de la muestra 11 (1+543.5 a 1+575) se realizó la clasificación de defectos y el grado de severidad de cada una, para luego hallar el máximo valor deducido corregido que se necesitara, para encontrar el índice de condición del estado de pavimento de la muestra de inspección.

Tabla 28: Índice de Condición de la M-11.

ÍNDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO									
PCI: CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA									
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					ESQUEMA				
ZONA	ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTRO						
La Libertad	1+701		M - 11						
CÓDIGO VÍA	ABSCISA FINAL		ÁREA MUESTREO (m²)						
Calle 21	1+732.5		286.65						
INSPECCIONADA POR					FECHA				
Joel González del Valle - Sara Montiel Cedeño					11/12/2023				
No.	DAÑO			No.	DAÑO				
1	Piel de cocodrilo. m²			11	Parqueo. m²				
2	Exudación. m²			12	Pulimiento de agregados. m²				
3	Agrietamiento en bloque. m²			13	Huecos. und				
4	Abultamiento y Hundimiento m			14	Cruce de vía férrea. m²				
5	Corrugación. m²			15	Ahuellamiento. m²				
6	Depresión. m²			16	Desplazamiento. m²				
7	Grieta de Borde. m			17	Grieta Parabólica (slippage) m²				
8	Grieta de reflexión de junta. m			18	Hincharamiento. m²				
9	Desnivel carril / berma. m			19	Desprendimiento de agregados. m²				
10	Grietas longitudinal y transversal. m								
Daño	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor deducido	
1	M	0.8	1.12	28	29.92	10.4378	48.12		
4	L	4			4	1.3954	4.51		
15	L	18.90			18.9	6.5934	24.57		
CALCULO DEL PCI									
Número de deducidos > 2 (q)		3							
Valor deducido más alto (HDV)		48.12							
Número máximo de valores deducidos (mi)		5.76							
N°	VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC	
1	48.12	24.57	4.51	0.00	0.00	77.20	3	48.82	
2	48.12	24.57	2.00	0.00	0.00	74.69	2	54.28	
3	48.12	2.00	2.00	0.00	0.00	52.12	1	52.12	
							MAX VDC=	54.283	
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO				PCI	100 - MAX VDC				
				PCI	45.717				
CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO				Regular					

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

De la **Tabla 28** se consiguió un Max VDC de 54.283, con el que indica un índice de condición del pavimento de 45.717 resultando en una condición del estado del pavimento Regular.

Muestra 12

En la siguiente tabla de la muestra 12 (1+701 a 1+732.5) se realizó la clasificación de defectos y el grado de severidad de cada una, para luego hallar el máximo valor deducido corregido que se necesitara, para encontrar el índice de condición del estado de pavimento de la muestra de inspección.

Tabla 29: Índice de Condición de la M-12.

ÍNDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO									
PCI: CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA									
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO							ESQUEMA		
ZONA		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTRO					
La Libertad		1+858.5		M - 12					
CÓDIGO VÍA		ABSCISA FINAL		ÁREA MUESTREO (m ²)					
Calle 21		1+890		286.65					
INSPECCIONADA POR				FECHA					
Joel González del Valle - Sara Montiel Cedefio				11/12/2023					
No.	DAÑO			No.	DAÑO				
1	Piel de cocodrilo. m ²			11	Parcheo. m ²				
2	Exudación. m ²			12	Pulimento de agregados. m ²				
3	Agrietamiento en bloque. m ²			13	Huecos. und				
4	Abultamiento y Hundimiento m			14	Cruce de vía férrea. m ²				
5	Corrugación. m ²			15	Ahuellamiento. m ²				
6	Depresión. m ²			16	Desplazamiento. m ²				
7	Grieta de Borde. m			17	Grieta Parabólica (slippage) m ²				
8	Grieta de reflexión de junta. m			18	Hincharamiento. m ²				
9	Desnivel carril / berma. m			19	Desprendimiento de agregados. m ²				
10	Grietas longitudinal y transversal. m								
Daño	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor deducido	
15	L	12				12	4.1863	20.32	
CALCULO DEL PCI									
Número de deducidos > 2 (q)		1							
Valor deducido más alto (HDVI)		20.32							
Número máximo de valores deducidos (mi)		8.32							
N°	VALORES DEDUCIDOS				VDT	q	VDC		
5	20.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.32	1	20.32
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO							100 - MAX VDC		
CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO							79.68		
							Muy Bueno		

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

De la **Tabla 29** se consiguió un Max VDC de 20.32, con el que indica un índice de condición del pavimento de 79.68 resultando en una condición del estado del pavimento Muy Bueno.

Muestra 13

En la siguiente tabla de la muestra 13 (2+016 a 2+047.5) se realizó la clasificación de defectos y el grado de severidad de cada una, para luego hallar el máximo valor deducido corregido que se necesitara, para encontrar el índice de condición del estado de pavimento de la muestra de inspección.

Tabla 30: Índice de Condición de la M-13.

ÍNDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO									
PCI: CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA									
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO						ESQUEMA			
ZONA		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTRO					
La Libertad		2+016		M - 13					
CÓDIGO VÍA		ABSCISA FINAL		ÁREA MUESTREO (m²)					
Calle 21		2+047.5		288.225					
INSPECCIONADA POR						FECHA			
Joel González del Valle - Sara Montiel Cedeño						11/12/2023			
No.	DAÑO			No.	DAÑO				
1	Piel de cocodrilo. m²			11	Parcheo. m²				
2	Exudación. m²			12	Pulimiento de agregados. m²				
3	Agrietamiento en bloque. m²			13	Huecos. und				
4	Abultamiento y Hundimiento m			14	Cruce de vía férrea. m²				
5	Corrugación. m²			15	Ahuellamiento. m²				
6	Depresión. m²			16	Desplazamiento. m²				
7	Grieta de Borde. m			17	Grieta Parabólica (slippage) m²				
8	Grieta de reflexión de junta. m			18	Hinchamiento. m²				
9	Desnivel carril / berma. m			19	Desprendimiento de agregados. m²				
10	Grietas longitudinal y transversal. m								
Daño	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor deducido	
12	L	288.23				288.225	100.0000	20.00	
15	L	9.45				9.45	3.2787	18.70	
CÁLCULO DEL PCI									
Número de deducidos > 2 (q)		2							
Valor deducido más alto (HDV)		20.00							
Número máximo de valores deducidos (mi)		8.35							
N°	VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC	
4	20.00	18.70	0.00	0.00	0.00	0.00	38.70	2	28.96
5	20.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.00	1	22.00
							MAX VDC=	28.96	
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO						PCI	100 - MAX VDC		
CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO						PCI	71.04		
						Muy Bueno			

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

De la **Tabla 30** se consiguió un Max VDC de 28.96, con el que indica un índice de condición del pavimento de 71.04 resultando en una condición del estado del pavimento Muy Bueno.

4.1.3 Índice de Condición del Pavimento (PCI).

Con los datos adquiridos del PCI de cada muestra obtenida se realizó un promedio para saber el estado total de la calle 21, se llegó a la conclusión de que se encuentra en un estado regular. El tipo de intervención recomendado por método del PCI es un mantenimiento correctivo.

Tabla 31: Resumen de la Clasificación PCI.

RESUMEN DE LA CLASIFICACIÓN PCI							
UNIDAD DE MUESTRA	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	AREA (m2)	MAX V.D.C.	(PCI) CALCULADO	CLASIFICACIÓN DEL PAVIMENTO	INTERVENCIÓN DE RANGO (PCI)
M- 01	0+126	0+157.5	318.15	64.718	35.28	Malo	Rehabilitación
M- 02	0+283.5	0+315	315	57.534	42.47	Regular	Rehabilitación
M- 03	0+441	0+472.5	386.66	88.65	11.35	Muy Malo	Construcción
M- 04	0+598.5	0+630	327.6	55.03	40.54	Regular	Rehabilitación
M- 05	0+756	0+787.5	333.90	55.154	44.85	Regular	Rehabilitación
M- 06	0+913.5	0+945	236.25	58.40	41.60	Regular	Rehabilitación
M- 07	1+071	1+102.5	239.40	81.47	15.89	Muy Malo	Construcción
M- 08	1+228.5	1+260	239.4	41.965	58.04	Bueno	Rehabilitación
M- 09	1+386	1+417.5	226.80	26.00	70.28	Muy Bueno	Mantenimiento
M- 10	1+543.5	1+575	270.9	47.45	49.35	Regular	Rehabilitación
M- 11	1+701	1+732.5	286.65	52.12	45.72	Regular	Rehabilitación
M- 12	1+858.5	1+890	286.65	20.32	79.68	Muy Bueno	Mantenimiento
M- 13	2+016	2+047.5	288.23	22.00	71.04	Muy Bueno	Mantenimiento
ESTADO PROMEDIO TOTAL					46.62	Regular	Rehabilitación

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

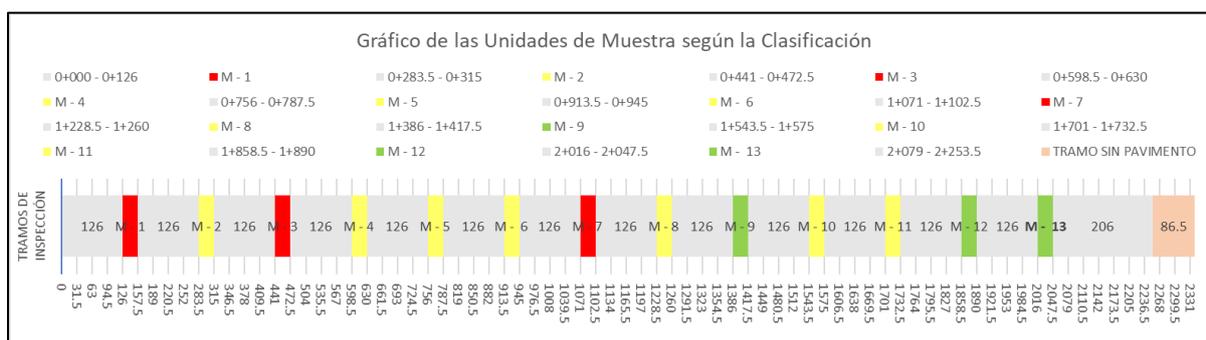


Ilustración 28: Gráfico de las Unidades de Muestra.

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

4.2 Análisis de Resultados del Estudio de Tráfico

A través del registro de vehículos llevado a cabo en la vía ubicada en la calle 21, en el área correspondiente al sector 5 de junio, en el cantón La Libertad de la provincia de Santa Elena, se efectuó una contabilización manual para obtener datos acerca del flujo vehicular. Mediante la aplicación de fórmulas pertinentes, se logró calcular el Tráfico Promedio Diario Semanal (TPDS). Posteriormente, con esta información, podremos determinar detalles adicionales como el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA), el tráfico asignado o proyectado para el futuro, el tráfico estimado a 20 años y las Equivalentes de Cargas por Eje (ESALs).

La recopilación de datos de tráfico se llevó a cabo durante una semana, abarcando

un período de 7 días, desde las 6:00 a.m. hasta las 18:00 p.m., lo que equivale a un total de 12 horas diarias. Esta contabilización se abarco en ambos sentido, sentido norte – sur y sur – norte, iniciando el lunes 02 de octubre de 2023 y se extendió hasta el domingo 08 de octubre del mismo año.

A continuación, se proporciona una tabla que sintetiza el conteo vehicular realizado durante la semana completa en la vía de estudio, agrupando los vehículos en tres categorías: livianos, buses y pesados. El volumen total registrado fue de 56,361 vehículos en ambas direcciones.

Tabla 32: Registro del Conteo Vehicular en ambos Sentidos.

FECHA	DÍAS DE LA SEMANA	LIVIANOS			BUSES		CAMIONES 2 EJES		CAMIONES 3 EJES		CAMIONES 3 O MAS EJES				TOTAL
		MOTOS	AUTOMÓVIL	CAMIONETA	BUSETA	BUS	C2P	C2G	C3	C2-S1	C2-S2	C3-S1	C3-S2	C3-S3	
02/10/2023	Lunes	5,194.00	2,154.00	240.00	52.00	133.00	73.00	72.00	3.00	3.00	1.00	0.00	1.00	0.00	7,926.00
03/10/2023	Martes	6,189.00	2,020.00	237.00	90.00	147.00	60.00	116.00	6.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	8,866.00
04/10/2023	Miércoles	5,794.00	2,016.00	238.00	44.00	146.00	47.00	75.00	0.00	0.00	1.00	0.00	2.00	2.00	8,365.00
05/10/2023	Jueves	6,384.00	2,039.00	268.00	52.00	180.00	57.00	117.00	6.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	9,105.00
06/10/2023	Viernes	5,894.00	2,135.00	233.00	57.00	155.00	56.00	78.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8,613.00
07/10/2023	Sábado	5,414.00	1,893.00	240.00	58.00	173.00	36.00	63.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	7,882.00
08/10/2023	Domingo	3,420.00	1,755.00	210.00	30.00	128.00	37.00	24.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5,604.00
VOLUMEN TOTAL		38,289.00	14,012.00	1,666.00	383.00	1,062.00	366.00	545.00	23.00	3.00	3.00	0.00	5.00	4.00	56,361.00
VOLUMEN POR CLASE		53,967.00			1,445.00		911.00		26.00		12.00				

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel



Ilustración 29: Comportamiento de Fluctuación del Tránsito por Días.

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

Se ha considerado la inclusión de motocicletas debido a su amplia circulación en el área. Debido a este motivo, se ha decidido aplicar un factor de conversión entre motocicletas a automóviles.

Según la normativa vigente en Ecuador, la dimensión estándar para un espacio de estacionamiento, conforme a la NTE INEN 2248 (2016) es la siguiente: para un automóvil convencional, se requiere un espacio de 2.40 metros de amplitud por 5.00 metros de longitud. Para el caso de las motocicletas abarca unas medidas estándar, comprendiendo el espacio recomendado es de 2.40 metros de amplitud por 2.40 de longitud.

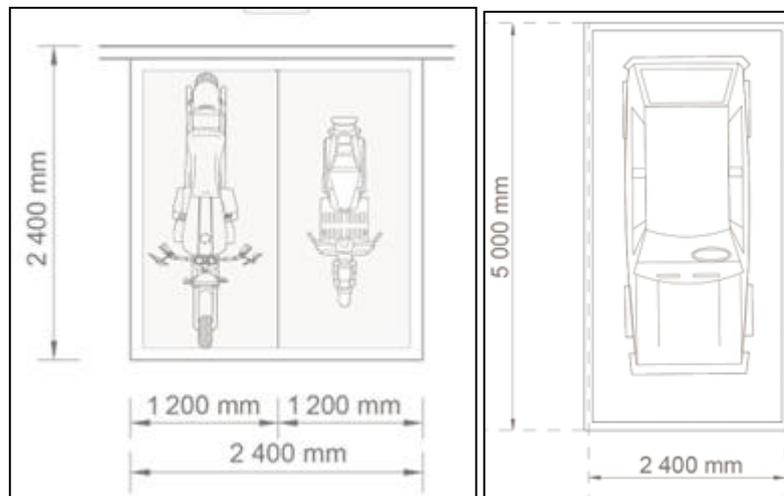


Ilustración 30: Dimensiones Mínimas Estacionamiento Autos Motos.
Fuente: (INEN , 2016)

Basándonos en la investigación sobre métodos para determinar el factor de conversión, se encontró que, en situaciones estáticas como estacionamientos, la relación entre automóviles y motocicletas es de 0.25.

En este caso particular, se asume una relación inversa y se estima un factor de equivalencia de un automóvil a motocicleta como unidad de análisis, concluyendo que 1 automóvil equivale a 4 motocicletas. Este enfoque se adopta para tener en cuenta de manera adecuada la presencia de motocicletas en el cálculo del tráfico en la vía de estudio (Yarce Marín, 2015).

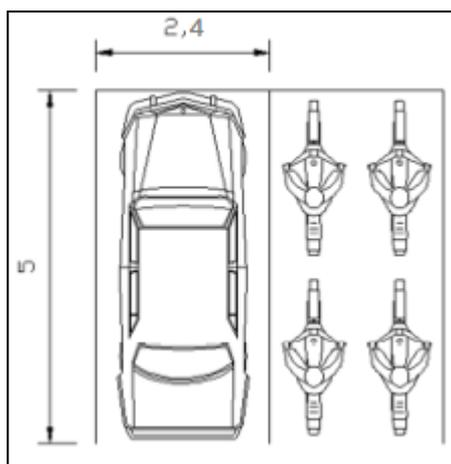


Ilustración 31: Comparación Espacio Estacionamiento Autos y Motos.
Fuente: (INEN , 2016)

En la siguiente tabla se demuestra la aplicación de dicho factor de conversión de motocicletas a automóviles.

Tabla 33: Factor Conversión Motos a Autos de la Zona de Estudio.

MOTO	AUTOMÓVIL	FACTOR DE EQUIVALENCIA DE UN AUTOMÓVIL A MOTOCICLETA ES DE 0.25 OBTENIENDO QUE 1 AUTO EQUIVALE A 4 MOTOS
		
5,194.00	1,298.00	
6,189.00	1,547.00	
5,794.00	1,448.00	
6,384.00	1,596.00	
5,894.00	1,473.00	
5,414.00	1,353.00	
3,420.00	8,55.00	
38,289.00	9,570.00	

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

Para esto se obtiene una nueva tabla, considerando netamente la clasificación de vehículos livianos a los automóviles y camionetas. El volumen corregido que se ha registrado es de 27,642 vehículos mixtos en ambas direcciones.

Tabla 34: Conteo Vehicular Corregido en ambos Sentidos.

FECHA	DÍAS DE LA SEMANA	LIVIANOS		BUSES		CAMIONES 2 EJES		CAMIONES 3 EJES		CAMIONES 3 O MAS EJES				TOTAL
		AUTOMÓVIL	CAMIONETA	BUSETA	BUS	C2P	C2G	C3	C2-S1	C2-S2	C3-S1	C3-S2	C3-S3	
														
02/10/2023	Lunes	3,452.00	240.00	52.00	133.00	73.00	72.00	3.00	3.00	1.00	0.00	1.00	0.00	4,030.00
03/10/2023	Martes	3,567.00	237.00	90.00	147.00	60.00	116.00	6.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	4,224.00
04/10/2023	Miércoles	3,464.00	238.00	44.00	146.00	47.00	75.00	0.00	0.00	1.00	0.00	2.00	2.00	4,019.00
05/10/2023	Jueves	3,635.00	268.00	52.00	180.00	57.00	117.00	6.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	4,317.00
06/10/2023	Viernes	3,608.00	233.00	57.00	155.00	56.00	78.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4,192.00
07/10/2023	Sábado	3,246.00	240.00	58.00	173.00	36.00	63.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	3,821.00
08/10/2023	Domingo	2,610.00	210.00	30.00	128.00	37.00	24.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3,039.00
VOLUMEN TOTAL		11,724.00	1,666.00	383.00	1,062.00	366.00	545.00	23.00	3.00	3.00	0.00	5.00	4.00	27,642.00

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel



Ilustración 32: Fluctuación Corregida del Tránsito por Días.

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

4.2.1 Cálculo del Tráfico Promedio Diario Semanal (TPDS).

Para ilustrar la aplicación de la siguiente ecuación nos enfocaremos en la demostración para la clase de vehículos livianos, que incluye automóviles y camionetas. Utilizaremos como ejemplo la columna correspondiente a los automóviles. La ecuación específica para esta demostración se proporcionará en el capítulo mencionado y se aplicará de la siguiente manera:

$$TPDS = \frac{5}{7} * \Sigma \frac{D_n}{m} + \frac{2}{7} * \Sigma \frac{D_e}{m}$$

$$TPDS = \frac{5}{7} * \Sigma \frac{3,452 + 3,567 + 3,464 + 3,635 + 3,608}{5} + \frac{2}{7} * \Sigma \frac{3,246 + 2,610}{2}$$

$$TPDS = 3,369.00 \text{ Veh mixto/dia/ambos sentidos}$$

Obteniendo un tránsito promedio diario semanal para automóviles correspondiente a la categoría de vehículos livianos con un valor de 3,369 vehículos mixtos. Este proceso se replicará para cada clase de vehículo según sea necesario, utilizando la ecuación correspondiente para cada categoría.

4.2.2 Cálculo del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA).

La calle 21 se clasifica como una carretera de nivel local, lo que implica la asignación de un nivel de confiabilidad R en el rango de (50-80). Dado que esta carretera está situada en un entorno urbano, hemos decidido emplear un nivel de confiabilidad específico, R=80%, para llevar a cabo nuestro análisis. Esta elección se fundamenta en la consideración de la ubicación urbana de la vía y busca asegurar un alto grado de fiabilidad en los resultados obtenidos durante el proceso de evaluación.

Al haber establecido el nivel de confiabilidad se puede determinar la desviación estándar normal para este caso se trabajará con un valor de 0.841.

Antes de aplicar estas condiciones se necesita conocer la desviación estándar muestral, para aquello se utilizará la siguiente ecuación.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (TD - TPDS)^2}{n - 1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{6,913 + 39,261 + 9,052 + 70,832 + 57,189 + 15,094 + 575,864}{7 - 1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{774,205}{6}}$$

$$S = 359.00 \text{ veh mixtos}$$

Conociendo el valor de la desviación estándar muestral, se logra determinar la desviación estándar poblacional, aplicando la ecuación que se muestra a continuación.

$$\sigma = \frac{S}{\sqrt{n}} * \left(\sqrt{\frac{N - n}{N - 1}} \right)$$

$$\sigma = \frac{359}{\sqrt{7}} * \left(\sqrt{\frac{365 - 7}{365 - 1}} \right)$$

$$\sigma = 135.00 \text{ veh mixtos}$$

Una vez determinado estas variables, se podrá determinar el valor del TPDA, conociendo el TPDS, el valor del nivel de confiabilidad y la desviación estándar poblacional, como lo menciona en el capítulo anterior. Aplicando la siguiente ecuación el valor de TPDA será:

$$TPDA = TPDS + K * \sigma$$

$$TPDA = 3,369 + 0.841 * 135$$

$$TPDA = 3,482.00 \text{ Veh mixtos dia}$$

4.2.3 Cálculo del Tráfico Generado (Tg).

Se anticipa que la vía experimentará un incremento significativo en el flujo vehicular debido al crecimiento demográfico, desarrollo urbano o la realización de eventos que

generen una afluencia considerable de personas a la zona. En consecuencia, se realizará una estimación considerando un aumento del 25% en el tráfico actual.

Aplicando la ecuación que se muestra a continuación del valor T_g , será:

$$T_g = 25\% * TPDA$$

$$T_g = 0.25 * 3,482$$

$$T_g = 871.00 Veh$$

4.2.4 Cálculo del Tráfico Desarrollado (T_d).

Hace referencia a cómo este tráfico evoluciona con el tiempo, considerando factores como la infraestructura vial, cambios en patrones de movilidad y mejoras implementadas para gestionar el flujo vehicular. En consecuencia, se realizará una estimación del 5% con respecto al tráfico actual. Aplicando la ecuación del valor de T_d , será:

$$T_d = 5\% * TPDA$$

$$T_d = 0.05 * 3,482$$

$$T_d = 174.00 Veh$$

4.2.5 Cálculo del Tráfico Asignado (T_{asig}).

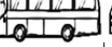
Para determinar el valor del tráfico asignado es necesario conocer los valores de tráfico actual, tráfico generado y tráfico desarrollado. Siguiendo las indicaciones proporcionadas por la siguiente expresión. Este proceso se replicará para cada clase de vehículo según sea necesario, utilizando la ecuación de tráfico asignado correspondiente para cada categoría.

$$T_{asig} = TPDA_{existente} + T_g + T_d$$

$$T_{asig} = 3,482 + 871 + 174$$

$$T_{asig} = 4,527.00 Veh$$

Tabla 35: Tráfico Asignado por Categoría Vehicular.

FECHA	DÍAS DE LA SEMANA	LIVIANOS		BUSES		CAMIONES 2 EJES		CAMIONES 3 EJES		CAMIONES 3 O MAS EJES				TOTAL
		AUTOMÓVIL	CAMIONETA	BUSETA	BUS	C2P	C2G	C3	C2-S1	C2-S2	C3-S1	C3-S2	C3-S3	
														
02/10/2023	Lunes	3,452.00	240.00	52.00	133.00	73.00	72.00	3.00	3.00	1.00	0.00	1.00	0.00	4,030.00
03/10/2023	Martes	3,567.00	237.00	90.00	147.00	60.00	116.00	6.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	4,224.00
04/10/2023	Miércoles	3,464.00	238.00	44.00	146.00	47.00	75.00	0.00	0.00	1.00	0.00	2.00	2.00	4,019.00
05/10/2023	Jueves	3,635.00	268.00	52.00	180.00	57.00	117.00	6.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	4,317.00
06/10/2023	Viernes	3,608.00	233.00	57.00	155.00	56.00	78.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4,192.00
07/10/2023	Sábado	3,246.00	240.00	58.00	173.00	36.00	63.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	3,821.00
08/10/2023	Domingo	2,610.00	210.00	30.00	128.00	37.00	24.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3,039.00
VOLUMEN TOTAL		23,582.00	1,666.00	383.00	1,062.00	366.00	545.00	23.00	3.00	3.00	0.00	5.00	4.00	27,642.00
TPDS (por vehículos)		3,369.00	238.00	55.00	152.00	52.00	78.00	3.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	3,949.00
TPDS (por categoría)		3,607.00		206.00		130.00		4.00		2.00				
CONFIABILIDAD		80%												
DESVIACIÓN ESTANDAR NORMAL (Zr)		0.841												
DESVIACIÓN ESTANDAR MUESTRAL (S)		359.00	17.00	18.00	19.00	13.00	32.00	3.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	
DESVIACIÓN ESTANDAR POBLACIONAL (δ)		135.00	6.00	7.00	7.00	5.00	12.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
TPDA (por vehículos)		3,482.00	243.00	60.00	158.00	56.00	88.00	4.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	4,095.00
T. GENERADO (por vehículo) (25%)		871.00	61.00	15.00	39.00	14.00	22.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
T. DESARROLLADO (por vehículo) (5%)		174.00	12.00	3.00	8.00	3.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
T. A SIG (por vehículos)		4,527.00	316.00	79.00	205.00	73.00	114.00	5.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	5,324.00
T. A SIG (por categoría)		4,843.00		284.00		188.00		6.00		3.00				
COMPOSICIÓN DE TRÁFICO		90.96%		5.33%		3.53%		0.12%		0.06%				100.00%

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

4.2.6 Tasas de Crecimiento.

Antes de analizar la estimación del flujo vehicular para los próximos 20 años, es esencial calcular la tasa de incremento vehicular prevista para el año de diseño correspondiente. Para realizar este cálculo, se investigaron tablas propuestas por la MTOP, las cuales se compararán al final con las tasas de crecimiento derivadas durante el estudio. Para determinar estos valores, es necesario conocer la tasa de crecimiento poblacional, la tasa de crecimiento del parque automotor y la tasa de crecimiento del PIB per cápita.

4.2.6.1 Tasa de Crecimiento Poblacional.

A través del censo más reciente, obtenido de la información almacenada en la INEC, se calculará el cambio porcentual en la población de una región en un período específico, con el fin de establecer la tasa de crecimiento. Para esto se empleará la ecuación geométrica.

Ecuación 33: Determinación Geométrica Tasa Crecimiento Poblacional.

$$r = \left[\left(\frac{P^{t+n}}{P^t} \right)^{\frac{1}{a}} - 1 \right] * 100$$

Donde:

P^{t+n} = Población actual.

P^t = Población inicial.

a = Periodo de tiempo de las poblaciones de referencia.

En este contexto, se considerarán los valores poblacionales correspondientes a los años 2001 y 2010 proveniente de la provincia de Santa Elena de la ciudad de La Libertad.

Tabla 36: Población de la Ciudad de La Libertad.

AÑOS	POBLACIÓN (Hab)
2001	77,646.00
2010	95,942.00

Fuente: (INEC, 2022)

Al emplear la ecuación para calcular la tasa de crecimiento poblacional, su representación queda de la siguiente manera.

$$r = \left[\left(\frac{95942}{77646} \right)^{\frac{1}{9}} - 1 \right] * 100$$

$$r = 2.38 \%$$

El valor del 2.38%, obtenido a través del aumento poblacional, corresponderá a la tasa de crecimiento de la categoría de vehículos tipo "Buses" que circularán en la ciudad de La Libertad.

4.2.6.2 Tasa de Crecimiento del Parque Automotor.

Este indicador es crucial para la planificación urbana y vial, ya que ayuda a prever las necesidades futuras de infraestructuras, servicios y regulación del tráfico en respuesta a los cambios en la cantidad de vehículos en circulación.

Las Estadísticas de Transporte (ESTRA) emplean datos administrativos para presentar información significativa acerca de diversos aspectos, como la matriculación vehicular, incidentes de tráfico, transporte aéreo y marítimo. Estos datos son proporcionados por instituciones clave como la Agencia Nacional de Tránsito-ANT, la Dirección General de Aviación Civil-DGAC, así como diversas Autoridades Portuarias y Superintendencias Petroleras de carácter público (Anuarios de Estadísticas de Transporte INEC, 2022).



Provincia	Años												
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Napo	3,254	4,521	4,448	5,460	6,904	7,558	7,591	8,540	9,379	8,895	9,585	9,636	12,969
Orellana	6,668	11,671	9,350	12,242	15,368	15,329	15,819	17,039	18,582	17,044	19,050	20,127	25,020
Pastaza	4,532	6,378	6,983	8,288	9,780	9,814	9,487	10,685	11,663	10,997	12,039	12,077	14,068
Pichincha	301,960	320,645	363,559	389,932	429,537	492,568	535,560	511,782	540,827	521,946	473,957	534,278	569,095
Santa Elena	7,967	13,932	13,970	13,570	18,390	22,281	24,787	28,799	30,907	28,333	32,378	33,501	39,286
Santo Domingo de los Tsáchilas	34,169	47,380	30,918	32,697	38,360	61,886	60,879	75,644	81,253	80,280	84,906	82,508	98,783
Sucumbios	10,860	16,007	16,885	21,099	27,561	22,021	25,557	26,973	29,725	27,927	29,044	31,750	37,455
Tungurahua	62,377	69,977	71,883	80,629	85,281	87,752	90,125	102,555	107,224	101,471	107,456	109,190	122,899

Ilustración 33: Serie Histórica de Vehículos Matriculados.

Fuente: (INEC, 2022)

En la evaluación actual, se consideró la secuencia histórica de vehículos motorizados registrados que provienen de la provincia de Santa Elena. La información empleada se obtuvo de los registros contenidos en la base de datos del anuario de estadísticas de transporte del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).

Tabla 37: Incremento de Parque Automotor Provincia Santa Elena.

AÑO	VEHÍCULOS MOTORIZADOS MATRICULADOS	INCREMENTO PARCIAL	TASA DE INCREMENTO PARCIAL (%)	TASA DE INCREMENTO GLOBAL (%)
2010	7,967.00			20.16%
2011	13,932.00	5,965.00	74.87%	
2012	13,970.00	38.00	0.27%	
2013	13,570.00	-400.00	-2.86%	
2014	18,390.00	4,820.00	35.52%	
2015	22,281.00	3,891.00	21.16%	
2016	24,787.00	2,506.00	11.25%	
2017	28,799.00	4,012.00	16.19%	
2018	30,907.00	2,108.00	7.32%	
2019	28,333.00	-2,574.00	-8.33%	
2020	32,378.00	4,045.00	14.28%	
2021	33,501.00	1,123.00	3.47%	
2022	39,286.00	5,785.00	17.27%	

Fuente: (INEC, 2022)

Nota: En algunos periodos específicos, se observa una reducción en la tasa de crecimiento del parque automotor, la cual será excluida del análisis en relación con el estudio.

Utilizando estos datos, será posible calcular la tasa de crecimiento del parque automotor en la ciudad de estudio, que en este caso es La Libertad. Al conocer la población del cantón La Libertad en los años 2001 y 2010, junto con su tasa de

crecimiento, podremos proyectar la población del cantón hasta el año 2022 mediante la aplicación del método geométrico para la determinación de la población futura.

Ecuación 34: Población Futura.

$$P_f = P^{t+n} * (1 + r)^{(T_f - T_{ue})}$$

Donde:

r= Tasa de crecimiento poblacional

P^{t+n} = Población actual.

T_f =Tiempo de la proyección

T_{uc} = Tiempo del último censo

Tabla 38: Incremento Poblacional Cantón La Libertad, Año 2001 y 2010.

CANTÓN LA LIBERTAD	
TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL	
r	2.38
AÑOS	POBLACIÓN (Hab)
2001	77,646.00
2010	95,942.00

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

Tabla 39: Proyección Población Cantón La Libertad hasta Año 2022.

AÑOS	POBLACIÓN (Hab)
2010	95,942.00
2011	98,224.00
2012	100,561.00
2013	102,953.00
2014	105,402.00
2015	107,909.00
2016	110,476.00
2017	113,104.00
2018	115,795.00
2019	118,549.00
2020	121,369.00
2021	124,256.00
2022	127,212.00

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

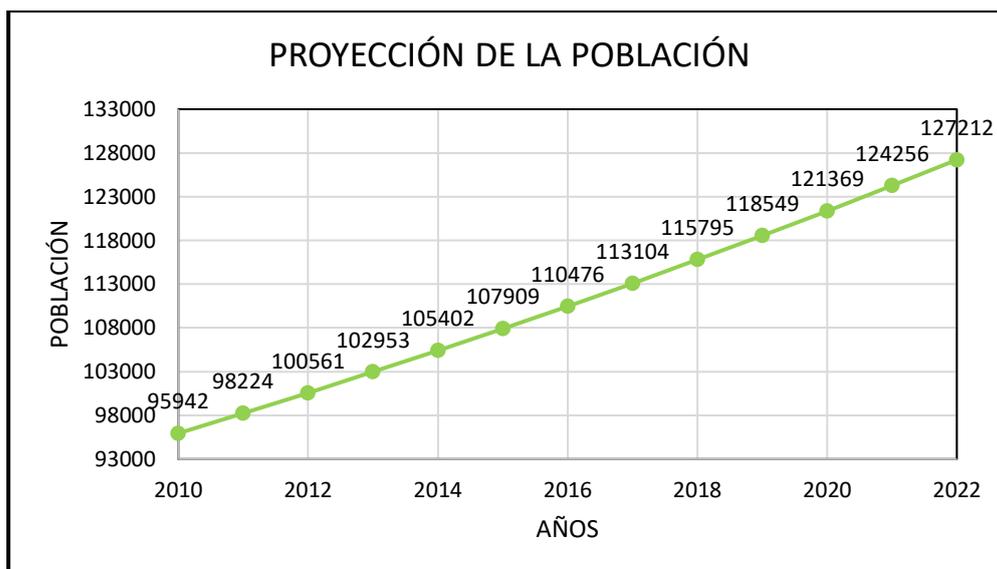


Ilustración 34: Línea de Tendencia Cantón La Libertad.
Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

Al tener acceso al dato poblacional de la provincia de Santa Elena en el año 2001 y 2010, será viable calcular la proyección de la población para el año 2022 mediante la aplicación de la ecuación destinada a este fin.

Tabla 40: Proyección Población Provincia Santa Elena, Año 2022.

PROVINCIA DE SANTA ELENA	
TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL	
r	2.89
AÑO	POBLACIÓN (Hab)
2001	238,889.00
2010	308,693.00
2022	434,478.00

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

Contando con las proyecciones para la provincia de Santa Elena y el cantón La Libertad en el año 2022, así como la tasa de crecimiento de vehículos matriculados, se llevará a cabo una correlación de estos datos para determinar la tasa de crecimiento específica de la ciudad de La Libertad.

Tabla 41: Datos Crecimiento Vehículos Motorizados Cantón La Libertad.

POBLACIÓN PROVINCIA DE SANTA ELENA 2022 (Hab)	434,478.00
TASA DE CRECIMIENTO DE VEHÍCULOS MOTORIZADOS	20.16%
POBLACIÓN CANTÓN LA LIBERTAD 2022 (Hab)	127,212.00

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

$$r = \frac{127,212 * 0.2016}{434,478} * 100$$

$$r = 5.90\%$$

El valor del 5.90%, obtenido a través de los datos, corresponderá a la tasa de crecimiento de la categoría de vehículos tipo "Livianos" que circularán en la ciudad de La Libertad.

4.2.6.3 Tasa de Crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB).

Es un parámetro económico que evalúa el cambio porcentual medio del ingreso económico per cápita de una población en un periodo específico. Esta métrica ofrece sobre el desarrollo económico y el estándar de vida de la población, ya que considera el crecimiento económico en relación con la cantidad de habitantes.

Se consideraron datos obtenidos de la base de datos proporcionada por la página del Banco Central de Cuentas Nacionales del Ecuador. En este contexto, se extrajeron los valores del Producto Interno Bruto (PIB) correspondientes a los años 2007 y 2008 para el país, los cuales serán presentados mediante una tabla.

Tabla 42: Producto Interno Bruto, Año 2007 y 2008 del País.

AÑO	PIB (Miles de US dólares)
2007	51,007,777.00
2008	54,250,408.00

Fuente: (Banco Central del Ecuador, 2007)

Se ha extraído, mediante la base de datos, el valor del Producto Interno Bruto (PIB) correspondiente al año 2007 para el cantón La Libertad, el cual asciende a 373,957 miles de dólares. Utilizando este dato, se lleva a cabo una correlación para determinar el PIB del año 2008.

Tabla 43: Producto Interno Bruto, Año 2007 y 2008 Cantón La Libertad.

AÑO	PIB (Miles de US dólares)
2007	373,957.00
2008	397,730.00

Fuente: (Banco Central del Ecuador, 2007)

Para conocer el valor del PIB per cápita de la ciudad de La Libertad se necesitará conocer la población del año 2007 y 2008.

Tabla 44: Población Año 2007 y 2008 Cantón La Libertad.

TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL	
r	2.38
AÑOS	POBLACIÓN (Hab)
2001	77,646.00
2007	89,409.00
2008	91,535.00

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

Para determinar el valor del PIB per cápita, se necesitará aplicar la siguiente ecuación por medio de una relación entre PIB de la ciudad La Liberta con respecto a la Población de esta:

$$PIB_{pc} = \frac{PIB}{Población}$$

Tabla 45: Resultado de PIB de la Ciudad La Libertad.

AÑOS	PIB LA LIBERTAD
2007	4.18
2008	4.35

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

Una vez conocido estos valores, se podrá determinar la tasa de crecimiento del PIB per cápita, aplicando la siguiente ecuación.

$$r = \left(\frac{PIB_{pc(n)} - PIB_{pc(n-1)}}{PIB_{pc(n-1)}} \right) * 100$$

Donde:

$PIB_{pc(n-1)}$ = Producto Interno Bruto año anterior.

$PIB_{pc(n)}$ = Producto Interno Bruto año actual.

$$r = \left(\frac{4.35 - 4.18}{4.35} \right) * 100$$

$$r = 3.74 \%$$

4.2.6.4 Tasa de Crecimiento de la MTOP.

Se recopilaron datos provenientes de la Coordinación de Factibilidad de la Dirección de Estudios de Transporte aplicado en vías de la provincia de Santa Elena. Estos datos corresponden a las tasas de crecimiento para vehículos livianos, buses y pesados en periodos específicos. En el presente estudio, utilizaremos la tabla propuesta por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP) y la relacionaremos con un promediado de la información obtenida a través del análisis de la tasa de crecimiento poblacional, del parque automotor y del Producto Interno Bruto (PIB) per cápita.

Tabla 46: Tasas de Crecimiento Vehicular Propuesta por la MTOP.

PERÍODO	LIVIANO	BUS	CAMIÓN
2015-2020	5.56	3.00	3.33
2020-2025	4.95	2.67	2.96
2025-2030	4.45	2.40	2.67
2030-2035	4.04	2.18	2.43

Fuente: (MTOP, 2022)

Resumen de los valores obtenidos por la tasa de crecimiento seleccionadas. Para livianos una tasa de crecimiento del 5,90%, Buses 2.38% y Pesados con 3.74%.

Tabla 47: Tasa Relacionada MTOP y Tasa de Crecimiento Seleccionadas.

PERÍODO	LIVIANO	BUS	CAMIÓN
2015-2020	5.73	2.69	3.54
2020-2025	5.43	2.53	3.35
2025-2030	5.18	2.39	3.21
2030-2035	4.97	2.28	3.09

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

4.2.7 Proyección del Tráfico Asignado a 20 años.

Para calcular este parámetro, es esencial conocer las tasas de crecimiento específicas para cada categoría vehicular, con el objetivo de emplear un periodo de diseño proyectado a 20 años. Posteriormente, se determinará el tráfico proyectado que transitará por la vía, estableciendo un valor de 13,585 vehículos mixtos en ambas direcciones.

Tabla 48: Proyección del Tránsito Asignado a 20 Años.

PROYECCION DEL TRANSITO ASIGNADO A 20 AÑOS																							
AÑOS	N°	TASA DE CRECIMIENTO (%)	LIVIANOS		TASA DE CRECIMIENTO (%)	BUSES		TASA DE CRECIMIENTO (%)	CAMIONES 2EJES		TASA DE CRECIMIENTO (%)	CAMIONES 3 EJES		TASA DE CRECIMIENTO (%)	CAMIONES 3 O MAS EJES				TOTAL				
			AUTO MÓVILES	CAMIONETA		BUSETA	BUS		C2P	C2G		C3	C2-S1		C2-S2	C3-S1	C3-S2	C3-S3					
2023	0	5.43	4,527	316	2.53	79	205	3.35	73	114	3.35	5	1	3.35	1	0	1	1	5,324				
2024	1	5.43	4,773	334	2.53	81	210	3.35	76	118	3.35	6	1	3.35	1	0	1	1	5,601				
2025	2	5.43	5,032	352	2.53	83	216	3.35	78	122	3.35	6	1	3.35	1	0	1	1	5,892				
2026	3	5.18	5,266	368	2.39	84	220	3.21	81	126	3.21	6	1	3.21	1	0	1	1	6,156				
2027	4	5.18	5,540	387	2.39	86	225	3.21	83	130	3.21	6	1	3.21	1	0	1	1	6,463				
2028	5	5.18	5,827	407	2.39	88	231	3.21	86	134	3.21	6	1	3.21	1	0	2	1	6,785				
2029	6	5.18	6,129	428	2.39	91	236	3.21	89	138	3.21	6	1	3.21	1	0	2	1	7,123				
2030	7	5.18	6,446	450	2.39	93	242	3.21	92	143	3.21	7	1	3.21	1	0	2	1	7,478				
2031	8	4.97	6,673	466	2.28	94	246	3.09	94	146	3.09	7	1	3.09	1	0	2	1	7,730				
2032	9	4.97	7,004	489	2.28	96	251	3.09	96	150	3.09	7	1	3.09	1	0	2	2	8,101				
2033	10	4.97	7,353	514	2.28	98	257	3.09	99	155	3.09	7	1	3.09	1	0	2	2	8,489				
2034	11	4.97	7,718	539	2.28	101	263	3.09	103	160	3.09	7	1	3.09	1	0	2	2	8,896				
2035	12	4.97	8,102	566	2.28	103	269	3.09	106	165	3.09	8	1	3.09	1	0	2	2	9,324				
2036	13	4.97	8,504	594	2.28	105	275	3.09	109	170	3.09	8	2	3.09	1	0	2	2	9,772				
2037	14	4.97	8,927	624	2.28	108	281	3.09	112	175	3.09	8	2	3.09	1	0	2	2	10,242				
2038	15	4.97	9,370	655	2.28	110	288	3.09	116	180	3.09	8	2	3.09	1	0	2	2	10,734				
2039	16	4.97	9,836	687	2.28	113	294	3.09	119	186	3.09	9	2	3.09	1	0	2	2	11,251				
2040	17	4.97	10,325	722	2.28	115	301	3.09	123	192	3.09	9	2	3.09	1	0	2	2	11,794				
2041	18	4.97	10,838	757	2.28	118	308	3.09	127	198	3.09	9	2	3.09	1	0	2	2	12,362				
2042	19	4.97	11,377	795	2.28	121	315	3.09	131	204	3.09	9	2	3.09	1	0	2	2	12,959				
2043	20	4.97	11,942	835	2.28	123	322	3.09	135	210	3.09	10	2	3.09	1	0	2	2	13,585				
COMPOSICIÓN DEL TRÁFICO A 20 AÑOS EN (%)																							
			87.91%	6.14%			0.91%	2.37%			0.99%	1.55%			0.07%	0.01%			0.01%	0.00%	0.02%	0.02%	TOTAL
			94.05%				3.28%				2.54%				0.09%				0.04%				100.00%

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

4.2.8 Clasificación de la Vía.

Conforme a los parámetros definidos por las regulaciones de diseño del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), la vía se clasifica como tipo R-I debido a que el tráfico proyectado alcanza un valor de 13,585 vehículos en ambos sentidos superando el límite de 8,000 vehículos estipulado por la normativa.

4.3 Cálculo de Ejes Equivalentes de Diseño (ESALs)

Para calcular el valor de ESALs, es esencial emplear una serie de parámetros que nos proporcionen información acerca de las cargas aplicadas. Esto implica tener conocimiento del tráfico asignado, la configuración de ejes según la categoría de vehículos y la aplicación de estos parámetros para definir el factor de camión. También se requiere tener información sobre el factor de crecimiento según la composición vehicular, abarcando vehículos livianos, buses y pesados, para determinar el tráfico de diseño. Una vez obtenido este dato, junto con el factor direccional y el factor carril, se podrá calcular las cargas de ejes equivalentes, comúnmente conocidas como (W18).

4.3.1 Clasificación de las Cargas por Ejes.

Para establecer las magnitudes de las cargas asociadas a los ejes, se llevó a cabo un análisis basado en la tabla nacional de pesos y dimensiones, conforme a las disposiciones establecidas por la Normativa de la Institución Nacional de Transporte Terrestre del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (NEVI 12-MTO).

Tabla 49: Clasificación de las Cargas por Ejes.

TIPO DE VEHÍCULOS		TIPOS DE EJES	PESO (Ton)	PESO (Kips)
LIVIANOS		DELANTERO SIMPLE	1.5	3.307
		POSTERIOR SIMPLE	2.5	5.512
BUSES	BUSETA (2DB)	DELANTERO SIMPLE	3	6.614
		POSTERIOR SIMPLE	7	15.432
	BUS (2DA)	DELANTERO SIMPLE	7	15.432
		POSTERIOR DOBLE	11	24.251
PESADOS (CAMIONES DE 2, 3 O MAS EJES)	C2P	DELANTERO SIMPLE	3	6.614
		POSTERIOR DOBLE	7	15.432
	C2G	DELANTERO SIMPLE	7	15.432
		POSTERIOR DOBLE	11	24.251
	C3	DELANTERO SIMPLE	7	15.432
		POSTERIOR TÁNDEM	20	44.092
	C2-S1	DELANTERO SIMPLE	7	15.432
		POSTERIOR DOBLE	11	24.251
		POSTERIOR DOBLE	11	24.251
	C2-S2	DELANTERO SIMPLE	7	15.432
		POSTERIOR DOBLE	11	24.251
		POSTERIOR TÁNDEM	20	44.092
	C3-S1	DELANTERO SIMPLE	7	15.432
		POSTERIOR TÁNDEM	20	44.092
		POSTERIOR DOBLE	11	24.251
	C3-S2	DELANTERO SIMPLE	7	15.432
		POSTERIOR TÁNDEM	20	44.092
		POSTERIOR TANDEM	20	44.092
	C3-23	DELANTERO SIMPLE	7	15.432
		POSTERIOR TÁNDEM	20	44.092
POSTERIOR TRIDEM		24	52.910	

Fuente: (NEVI 12, 2013)

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

4.3.2 Factor de Equivalencia de Carga.

Calculamos este factor aplicando la ecuación de la cuarta potencia diseñada para pavimento flexible según la normativa AASHTO-93. A continuación, se detallarán los datos necesarios para derivar el factor de equivalencia.

De manera iterativa, elegimos un valor para el número estructural, en este caso, asumimos un valor de 4 pulgadas, lo que resultará en una serviciabilidad final de 2.5, conforme a las recomendaciones de la AASHTO-93 para carreteras de importancia. Con base en esta información, procederemos a llevar a cabo un ejemplo para determinar el factor de equivalencia para un eje tándem de 20 toneladas.

$$P_t = 2.5$$

$$G = \text{Log}_{10} \left[\frac{4.2 - P_t}{4.2 - 1.5} \right]$$

$$G = \text{Log}_{10} \left[\frac{4.2 - 2.5}{4.2 - 1.5} \right] = -0.201$$

Para encontrar la función en relación con la carga de 20 toneladas, es necesario primero convertirla a kips. En este contexto, L_x representa el peso del eje tándem, mientras que L_{2x} se refiere al código asociado al tipo de eje.

$$SN = 4 \text{ in (Valor iterativo)}$$

$$L_x = 20 \text{ Ton} = 44.092 \text{ Kips (Eje Tándem)}$$

$$L_{2x} = 2 \text{ Kips}$$

$$\beta_x = 0.4 + 0.081 * \frac{[L_x + L_{2x}]^{3.23}}{[SN + 1]^{5.19} * [L_{2x}]^{3.23}}$$

$$\beta_x = 0.4 + 0.081 * \frac{[44.092 + 2]^{3.23}}{[4 + 1]^{5.19} * [2]^{3.23}} = 0.8809$$

Para calcular la función de diseño B_{18} para una carga de 18 kips, es esencial conocer el valor de L_{2s} vinculado al código del eje estándar, a la par que L_{18} representa el valor de la carga de análisis a 18 kips.

$$SN = 4 \text{ in}$$

$$L_{18} = 18 \text{ Kips}$$

$$L_{2s} = 1 \text{ kips}$$

$$\beta_{18} = 0.4 + 0.081 * \frac{[L_{18} + L_{2s}]^{3.23}}{[SN + 1]^{5.19} * [L_{2s}]^{3.23}}$$

$$\beta_{18} = 0.4 + 0.081 * \frac{[18 + 1]^{3.23}}{[4 + 1]^{5.19} * [1]^{3.23}}$$

$$\beta_{18} = 0.6578$$

Con los valores proporcionados, será posible establecer la relación entre las cargas que inciden con las cargas de 18 kips por eje.

$$L_{18} = 18 \text{ Kips}$$

$$L_{2x} = 2 \text{ Kips}$$

$$B_{18} = 0.6578$$

$$L_{2s} = 1 \text{ kips}$$

$$G = -0.201$$

$$L_x = 44.092 \text{ Kips}$$

$$B_x = 0.8809$$

$$\frac{W_x}{W_{18}} = \left[\frac{L_{18} + L_{2S}}{L_x + L_{2X}} \right]^{4.79} * \left[\frac{10^{\frac{G}{\beta_x}}}{10^{\frac{G}{\beta_{18}}}} \right] * [L_{2X}]^{4.33}$$

$$\frac{W_x}{W_{18}} = \left[\frac{18 + 1}{44.092 + 2} \right]^{4.79} * \left[\frac{10^{\frac{-0.201}{0.8809}}}{10^{\frac{-0.201}{0.6578}}} \right] * [2]^{4.33}$$

$$\frac{W_x}{W_{18}} = 0.3446$$

Con este resultado, será posible determinar el coeficiente de equivalencia de carga, también conocido como el factor camión. La diferencia radica en que este factor es la suma de los ejes equivalentes dividida por la cantidad de ejes que posea el vehículo.

$$FC = \frac{1}{\frac{W_x}{W_{18}}}$$

$$FC = \frac{1}{0.3446}$$

$$FC = 2.902$$

A continuación, se detallará dicho proceso, siguiendo el ejemplo de un eje tándem del tipo C2S2.

Para llevar a cabo esto, será necesario obtener los valores correspondientes al eje posterior simple y doble. Estos valores serán identificados a través de una tabla que abarca los valores correspondientes a las distintas clases de vehículos. En este caso específico, los valores para el eje delantero simple son 0.563, para el eje posterior doble son 3.008, y para el eje tándem se refieren al valor obtenido anteriormente, que es de 2.902.

$$FC = 0.563 + 3.008 + 2.902$$

$$FC = 6.473$$

Tabla 50: Factor Equivalencia de Carga Vehicular.

TIPO DE VEHÍCULOS	TIPOS DE EJES	PESO (Ton)	Lx (Kips)	L18 (Kips)	L2x (Kips)	L2s (Kips)	G	Bx	B18	Wx/W18	FACTOR EQUIVALENCIA	FACTOR CAMIÓN	
LIVIANOS	DELANTERO SIMPLE	1.5	3.307	18	1	1	-0.2009	0.4021	0.6578	782.375	0.0013	0.010	
	POSTERIOR SIMPLE	2.5	5.512	18	1	1	-0.2009	0.4081	0.6578	109.862	0.0091		
BUSES	BUSETA (2DB)	DELANTERO SIMPLE	3	6.614	18	1	1	-0.2009	0.4134	0.6578	52.706	0.0190	0.582
		POSTERIOR SIMPLE	7	15.432	18	1	1	-0.2009	0.5613	0.6578	1.776	0.5629	
	BUS (2DA)	DELANTERO SIMPLE	7	15.432	18	1	1	-0.2009	0.5613	0.6578	1.776	0.5629	3.571
		POSTERIOR DOBLE	11	24.251	18	1	1	-0.2009	1.0459	0.6578	0.332	3.0081	
PESADOS (CAMIONES DE 2, 3 O MAS EJES)	C2P	DELANTERO SIMPLE	3	6.614	18	1	1	-0.2009	0.4134	0.6578	52.706	0.0190	0.582
		POSTERIOR DOBLE	7	15.432	18	1	1	-0.2009	0.5613	0.6578	1.776	0.5629	
	C2G	DELANTERO SIMPLE	7	15.432	18	1	1	-0.2009	0.5613	0.6578	1.776	0.5629	3.571
		POSTERIOR DOBLE	11	24.251	18	1	1	-0.2009	1.0459	0.6578	0.332	3.0081	
	C3	DELANTERO SIMPLE	7	15.432	18	1	1	-0.2009	0.5613	0.6578	1.776	0.5629	3.465
		POSTERIOR TÁNDEM	20	44.092	18	2	1	-0.2009	0.8809	0.6578	0.345	2.9021	
	C2-S1	DELANTERO SIMPLE	7	15.432	18	1	1	-0.2009	0.5613	0.6578	1.776	0.5629	6.579
		POSTERIOR DOBLE	11	24.251	18	1	1	-0.2009	1.0459	0.6578	0.332	3.0081	
		POSTERIOR DOBLE	11	24.251	18	1	1	-0.2009	1.0459	0.6578	0.332	3.0081	
	C2-S2	DELANTERO SIMPLE	7	15.432	18	1	1	-0.2009	0.5613	0.6578	1.776	0.5629	6.473
		POSTERIOR DOBLE	11	24.251	18	1	1	-0.2009	1.0459	0.6578	0.332	3.0081	
		POSTERIOR TÁNDEM	20	44.092	18	2	1	-0.2009	0.8809	0.6578	0.345	2.9021	
	C3-S1	DELANTERO SIMPLE	7	15.432	18	1	1	-0.2009	0.5613	0.6578	1.776	0.5629	6.473
		POSTERIOR TÁNDEM	20	44.092	18	2	1	-0.2009	0.8809	0.6578	0.345	2.9021	
		POSTERIOR DOBLE	11	24.251	18	1	1	-0.2009	1.0459	0.6578	0.332	3.0081	
	C3-S2	DELANTERO SIMPLE	7	15.432	18	1	1	-0.2009	0.5613	0.6578	1.776	0.5629	6.367
		POSTERIOR TÁNDEM	20	44.092	18	2	1	-0.2009	0.8809	0.6578	0.345	2.9021	
		POSTERIOR TÁNDEM	20	44.092	18	2	1	-0.2009	0.8809	0.6578	0.345	2.9021	
	C3-23	DELANTERO SIMPLE	7	15.432	18	1	1	-0.2009	0.5613	0.6578	1.776	0.5629	5.002
		POSTERIOR TÁNDEM	20	44.092	18	2	1	-0.2009	0.8809	0.6578	0.345	2.9021	
		POSTERIOR TRIDEM	24	52.910	18	3	1	-0.2009	0.6422	0.6578	0.651	1.5372	

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

4.3.3 Tasa de Crecimiento.

Se obtuvieron valores promediados a través de la tabla de coordinación de factibilidad de la MTOP y de los valores encontrados mediante el análisis de la tasa de crecimiento poblacional, del parque automotor y del Producto Interno Bruto (PIB) per-cápita.

Tabla 51: Tasa de Crecimiento por Clase Vehicular.

TASA DE CRECIMIENTO	
LIVIANO	5.43%
BUS	2.53%
CAMIÓN	3.35%

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

4.3.4 Factor de Crecimiento.

Para calcular este coeficiente, es de mucha utilidad conocer la tasa de crecimiento por clase vehicular. De tal modo, se detallarán los valores de factor de crecimiento para un periodo de diseño a 20 años. Para esto, se empleará la siguiente ecuación.

$$GF = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Livianos

$$GF = \frac{(1 + 0.0543)^{20} - 1}{0.0543} = 34.61$$

Buses

$$GF = \frac{(1 + 0.0253)^{20} - 1}{0.0253} = 25.62$$

Camiones

$$GF = \frac{(1 + 0.0335)^{20} - 1}{0.0335} = 27.85$$

4.3.5 Factor de Distribución por Carril.

La calzada de la calle 21 cuenta con 2 carriles en direcciones apuestas, de esta forma se tiene la presencia de un carril en una sola dirección, por tal razón se utilizará un factor de distribución por carril de 100%, como lo indica la tabla de factor de distribución de carril.

4.3.6 Factor de Distribución Direccional.

La vía presenta 2 carriles en ambas direcciones, el porcentaje de distribución direccional se optará con el valor del 50% como lo indica la tabla de factor de distribución direccional.

4.3.7 Cálculo de Ejes Equivalentes de Diseño (ESALs o W18).

Para calcular el tráfico de diseño, será necesario recopilar los siguientes datos: el

tráfico asignado, la cantidad de días en un año, el factor de crecimiento y el factor camión. Después de esto, se podrá determinar el número equivalente de ejes estándar (ESALs) de diseño, aplicando el factor de distribución por carril y dirección. Estos datos se presentarán de manera demostrativa a través de una tabla que abarcará todas las categorías de vehículo, con el propósito de conocer el total de ESALs.

Tabla 52: Determinación del Número de ESALs o (W18) de Diseño.

TIPO DE VEHICULOS	TRÁFICO ASIGNADO	FACTOR DE CRECIMIENTO	FACTOR CAMIÓN	DÍAS	TRÁFICO DISEÑO	FACTOR CARRIL	FACTOR DIRECCIONAL	ESALs DISEÑO	ESALs (w18)	
LIVIANOS	4,843.00	34.609	0.010	365	635,070.00	1.00	0.50	317,535.00	6,474,043	
BUSES	BUSETA (2DB)	79.00	25.622	0.582	365	427,823.00	1.00	0.50		213,912.00
	BUS(2DA)	205.00	25.622	3.571	365	6,850,673.00	1.00	0.50		3,425,336.00
PESADOS (CAMIONES DE 2, 3 O MAS EJES)	C2P	73.00	27.848	0.582	365	434,132.00	1.00	0.50		217,066.00
	C2G	114.00	27.848	3.571	365	4,150,117.00	1.00	0.50		2,075,058.00
	C3	5.00	27.848	3.465	365	187,441.00	1.00	0.50		937,20.00
	C2-S1	1.00	27.848	6.579	365	68,333.00	1.00	0.50		34,166.00
	C2-S2	1.00	27.848	6.473	365	51,070.00	1.00	0.50		25,535.00
	C3-S1	0.00	27.848	6.473	365	0.00	1.00	0.50		0.00
	C3-S2	1.00	27.848	6.367	365	85,323.00	1.00	0.50		42,662.00
	C3-23	1.00	27.848	5.002	365	58,105.00	1.00	0.50		29,053.00

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

4.4 Trabajos de Laboratorios

4.4.1 Extracción de las Muestras en la Vía de Estudio.

Se realizaron cuatro perforaciones en el suelo a lo largo de la calle 21, denominadas calicatas, con una profundidad de 1.20 metros y distancias mínimas de 500 metros entre cada una. La primera excavación comenzó en la abscisa 0+500 metros, seguida por la segunda en la abscisa 1+000 metros, la tercera en la abscisa 1+500 metros y la cuarta en la abscisa 2+000 metros. Estos detalles se presentarán de manera específica en una tabla.

En el lugar, se identificaron dos tipos de materiales, de los cuales se extrajeron dos muestras mediante perforaciones, totalizando ocho muestras en conjunto. En las cuatro perforaciones, se observó que a una profundidad de 30 centímetros se encontró material grueso, sugiriendo la presencia de la capa base. Por debajo de esta

profundidad, hasta alcanzar los 90 centímetros, se pudo apreciar material fino, indicando la presencia de la subrasante. Además, se constató la existencia de una capa de rodadura de 10 centímetros a excepción de la cuarta perforación la cual no cuenta con la presencia de pavimento.

Según las mediciones realizadas en el sitio estos detalles se ilustrarán de manera más precisa en una representación gráfica.

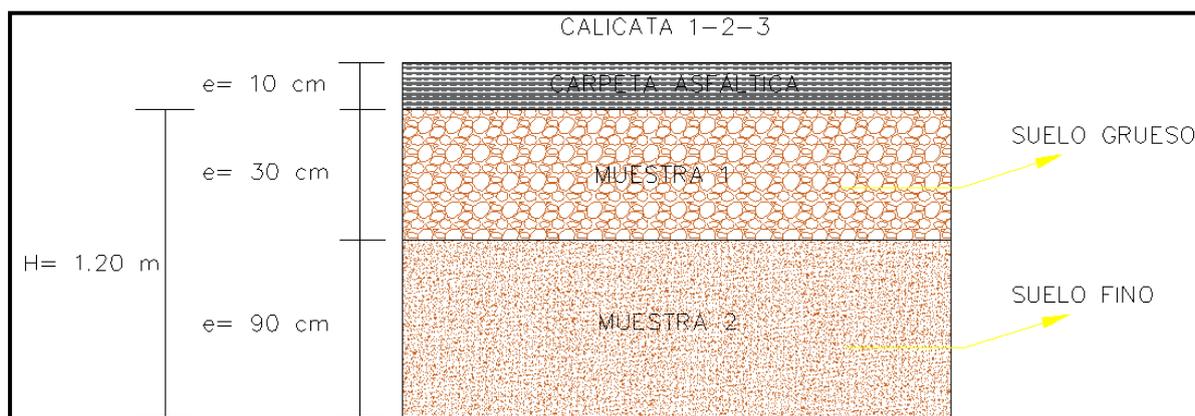


Ilustración 35: Interpretación de las Muestras 1-2-3 Extraídas en el Sitio.
Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

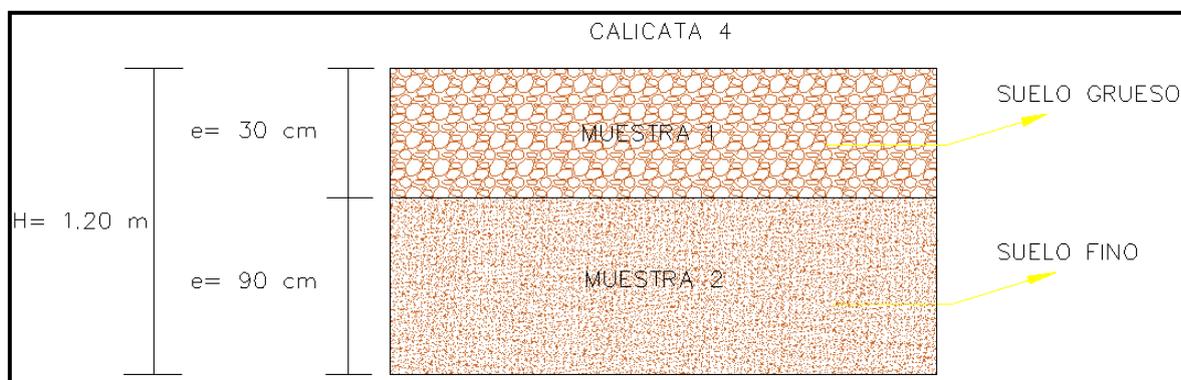


Ilustración 36: Interpretación de la Muestra 4 Extraída en el Sitio.
Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

4.4.2 Resultados de los Ensayos del Laboratorio.

Las muestras fueron llevadas al laboratorio "Arnaldo Rufilli" localizado en la ciudadela universitaria de la Universidad de Guayaquil, donde se llevaron a cabo los correspondientes análisis, abarcando la medición del contenido de humedad, el porcentaje que pasa por el tamiz #200, la granulometría, el Proctor modificado, los límites de Atterberg y el CBR.

Se completaron los ensayos necesarios para cada muestra obtenida en el sitio, con el objetivo de comprender las características físicas y mecánicas que podrían poseer, y para verificar si cumplen con las características requeridas para la estructura del pavimento y su correcto funcionamiento según la MTOP.

A continuación, se presenta una tabla resumida que describe los resultados conclusivos de las pruebas correspondientes a cada muestra.

Tabla 53: Resultados de Ensayos de Laboratorio – Calicata #1.

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"</p> 			
<p>PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.</p>			
<p>ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA PERFORACIÓN: C1 ABSCISA: 0+500</p>		<p>FECHA: NOVIEMBRE 2023 MUESTRA: M1 - M2 PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.20</p>	
RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO			
ENSAYOS		MUESTRA #1	MUESTRA #2
CONTENIDO DE HUMEDAD		9.74%	16.04%
PORCENTAJE QUE PASA POR EL TAMIZ #200		10.10%	52.31%
LÍMITE LÍQUIDO		17.63%	18.12%
LÍMITE PLÁSTICO		13.79%	14.50%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD		3.84%	3.62%
PROCTOR MODIFICADO	DENSIDAD SECA MÁXIMA	2,023	2,014
	PORCENTAJE DE HUMEDAD	8.83%	6.54%
CBR		26.06%	4.80%

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

Tabla 54: Resultados de Ensayos de Laboratorio – Calicata #2.

		UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"			
PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.					
ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA PERFORACIÓN: C2 ABSCISA: 1 + 000			FECHA: NOVIEMBRE 2023 MUESTRA: M1 - M2 PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.20		
RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO					
ENSAYOS		MUESTRA #1		MUESTRA #2	
CONTENIDO DE HUMEDAD		6.95%		23.71%	
PORCENTAJE QUE PASA POR EL TAMIZ #200		19.42%		77.89%	
LÍMITE LÍQUIDO		14.87%		38.16%	
LÍMITE PLÁSTICO		12.23%		18.02%	
ÍNDICE DE PLASTICIDAD		2.64%		20.14%	
PROCTOR MODIFICADO	DENSIDAD SECA MÁXIMA		2,022		1,724
	PORCENTAJE DE HUMEDAD		6.11%		14.00%
CBR		3.25%		0.919%	

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

Tabla 55: Resultados de Ensayos de Laboratorio – Calicata #3.

		UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"			
PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.					
ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA PERFORACIÓN: C3 ABSCISA: 1 + 500			FECHA: NOVIEMBRE 2023 MUESTRA: M1 - M2 PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.20		
RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO					
ENSAYOS		MUESTRA #1		MUESTRA #2	
CONTENIDO DE HUMEDAD		6.88%		8.86%	
PORCENTAJE QUE PASA POR EL TAMIZ #200		11.81%		20.06%	
LÍMITE LÍQUIDO		14.51%		15.40%	
LÍMITE PLÁSTICO		12.61%		10.13%	
ÍNDICE DE PLASTICIDAD		1.90%		5.27%	
PROCTOR MODIFICADO	DENSIDAD SECA MÁXIMA		2,018		2,031
	PORCENTAJE DE HUMEDAD		8.90%		8.67%
CBR		42.50%		38.50%	

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel.

Tabla 56: Resultados de Ensayos de Laboratorio – Calicata #4.

		UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"			
PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.					
ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA PERFORACIÓN: C4 ABSCISA: 2 + 000			FECHA: NOVIEMBRE 2023 MUESTRA: M1 - M2 PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.20		
RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO					
ENSAYOS		MUESTRA #1		MUESTRA #2	
CONTENIDO DE HUMEDAD		4.57%		11.42%	
PORCENTAJE QUE PASA POR EL TAMIZ #200		27.13%		41.92%	
LÍMITE LÍQUIDO		15.74%		14.93%	
LÍMITE PLÁSTICO		10.93%		11.63%	
ÍNDICE DE PLASTICIDAD		4.81%		3.30%	
PROCTOR MODIFICADO	DENSIDAD SECA MÁXIMA		1,922		1,923
	PORCENTAJE DE HUMEDAD		6.92%		5.76%
CBR		2.06%		1.71%	

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

4.4.3 Resultados Capa Base y Subrasante según MTOP.

Después de presentar los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio, se llevará a cabo una comparación con las especificaciones técnicas establecidas por la MTOP. El propósito es verificar si el material actual es adecuado para continuar desempeñando su función como parte integral de la estructura del pavimento.

Las características observadas en la primera capa de las muestras extraídas de las cuatro calicatas indican la presencia de material grueso, identificándose, así como la capa base, mientras que la segunda muestra corresponde a material fino. Como consecuencia, se exhibirá una tabla que compara los resultados con los estándares establecidos por la MTOP.

Tabla 57: Resultados Capa Base Calicata 1,2,3 y 4 según MTOP.

		UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"				
PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.						
ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA PERFORACIÓN: C1, C2, C3, C4 ABSCISA: 0+500; 1+000; 1+500; 2+000				FECHA: NOVIEMBRE 2023 MUESTRA: M1 PROFUNDIDAD: 0.00 – 0.30		
RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO						
ENSAYOS		C1	C2	C3	C4	MTOP
CONTENIDO DE HUMEDAD		9.74%	6.95%	6.88%	4.57%	
PORCENTAJE QUE PASA POR EL TAMIZ #200		10.10%	19.42%	11.81%	27.13%	
LÍMITE LÍQUIDO		17.63%	14.87%	14.51%	15.74%	< 25%
LÍMITE PLÁSTICO		13.79%	12.23%	12.61%	10.93%	
ÍNDICE DE PLASTICIDAD		3.84%	2.64%	1.90%	4.81%	< 6%
PROCTOR MODIFICADO	DENSIDAD SECA MÁXIMA	2,023	2,022	2,018	1,922	
	PORCENTAJE DE HUMEDAD	8.83%	6.11%	8.90%	6.92%	
CBR		26.06%	3.25%	42.50%	2.06%	> 80%

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

Tabla 58: Resultados Subrasante Calicata 1,2,3 y 4 según MTOP.

		UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"				
PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.						
ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA PERFORACIÓN: C1, C2, C3, C4 ABSCISA: 0+500; 1+000; 1+500; 2+000				FECHA: NOVIEMBRE 2023 MUESTRA: M2 PROFUNDIDAD: 0.30 - 1.20		
RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO						
ENSAYOS		C1	C2	C3	C4	MTOP
CONTENIDO DE HUMEDAD		16.04%	23.71%	8.86%	11.42%	
PORCENTAJE QUE PASA POR EL TAMIZ #200		52.31%	77.89%	20.06%	41.92%	
LÍMITE LÍQUIDO		18.12%	38.16%	15.40%	14.93%	< 35%
LÍMITE PÁSTICO		14.50%	18.02%	10.13%	11.63%	
ÍNDICE DE PLASTICIDAD		3.62%	20.14%	5.27%	3.30%	< 9%
PROCTOR MODIFICADO	DENSIDAD SECA MÁXIMA	2,014	1,724	2,031	1,923	
	PORCENTAJE DE HUMEDAD	6.54%	14.00%	8.67%	5.76%	
CBR		4.80%	0.919%	38.50%	1.71%	> 20%

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

Se ha determinado que los materiales que componen la estructura actual del pavimento, antes de realizar los ensayos de laboratorio, no cumplen con las especificaciones técnicas establecidas en el MOP-001-F-2002 para funciones como material de base, subbase, mejoramiento y subrasante.

Los resultados de los ensayos indican la presencia únicamente de una capa estructural, que corresponde a la base. Sin embargo, según los resultados obtenidos, esta capa no cumple con los requisitos establecidos en la sección 404-1.02 de bases de la normativa mencionada.

En cuanto a la subrasante, solo el tramo correspondiente a la calicata #3 muestra #2 cumple con las especificaciones técnicas, mientras que las demás no cumplen con las características mencionadas en la sección 402-1.02 de subrasante.

4.4.4 Clasificación del Material Sistema SUCS y AASHTO.

Se ha realizado la categorización del suelo utilizando los sistemas SUCS y AASHTO, con el objetivo de identificar el material presente en el sitio.

Tabla 59: Clasificación Sistema SUCS y AASHTO.

				UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"									
PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.													
ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA. NÚMERO DE PERFORACIÓN: 4						FECHA: NOVIEMBRE 2023 NÚMERO DE MUESTRA: 8							
CLASIFICACION DEL MATERIAL SISTEMA SUCS Y AASHTO													
CALICATA	MUESTRAS	PROF.	GRANULOMETRÍA % QUE PASA POR EL TAMIZ				LÍMITE LÍQUIDO (LL)	LÍMITE PLASTICO (LP)	ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)	ÍNDICE DE GRUPO	SUCS	AASHTO	
			N°	(m)	N° 4	N° 10							N° 40
CALICATA 1 ABSCISA 0+500	1	0.00	22.80%	18.11%	10.27%	10.10%	17.63%	13.79%	3.84%	0	GP - GC	A-1-a	
		0.30											
	2	0.30	89.17%	85.68%	42.71%	52.30%	18.12%	14.50%	3.62%	≤ 8	CL - ML	A-4	
		1.20											
CALICATA 2 ABSCISA 1+000	1	0.00	37.19%	32.21%	19.26%	19.42%	14.87%	12.23%	2.64%	0	GM	A-2-4	
		0.30											
	2	0.30	100%	98.49%	77.87%	77.89%	38.16%	18.02%	20.14%	≤ 20	CL	A-6	
		1.20											
CALICATA 3 ABSCISA 1+500	1	0.00	30.58%	23.33%	10.06%	11.81%	14.51%	12.61%	1.90%	0	GW-GM	A-2-4	
		0.30											
	2	0.30	54.11%	50.63%	29.42%	20.06%	15.40%	10.13%	5.27%	0	SC - SM	A-2-4	
		1.20											
CALICATA 4 ABSCISA 2+000	1	0.00	96.78%	94.35%	38.10%	27.13%	15.74%	10.93%	4.81%	0	SM	A-2-4	
		0.30											
	2	0.30	96.25%	94.96%	63.43%	41.92%	14.93%	11.63%	3.30%	≤ 8	SM	A-4	
		1.20											

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

4.5 Diseño de Pavimento Flexible según AASHTO 93 a 20 Años

Para establecer el diseño del pavimento flexible, se debe emplear la siguiente ecuación denotada como ecuación general de la AASHTO.

$$\text{Log } W_{18} = Z_R S_o + 9.36 \text{Log}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log} \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \text{Log} M_R - 8.07$$

Por tal razón es esencial obtener información detallada y específica sobre los siguientes parámetros, los cuales se describirán con detalle en el proceso.

4.5.1 Ejes de Cargas Equivalentes (W18).

En el cálculo previo, se estableció la cantidad estimada de ejes equivalentes de 18 kips, logrando un valor de $W_{18} = 6,474,043$ para un periodo de diseño a 20 años.

4.5.2 Coeficiente de Desviación Estándar Normal (Z_R).

Siguiendo las directrices establecidas por la AASHTO-93, el valor de este parámetro varía según la relevancia de la vía. En el diseño actual, dado que se trata de una vía local y situada en una zona urbana, se considerará una confiabilidad del $R = 80\%$, indicando que el valor de desviación estándar normal es $Z_R = 0.841$.

4.5.3 Desviación Estándar Global (S_o).

Este parámetro se concibe como la fusión del error estándar en la estimación del tráfico y del rendimiento estructural. El intervalo de valores que puede asumir oscila entre 0.40 y 0.50. Para propósitos del diseño, se considerará un valor de $S_o = 0.44$.

4.5.4 Variación de la Pérdida de Serviciabilidad (ΔPSI).

Una serviciabilidad inicial de 5 indicaría un pavimento en estado perfecto, aunque este caso es prácticamente inalcanzable. En contraste, una serviciabilidad final de 0 señalaría un pavimento completamente deteriorado. En esta instancia, se considerará una serviciabilidad inicial de $P_o = 4.5$ denotando como un pavimento muy bueno y una

serviciabilidad final de $P_t=2.5$ para carretera de importancia media.

4.5.5 Modulo Resiliente Estructura del Pavimento y

Subrasante.

4.5.5.1 CBR de Diseño.

Es esencial conocer el CBR (Índice de Soporte California) para el diseño, este dato se obtiene a través de los ensayos específicos realizados en laboratorio, donde se llevan a cabo análisis del CBR en la subrasante. En este estudio, se realizaron 4 excavaciones en el suelo, lo que implicó la realización de 4 ensayos de CBR para la subrasante.

Para determinar el CBR de diseño, es necesario identificar el tráfico de diseño, organizar de manera ascendente los valores de CBR obtenidos en la zona de estudio, y para cada valor de CBR, establecer la cantidad de valores iguales o superiores, expresando este resultado como un porcentaje del total. Siguiendo el criterio del percentil, se selecciona el CBR de diseño para el área bajo análisis (Pavement Interactive, 1960)

El proceso será representado gráficamente en una tabla.

Tabla 60: Tabla para Identificar el CBR de Diseño.

CBR DE LA SUBRASANTE					
W (18)	CALICATAS #	CBR DE ENSAYOS (%)	ORDEN DE MENOR A MAYOR	VALORES MAYORES O IGUALES	PERCENTIL (%)
6,474,043.00	C1 - M2	4.80	0.919	4	100%
	C2 - M2	0.919	1.84	3	75%
	C3 - M2	38.50	4.20	2	50%
	C4 - M2	1.84	38.50	1	25%
	N° DE CBR	4			

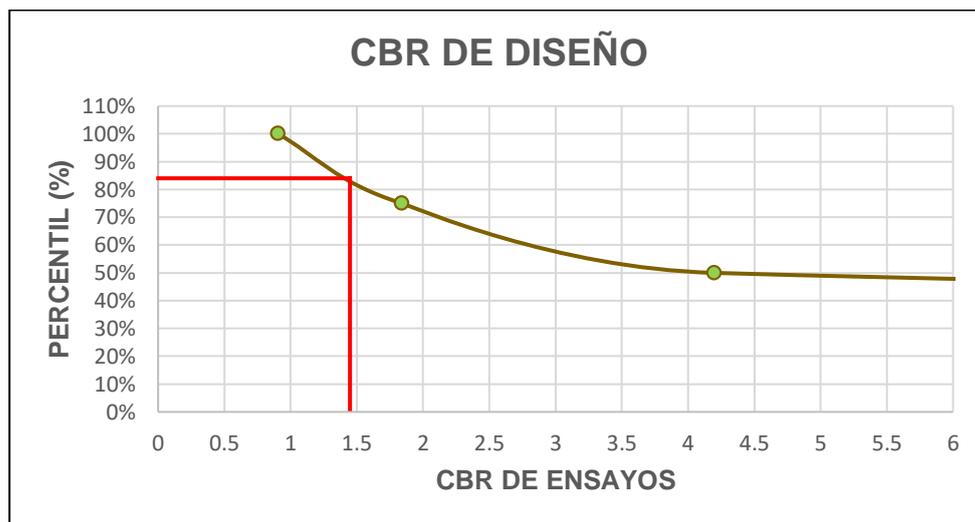
Elaborado por: Joel González y Sara Montiel.

Para identificar el percentil correspondiente al CBR de diseño, se debe considerar la condición de la siguiente tabla.

Tabla 61: Selección Módulo Resiliente Subrasante de Diseño.

DISEÑO ESALs	VALOR PERCENTIL DE SUBRASANTE DE DISEÑO (%)
≤ 10,000	60
10.000 a 1'000,000	75
> 1'000,000	87.5

Fuente: (Pavement Interactive, 1960)

**Ilustración 37:** CBR de Diseño para la Subrasante.

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

Aplicando este criterio, se determina que el valor CBR establecido para la subrasante es del 1.50%, indicando que la calidad del suelo en esta subrasante es catalogada como muy pobre, según se detalla en la tabla adjunta.

Tabla 62: Clasificación Cualitativa del Suelo según el % de CBR.

USO	CLASIFICACIÓN CUALITATIVA DEL SUELO	CBR (%)
S0: SUBRASANTE	MUY POBRE	<3
S1: SUBRASANTE	POBRE	3 - 5
S2: SUBRASANTE	REGULAR	6- 10
S3: SUBRASANTE	BUENA	11 - 19
S4: SUBRASANTE	MUY BUENA	>20
SUB-BASE	BUENA	30 – 60
BASE	BUENA	60 - 80
BASE	EXCELENTE	80 – 100

Fuente: (AASHTO 93, 1993)

Se clasificarán como adecuados para las capas de la subrasante aquellos materiales cuyo CBR sea superior al 6%. En situaciones donde este valor sea inferior,

se llevará a cabo la estabilización o mejora de los suelos, según lo establece la normativa AASHTO T193. Por esta razón, se llevará a cabo un análisis de una capa de mejoramiento para estabilizar el CBR de diseño.

4.5.5.2 Modulo Resiliente de la Subrasante.

Una vez conocido el valor del CBR de la Subrasante se procede a determinar el módulo resiliente aplicando la siguiente ecuación:

Para materiales de subrasante con $CBR \leq 7.2\%$.

$$Mr = 1,500 * CBR$$

$$Mr = 1,500 * 1.5$$

$$Mr = 2,250 \text{ PSI}$$

4.5.5.3 Modulo Resiliente y Coeficiente Estructural del Mejoramiento.

El suelo utilizado debe ser de naturaleza granular, rocoso o una combinación de ambas, sin presencia de material orgánico ni escombros. A menos que se especifique lo contrario, su granulometría debe permitir que todas las partículas pasen a través del tamiz de 4" (100 mm), con un límite máximo del 20% que pase por el tamiz No. 200 (0.075 mm), según el ensayo AASHO-T11. La fracción del material que atraviese el tamiz No. 40 (0.425 mm) debe presentar un índice de plasticidad no mayor a 9 y un límite líquido hasta el 35%, siempre y cuando el valor del CBR sea superior al 20%.

Para calcular el módulo resiliente y el coeficiente estructural de la capa de mejoramiento, se utilizará el nomograma dispuesto por la AASHTO-93, considerando que el $CBR > 20\%$.

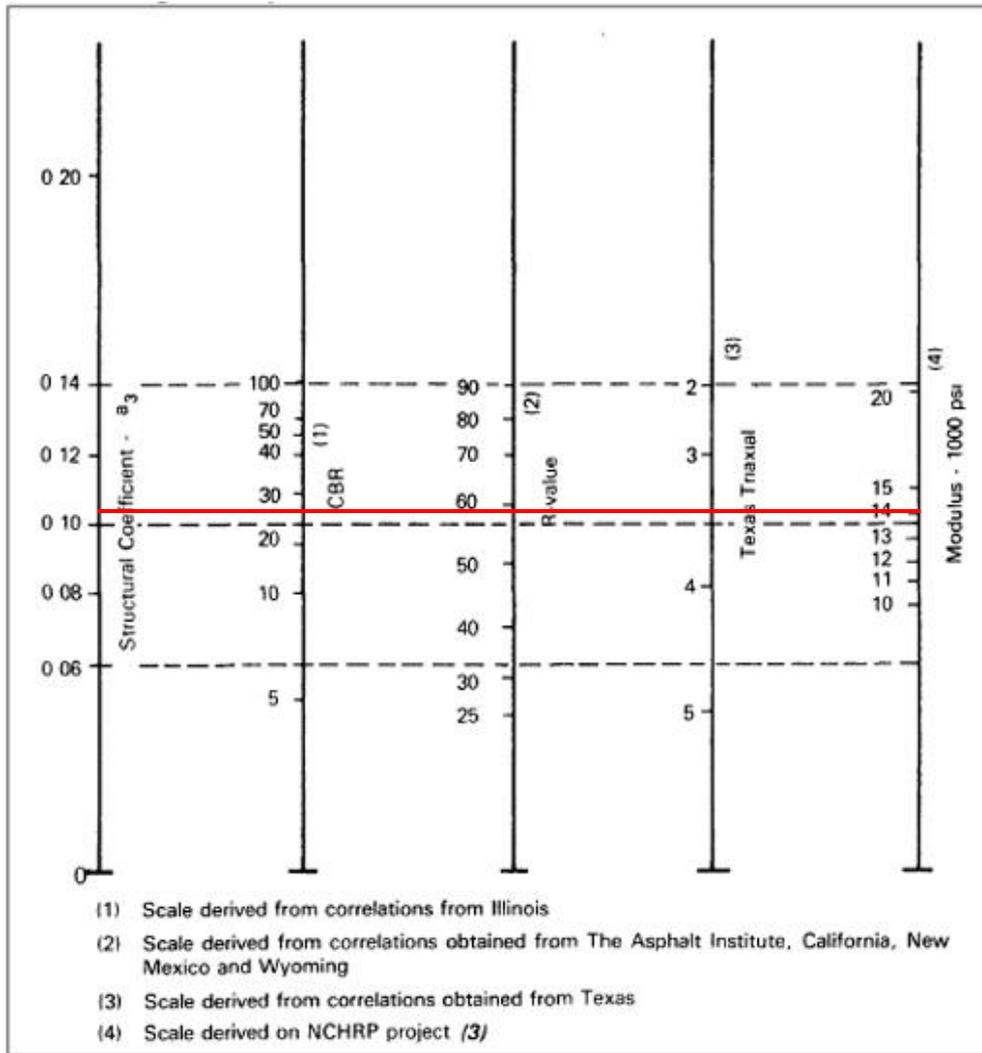


Ilustración 38: Nomograma MR y a_4 Capa Mejoramiento.
Fuente: (AASHTO 93, 1993)

Modulo resiliente para la capa de mejoramiento

$M_r = 12,900$ PSI

Coefficiente estructural

$a_4 = 0.095$

4.5.5.4 Modulo Resiliente y Coeficiente Estructural de Subbase.

A través de los ensayos AASHTO T-274, se recomiendan que la subbase cumpla las siguientes condiciones de calidad:

Límite líquido < 35%.; Índice de plasticidad < 8 %; Porcentaje de desgaste < 40%;
 CBR > 40 %.

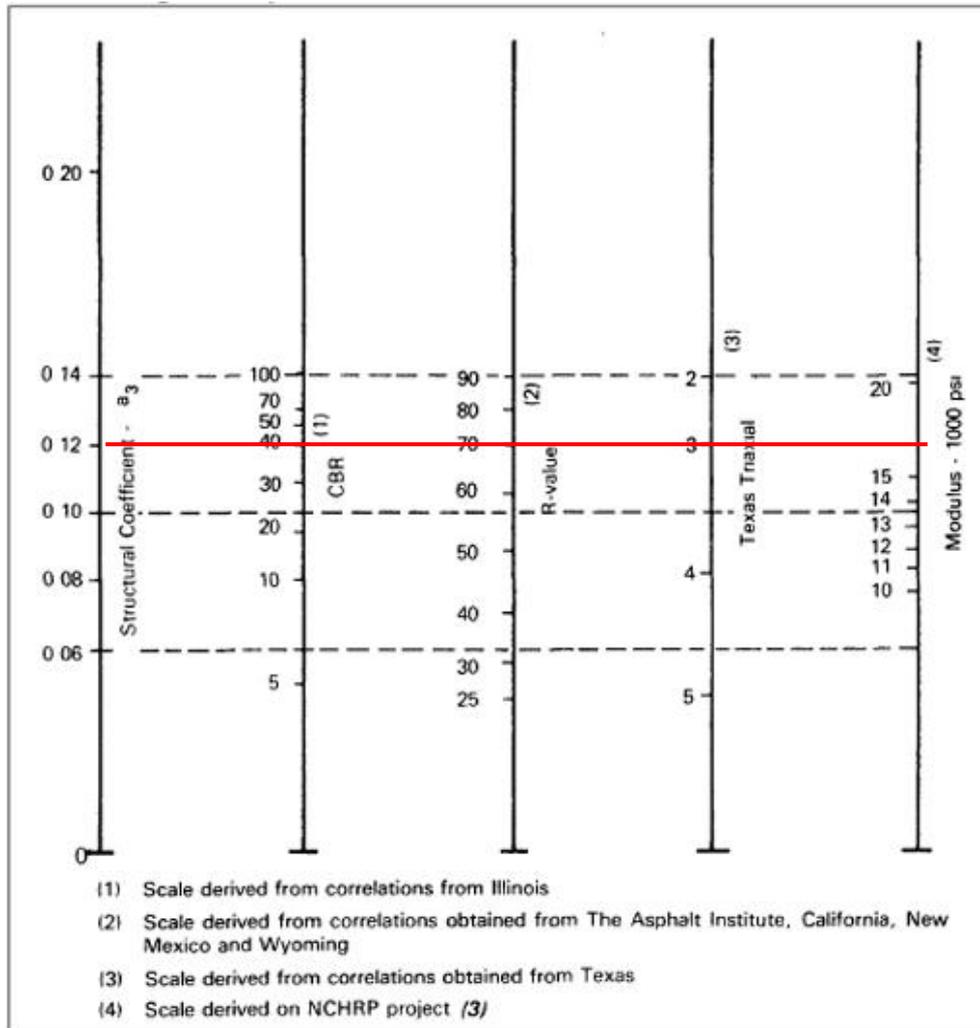


Ilustración 39: Nomograma MR y a₃ Capa Subbase.
Fuente: (AASHTO 93, 1993)

Modulo resiliente de la subbase

Mr= 16,400 PSI

Coficiente estructural

a₃= 0.12

4.5.5.5 Modulo Resiliente y Coeficiente Estructural de Base.

A través de los ensayos AASHTO T-244 la capa de base puede estar conformada por material granular o estar estabilizada y se espera que cumpla con estándares de calidad más rigurosos en comparación con la subbase. El material debe cumplir con las siguientes especificaciones:

Límite líquido < 25%; Índice de plasticidad < 6%; Desgaste de la máquina de los

Ángeles < 35%; Porcentaje de partículas trituradas > 50%; CBR > 80%.

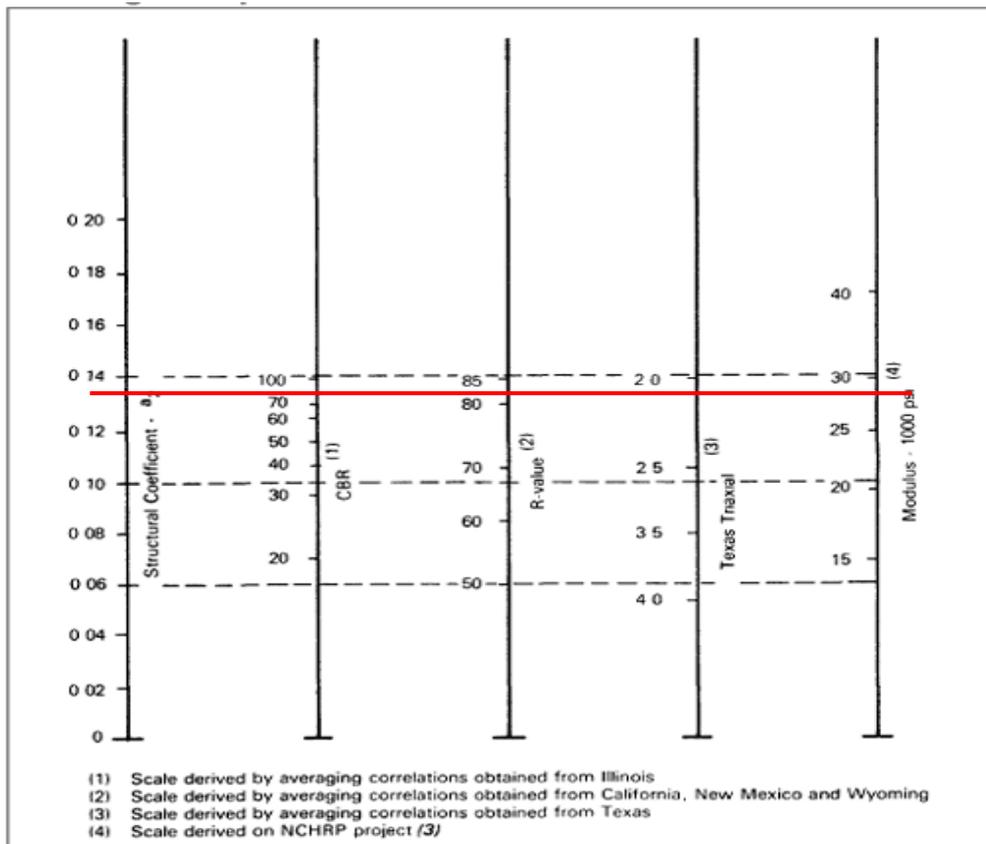


Ilustración 40: Nomograma MR y a₂ Capa Base.
Fuente: (AASHTO 93, 1993)

Modulo resiliente

Mr= 28,500 PSI

Coefficiente estructural

a₂= 0.13

4.5.5.6 Modulo Resiliente y Coeficiente Estructural Carpeta

Asfáltica.

El coeficiente a₁= 0.44 para el AASHTO Road Test, equivale a una resistencia elástica cuyo valor corresponde a 450,000 PSI.

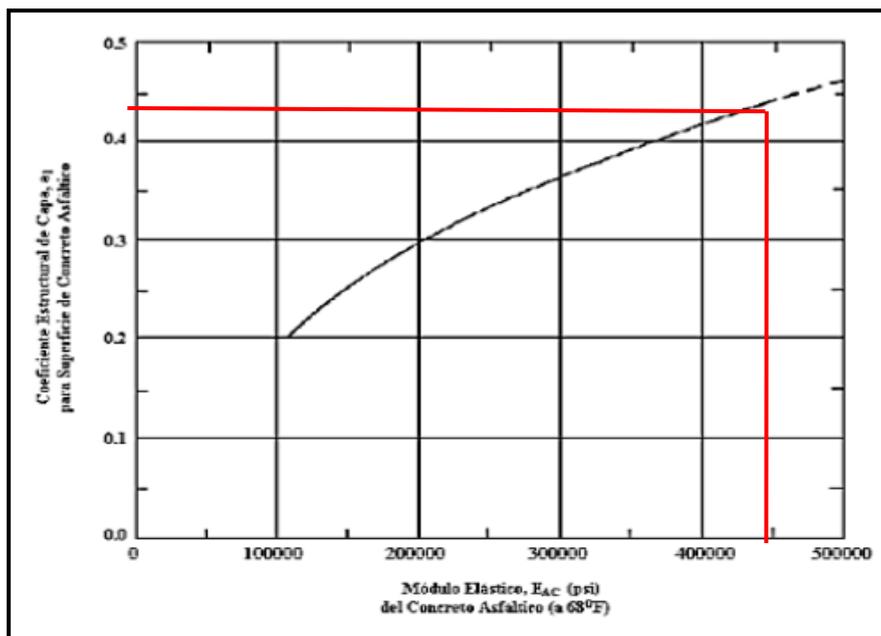


Ilustración 41: Ábaco MR Carpeta Asfáltica.
Fuente: (AASHTO 93, 1993)

4.5.6 Determinación del Coeficiente de Drenaje.

Para calcular este parámetro, es necesario examinar la cantidad de meses con precipitación anuales. La vía de estudio está situada en el régimen costa, donde las lluvias ocurren de diciembre a mayo así lo menciona la INAMHI.

Llueve 6 meses al año, es decir; 6 meses de un total de 12, lo que corresponde al 50%. Con este valor, se podrá determinar el coeficiente de drenaje recomendado por la AASHTO-93 mediante la tabla de valores de coeficiente de drenaje.

CALIDAD DE DRENAJE	TÉRMINO REMOCIÓN DE AGUA	% DE TIEMPO DE EXPOSICIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO A NIVEL DE HUMEDAD PROXIMOS A LA SATURACIÓN			
		< 1%	1% - 5%	5% - 25%	> 25%
Excelente	2 Hora	1.4 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Buena	1 Día	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Aceptable	1 Semana	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1 Mes	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy pobre	El agua no drena	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Nota: Se asumen que el tiempo para la calidad de drenaje será de 1 día, por lo que se puede determinar como buen drenaje de acuerdo con la tabla mostrada.

4.5.7 Cálculos de Espesores y Corrección del SN.

Para determinar estos valores mediante ábacos y programas, será necesario conocer los parámetros que se mostrarán a través de la tabla de resumen.

Tabla 63: Parámetros para Determinar el SN por Capa.

PARAMETROS DE DISEÑO	
ESALs (W18)	6,474,043
CONFIABILIDAD (R)	80%
DESVIACIÓN ESTANDAR NORMAL (ZR)	0.841
ERROR ESTANDAR COMBINADO (So)	0.44
ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Po)	4.2
ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (Pt)	2.5
VARIACIÓN ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD (Δ PSI)	1.7
MODULO RESILIENTE CARPETA ASFÁLTICA	450,000 PSI
MODULO RESILIENTE BASE	28,500 PSI
MODULO RESILIENTE SUBBASE	16,400 PSI
MODULO RESILIENTE MEJORAMIENTO	12,900 PSI
MODULO RESILIENTE SUBRASANTE	2,250 PSI

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

Para determinar este parámetro, se hará uso del ábaco y del programa AASHTO-93 para pavimento flexible.

4.5.7.1 Número Estructural y Espesor de la Capa de Rodadura.

Se calcula el SN1 necesario para proteger la capa de base, con un MR= 28,500 PSI.

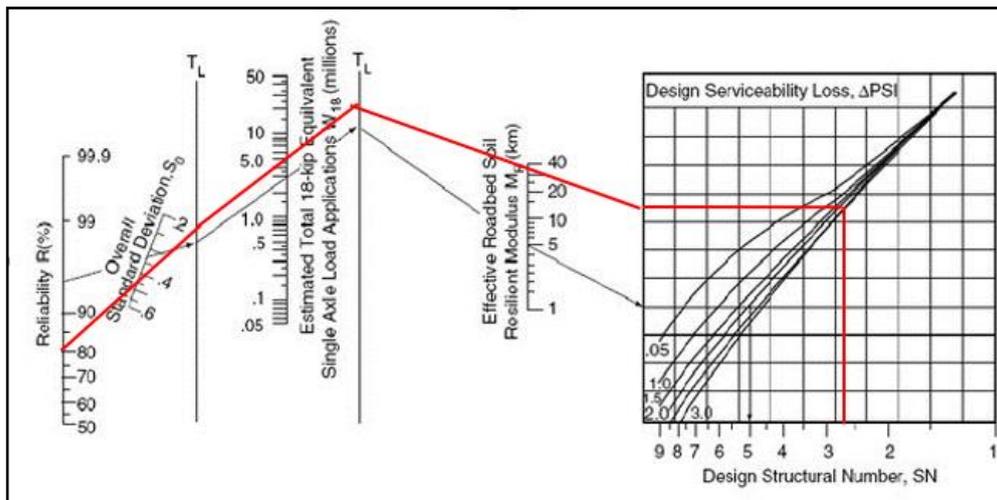


Ilustración 42: Ábaco para Determinar SN Capa de Rodadura.
Fuente: (AASHTO 93, 1993)

Ilustración 43: Software AASHTO-93 SN Capa de Rodadura.
Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

Con el valor de $SN_1 = 2.62$, se determina el espesor de la carpeta asfáltica necesaria, teniendo esta un coeficiente estructural de $0.44/\text{pulg} \rightarrow 0.173 \text{ cm}$

$SN_1 =$ Numero estructural de la base.

$a_1 =$ Coeficiente estructural de la capa de rodadura.

$$D_1 = \frac{SN_1}{a_1}$$

$$D_1 = \frac{2.62}{0.173} = 15.14 \text{ cm} \rightarrow 5.96 \text{ pulg}$$

Corrección del SN para la capa de apoyo base, se considera que el espesor de carpeta asfáltica a emplearse es de 15.00 cm, el valor real de SN es:

$$SN_1^* = D_1 \times a_1$$

$$SN_1^* = 15.00 \times 0.173 = 2.595$$

4.5.7.2 Número Estructural y Espesor de la Capa Base.

Se calcula el SN_2 necesario para proteger la capa de subbase, con un $MR = 16,400$ PSI.

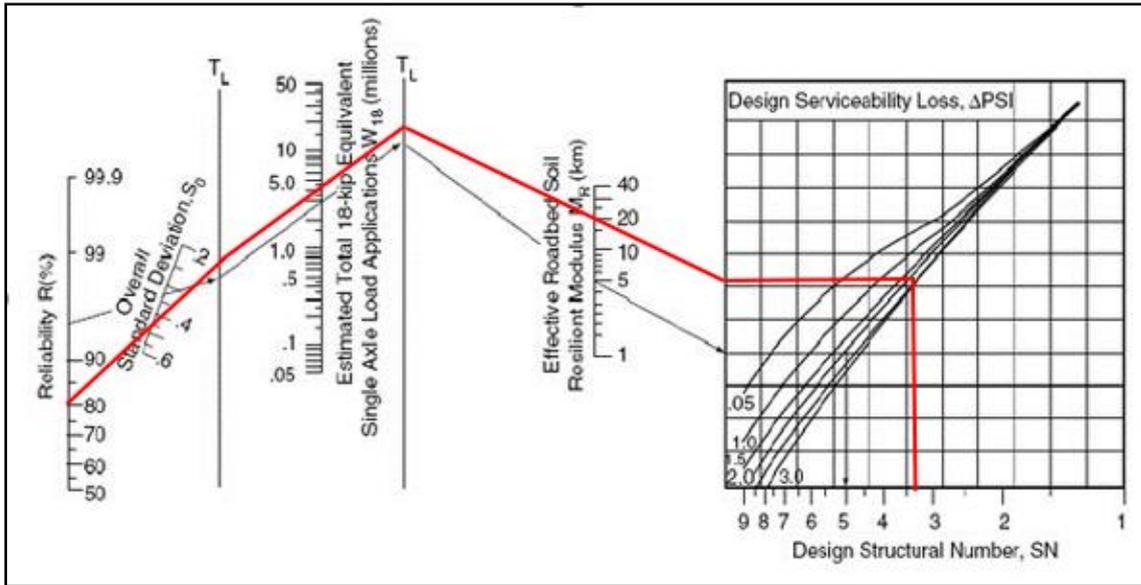


Ilustración 44: Ábaco para Determinar SN Capa Base.
Fuente: (AASHTO 93, 1993)

Ecuación AASHTO 93	
Tipo de Pavimento <input checked="" type="radio"/> Pavimento flexible <input type="radio"/> Pavimento rígido	Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So) 80 % Zr=-0.841 So 0.44
Serviciabilidad inicial y final PSI inicial 4.2 PSI final 2.5	Módulo resiliente de la subrasante Mr 16400 psi
Información adicional para pavimentos rígidos Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi) Coeficiente de transmisión de carga - (J) Módulo de rotura del concreto - Sc (psi) Coeficiente de drenaje - (Cd)	
Tipo de Análisis <input checked="" type="radio"/> Calcular SN W18 = 6474043 <input type="radio"/> Calcular W18	Número Estructural SN = 3.25
<input type="button" value="Calcular"/>	<input type="button" value="Salir"/>

Ilustración 45: Software AASHTO-93 SN Capa Base.
Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

Con el valor de SN2=3.25 se calcula el espesor de subbase necesaria, teniendo esta un coeficiente estructural de 0.13/pulg → 0.051cm

SN2= Numero estructural de la subbase

SN1*= Numero estructural de la base corregida.

$$D2 = \frac{SN2 - SN1 *}{a2 \times m2}$$

$$D2 = \frac{3.25 - 2.595}{0.051 \times 1} = 12.84 \text{ cm}$$

Se considera que el espesor de la base a emplearse es de 18.00 cm para cumplir con el mínimo espesor recomendado por la AASHTO, por lo tanto, el valor real de SN es:

$$SN2^* = D2 \times a2 \times m2$$

$$SN2^* = 18.00 \times 0.051 \times 1 = 0.918$$

4.5.7.3 Número Estructural y Espesor de la Capa Subbase.

Se calcula SN3 necesario para proteger la capa de mejoramiento, con un MR=12900 PSI.

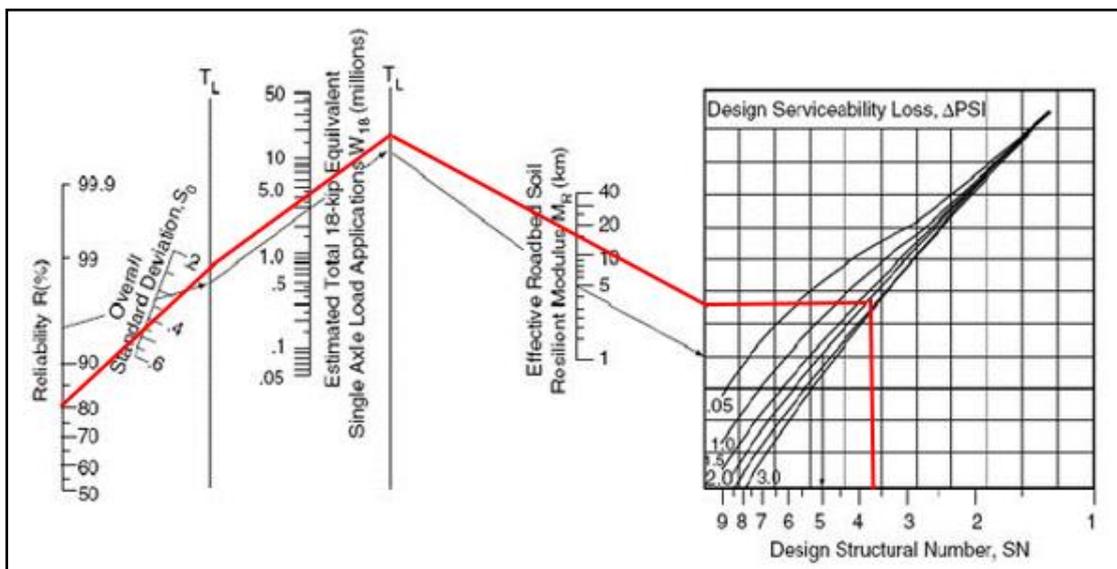


Ilustración 46: Ábaco para Determinar SN Capa Subbase.

Fuente: (AASHTO 93, 1993)

Ilustración 47: Software AASHTO-93 SN Capa Subbase.
Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

Con el valor de $SN_3=3.56$ se calcula el espesor de la subbase necesaria, teniendo esta un coeficiente estructural $0.12/\text{pulg} \rightarrow 0.047 \text{ cm}$.

$$D_3 = \frac{SN_3 - SN_1^* - SN_2^*}{a_3 \times m_3}$$

$$D_3 = \frac{3.56 - 2.595 - 0.918}{0.047 \times 1} = 1.00 \text{ cm}$$

Se considera que el espesor de la base a emplearse es de 18.00 cm para cumplir con el mínimo espesor recomendado por la AASHTO, por lo tanto, el valor real de SN es:

$$SN_3^* = D_3 \times a_3 \times m_3$$

$$SN_3^* = 18.00 \times 0.047 \times 1 = 0.846$$

4.5.7.4 Número Estructural y Espesor de la Capa Mejoramiento.

Se calcula SN_4 necesario para proteger la capa de subrasante, con un $MR=2250$ PSI.

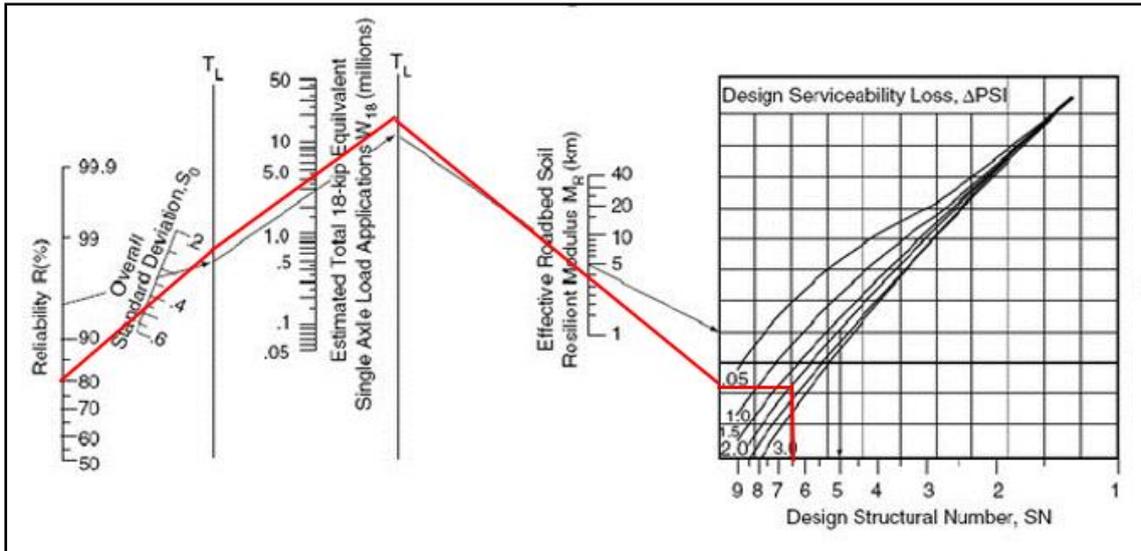


Ilustración 48: Ábaco para Determinar SN Capa Mejoramiento.
Fuente: (AASHTO 93, 1993)

Ilustración 49: Software AASHTO-93 SN Capa Mejoramiento.
Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

Con el valor de SN4= 6.41 se calcula el espesor del mejoramiento necesario, si el coeficiente estructural es de 0.095/pulg → 0.037 cm.

$$D4 = \frac{SN4 - SN1^* - SN2^* - SN3^*}{a4 \times m4}$$

$$D4 = \frac{6.41 - 2.595 - 0.918 - 0.846}{0.037 \times 1} = 55.43 \text{ cm}$$

El valor real de SN es.

$$SN4^* = D4 \times a4 \times m4$$

$$SN4^* = 60 \times 0.037 \times 1 = 2.220$$

En este proyecto, se ha seleccionado un espesor mínimo de mejoramiento para la subrasante de 60 cm debido a la baja capacidad portante que posee la subrasante existente, con el propósito de garantizar un rendimiento más eficiente a la estructura del pavimento.

4.5.8 Espesores Mínimos Recomendado por la AASHTO 93.

La AASHTO sugiere los siguientes espesores mínimos para los diseños.

Tabla 64: Espesores Mínimos Recomendado por la AASHTO-93.

EJES W18	CONCRETO ASFÁLTICO (mm)	CAPA BASE Y SUBBASE (mm)
MENOS DE 50,000	30	100
50,001 - 150,000	60	100
150,001 - 500,000	75	100
500,001 - 2'000,000	90	150
2'000,001 - 7'000,000	100	150
MAYOR QUE 7'000,000	120	150

Fuente: (AASHTO 93, 1993)

Tabla 65: Espesores para Diseño de Pavimento Flexible.

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO	CBR (%)	MODULO RESILIENTE (PSI)	COEFICIENTE ESTRUCTURAL (Pulg)	COEFICIENTE DRENAJE	NUMERO ESTRUCTURAL CALCULADO	ESPEORES DE DISEÑO (cm)	ESPEORES DE DISEÑO (Pulg)	NUMERO ESTRUCTURAL REAL
CAPA DE RODADURA		45000	0.44			15.00	6.00	2.595
BASE	80.00	28500	0.13	1.00	2.62	18.00	7.00	0.918
SUBBASE	40.00	16400	0.12	1.00	3.25	18.00	7.00	0.846
MEJORAMIENTO	20.00	12900	0.095	1.00	3.56	60.00	24.00	2.220
SUBRASANTE	1.50	2250			6.41			6.58

Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

4.5.9 Comprobación del Diseño de Pavimento Flexible.

Considerando los valores reales de SN*, los espesores definitivos para la capa del pavimento flexible son:

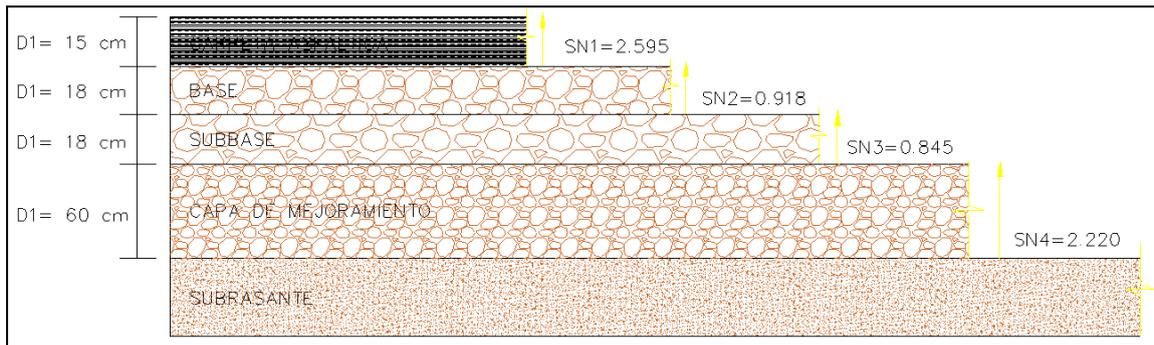


Ilustración 50: Valores Reales de SN y Espesores Pavimento Flexible.
Elaborado por: Joel González y Sara Montiel

$$\sum SN (REAL) \geq SN (NOMOGRAMA O PROGRAMA)$$

$$6.58 \geq 6.41 \quad OK$$

CAPÍTULO V

Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

El estudio exhaustivo del pavimento flexible en la calle 21 del cantón La Libertad pone de manifiesto la necesidad urgente de intervenciones para mejorar la infraestructura vial en esta área. Los resultados obtenidos de análisis detallados, incluyendo evaluaciones del Índice de Condición del Pavimento (PCI), análisis de tráfico y ensayos de suelos, respaldan la urgencia de implementar medidas correctivas, las cuales son fundamentales para promover una movilidad más segura y eficiente en la vía, lo que a su vez contribuirá al bienestar de los usuarios y al desarrollo sostenible de la comunidad

En base a este estudio se puede concluir que la calle 21 en el cantón La Libertad en la actualidad carece de una estructura de pavimento adecuada para garantizar su funcionalidad a largo plazo. Por lo tanto, se propone el diseño de una nueva estructura de pavimento siguiendo las directrices de la metodología AASHTO-93 la cual pueda ofrecer una solución sostenible, eficiente y segura para la vía durante el periodo de diseño establecido.

La evaluación de la integridad del pavimento flexible mediante el método PCI ha proporcionado una visión detallada del estado actual del pavimento existente en la calle 21 del cantón La Libertad. Se observa que desde la abscisa 0+000 hasta la 1+228.5, la clasificación del pavimento es regular, mala y muy mala, lo que indica un nivel de deterioro significativo y la necesidad de realizar un cambio en la estructura del pavimento. En contraste, desde la abscisa 1+228.5 hasta la 2+253.5, se observan clasificaciones de regular, buena y muy buena, aunque esta sección presenta una calidad aceptable se deben aplicar medidas de rehabilitación para mantener la

operatividad de la vía y prevenir un deterioro mayor.

En la determinación del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA), al analizar las cargas de tráfico mediante la ejecución del conteo vehicular, se concluyó que actualmente hay un flujo de 3,482 vehículos mixtos por día. Esta cifra representa una proyección de tráfico para los próximos 20 años de 13,585 vehículos mixtos por día. Estos resultados indican un aumento significativo en el tráfico esperado en la calle 21 del cantón La Libertad, lo que subraya la importancia de diseñar una estructura vial que pueda manejar de manera segura y eficiente esta demanda de tráfico proyectada a largo plazo.

Según los ensayos de CBR realizados en la muestra 1, se determinó que las calicatas ubicadas en las abscisas 0+500, 1+000, 1+500 y 2+000 no cumplen con los estándares de capa base establecidos por la MTOP. Sin embargo, la calicata en la abscisa 1+500 cumple con los requisitos para la reutilización de la capa subbase, ya que el valor del ensayo de CBR supera el 30%, como lo indica la MTOP. En los resultados de la muestra 2, los ensayos de CBR en la subrasante revelaron que las calicatas ubicadas en las abscisas 0+500, 1+000 y 2+000 presentan CBR inferiores al 6%, clasificando como una subrasante muy pobre. Según la normativa AASHTO-T193, los suelos con CBR superior al 6% son adecuados para las capas de subrasante; de lo contrario, se requiere estabilización o mejora. Además, en la calicata de la abscisa 1+500, posee un valor de CBR mayor al 20%, lo que clasifica la subrasante como muy buena según la AASHTO 93.

En base al estudio realizado, se ha determinado el diseño de una nueva estructura vial para la calle 21 del cantón La Libertad, siguiendo las especificaciones establecidas por la metodología AASHTO 93. La estructura propuesta comprende una capa asfáltica de 15.00 cm de espesor, una base de 18.00 cm, una subbase de 18.00

cm y una capa de mejoramiento de 60.00 cm. Esta estructura se aplicará específicamente en las abscisas 0+000 hasta 1+228.5 de la calle 21, ya que estas secciones han sido identificadas como las áreas de mayor deterioro según los resultados obtenidos mediante el método PCI.

5.2 Recomendaciones

Considerando que el estudio ha demostrado la falta de una estructura de pavimento adecuada en la calle 21, se sugiere la implementación de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo como complemento al diseño propuesto. Este plan debería incluir inspecciones regulares y reparaciones menores para prevenir problemas de mayor dificultad.

Considerando la clasificación del pavimento como "buena" en el tramo comprendido desde la abscisa 1+228.5 hasta la 2+253.5, se propone la implementación de una rehabilitación mediante recapeo. Además, se sugiere la realización de monitoreos continuos a largo plazo del estado del pavimento. Estos monitoreos permitirán evaluar la efectividad de las intervenciones realizadas y tomar medidas preventivas según sea necesario. Esto asegurará la durabilidad y la funcionalidad adecuada de la vía.

Tomando en cuenta el flujo vehicular del TPDA y la proyección a 20 años del tráfico se sugiere la implementación de estrategias de gestión de tráfico, entre estas estrategias se podría considerar la gestión del transporte público como un componente importante para mejorar la movilidad urbana reduciendo así la congestión vehicular.

Considerando los resultados que indica que tanto la base como la subrasante presentan porcentajes de CBR por debajo de los valores que indica las especificaciones técnicas de la MTOP, a excepción de la calicata situada en la abscisa

1+500, se recomiendan la aplicación de técnicas de estabilización o mejoramiento del suelo, esto contribuirá a elevar los valores de CBR, mejorando así la capacidad de carga y resistencia del pavimento.

En el diseño de la nueva estructura vial, se contempla una capa de mejoramiento con un espesor de 60 cm. Se recomienda llevar a cabo la compactación en capas sucesivas no mayores de 20 cm de espesor, hasta alcanzar el nivel de relleno especificado en el diseño. Además, se sugiere realizar pruebas de densidad y compactación para verificar el grado de consolidación del material, garantizando así una base sólida y resistente para la futura infraestructura vial. Es fundamental también implementar un control de calidad durante todo el proceso de compactación para asegurar la uniformidad y la adecuada capacidad portante del pavimento.

Bibliografía

AASHTO 93. (1993). *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, 1993*. AASHTO.

<https://habib00ugm.files.wordpress.com/2010/05/aashto1993.pdf>

AASHTO T 11. (2023). *Standard Method of Test for Materials Finer Than 75- μ m (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing*.

https://global.ihs.com/doc_detail.cfm?item_s_key=00488892

Adame Hernández Rey Omar, Vázquez Camacho Jorge , Cremades Ibáñez Ignacio, & Sandoval Navarro Israel. (2021). *Mezclas asfálticas tibias fabricadas con asfalto espumado*. XI(43). https://asefma.es/wp-content/uploads/2021/12/39.-articulo-mezclas-asfalticas-tibias-con-asfalto_Maquetaci%C3%B3n-1-1.pdf

Anuarios de Estadísticas de Transporte INEC. (2022). *Transporte*. Instituto Nacional de Estadística y Censos. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/transporte/>

Aragón Basabe Aitor. (2021). Smart CE marking: Aplicación al sector de las mezclas bituminosas. *Asfalto & Pavimento*, XIII(41). https://asefma.es/wp-content/uploads/2021/06/37.-Smart-CE-marking-aplicaci%C3%B3n-al-sector-de-las-mezclas-bituminosas-ok_Maquetaci%C3%B3n-1.pdf

Aramayo, L., Silva Junior, C. a. P., Fontenele, H. B., Aramayo, L., Silva Junior, C. a. P., & Fontenele, H. B. (2019). Escala visual para evaluación de pavimentos urbanos: *Revista ingeniería de construcción*, 34(1), 45-54. <https://doi.org/10.4067/S0718-50732019000100045>

ASTM D 5821. (2015). *DETERMINING PERCENT OF FRACTURED PARTICLES IN COARSE AGGREGATE*.

https://www.in.gov/indot/div/mt/astm/testmethods/astm_d_5821.pdf

ASTM D1557-12. (2021). *Standard Test for Laboratory*.

<https://www.bing.com/ck/a?!&&p=5c9af294ab3ec602JmltdHM9MTcwMDUyNDgwMkZpZ3VpZD0wMWM0NmY1Ni0zNWJkLTZiOTItMTk1OS03ZjY5MzRhMTZhMDkmaW5zaWQ9NTE5NA&ptn=3&ver=2&hsh=3&fclid=01c46f56-35bd-6b92-1959->

7f6934a16a09&psq=ASTM+d-

1557&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cuYXN0bS5vcmcvc3RhbmRhcmRzL2QxNTU3&ntb=1

Banco Central del Ecuador -Cuentas Nacionales. (s. f.). *Banco Central del Ecuador*—

CUENTAS NACIONALES. Recuperado 27 de diciembre de 2023, de

<https://www.bce.fin.ec/index.php/component/k2/item/343-cuentas-nacionales>

Baque Solis B. (2020). *Evaluación del estado del pavimento flexible mediante el método del*

PCI de la carretera puerto-aeropuerto (Tramo II), Manta. Provincia de Manabí. 6(2).

<http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i2.1163>

Barreto Cedeño, S. L., Banguera Garces, J., Córdova Rizo, J., Barreto Cedeño, S. L.,

Banguera Garces, J., & Córdova Rizo, J. (2018). Análisis comparativo de ejes

equivalentes obtenidos mediante método aashto 93 y los proporcionados por pesaje

en balanza fija de vehículos. *Revista Universidad y Sociedad, 10(1)*, 59-68.

Bhattacharya, A., Casado, C. C., Jeong, M., Amin, A.-L., Watkins, G., & Zuniga, M. S.

(2019). *Atributos y Marco para la Infraestructura Sostenible*.

[http://www.ampres.com.mx/assets/atributos_y_marco_para_la_infraestructura_soste](http://www.ampres.com.mx/assets/atributos_y_marco_para_la_infraestructura_sostenible_es_es.pdf)

[nible_es_es.pdf](http://www.ampres.com.mx/assets/atributos_y_marco_para_la_infraestructura_sostenible_es_es.pdf)

Braja M. Das. (2013). *FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA* (Cuarta edición).

<http://latinoamerica.cengage.com>

CAF. (2009). *MANTENIMIENTO VIAL*. Corporación Andina de Fomento.

Cal y Mayor, R., & Cárdenas Grisales, J. (2018). *Ingeniería de tránsito: Fundamentos y*

aplicaciones (9a. edición). Alfaomega.

Cárdenas Resines, C. L., Carrillo Sinche, J. L., Izarra Vargas, A. D., Murga Tirado, C. E., &

Vásquez Salazar, A. G. (2023). Herramientas tecnológicas de evaluación de fallas

en la superficie de pavimento flexible, una revisión sistemática. *Llamkasun, 4(2)*, 10-

23. <https://doi.org/10.47797/llamkasun.v4i2.121>

Castellanos Guerrero, W. M., & Chaves Pabón, S. B. (2020). Efecto del envejecimiento de

mezclas asfálticas en el ciclo de vida del pavimento desde el aspecto técnico y

ambiental. Revisión del estado de conocimiento. *Revista vínculos, 17(1)*, 7-23.

<https://doi.org/10.14483/2322939X.16227>

Chonillo Cruz, A. D., & Palma Choez, L. M. (2021). *Evaluación estructural del pavimento flexible, del tramo de la vía Troncal del Pacífico comprendido entre la calle 24 de mayo y la avenida décimo octava, ruta del Spondylus, cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena*. [bachelorThesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2021.]. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/6497>

Coordinación de Factibilidad -MTO. (2022). “CONTRATO DE REHABILITACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES CONEXAS AL CORREDOR CHONGÓN - SANTA ELENA”. “CONTRATO DE REHABILITACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS VIALES CONEXAS AL CORREDOR CHONGÓN - SANTA ELENA”. https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/07/LOTAIP_6_Chongon-Santa-Elena.pdf

Fernández Enrique, Molina Fabián, Hermosilla Alexis, Sanchez Elsa, Calabi Alejandra, Mardones Luis, & Valdés Gonzalo. (2022). *Experiencia de uso y estudio del comportamiento mecánico de mezcla con 100% RAP para operaciones de mantenimiento vial*. XII(44). https://asefma.es/wp-content/uploads/2022/03/33.-articulo-uso-y-estudio-de-comportamiento_Maquetaci%C3%B3n-1.pdf

Freire Alvear, K. N. (2018). *Tesis- Mezcla Asfáltica—Pontificia Universidad Católica del Ecuador Facultad de Ingeniería Escuela—Studocu*. <https://www.studocu.com/ec/document/pontificia-universidad-catolica-del-ecuador/carreteras/tesis-mezcla-asfaltica/22534467>

Gavilanes Dávila, N. E. (2012). *Diseño de la estructura del pavimento con reforzamiento de geosintéticos aplicado a un tramo de la carretera Zumbahua-La Maná* [bachelorThesis, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. En *Pontificia Universidad Católica del Ecuador*. <http://repositorio.puce.edu.ec:80/handle/22000/6427>

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón La Libertad. (2014, 2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0960006340001_P DyOT%20LA%20LIBERTAD%202015%20-2019%20FINAL_07-04-2016_13-21-46.pdf

González Morgado, D. E. (2018). *Metodologías de reparación para pavimentos flexibles de mediano y bajo tránsito*. <https://repositorio.unab.cl/xmlui/handle/ria/7090>

Gutiérrez Muñoz Álvaro. (2022). *Como reducir la rigidez y fragilidad del asfalto debida a la oxidación del mismo*. XII(44). https://asefma.es/wp-content/uploads/2022/03/13.-articulo-Como-reducir-la-rigidez-y-fragilidad-del-asfalto-debida-a-la-oxidaci%C3%B3n-del-mismo_Maquetaci%C3%B3n-1.pdf

Hernández Zamora Gabriel, López Delgado Rodolfo M., Barragan Ramírez Rodolfo, & Treviño Trujillo Juana. (2022). *Uso del reforzamiento flexible en betunes modificados para pavimentos*. XII(45). https://asefma.es/wp-content/uploads/2022/06/31.-USO-DEL-REFORZAMIENTO-FLEXIBLE-EN-BETUNES-MODIFICADOS-PARA-PAVIMENTOS._Maquetaci%C3%B3n-1.pdf

Huamaní Arone, J., Rimayhuaman Taipe, O. E., & Tito Catalán, X. S. (2022). Influencia del Mantenimiento Vial y Satisfacción del Usuario. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(5), 1876-1896. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i5.3202

INEN 696. (2011a). *INEN 696*. studylib.es. <https://studylib.es/doc/8874206/n-te-inen-696-1>

INEN 696. (2011b). *INEN 696-1*. studylib.es. <https://studylib.es/doc/8874206/n-te-inen-696-1>

Instituto Nacional de Estadísticas y Censo. (2022). *Población y Demografía*. Instituto Nacional de Estadística y Censos. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>

Jami Dominguez, L. M., & Matías Panchana, A. J. (2021). *Estudios de las patologías y reparación del pavimento flexible ubicado en el tramo de la Av. Francisco Pizarro y calle cuarta – cantón Santa Elena – provincia de Santa Elena*. [bachelorThesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2021.]. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/6500>

- Keuliyán Faustina. (2022). *Diseño y ejecución de un proyecto de reciclado in situ con asfalto espumado en Uruguay*. XII(45). https://asefma.es/wp-content/uploads/2022/06/13.-articulo-DISE%C3%91OS-Y-EJECUCION_Maquetaci%C3%B3n-1.pdf
- Leguía Loarte Paola, & Pacheco Risco Hans. (2016). *EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR EL MÉTODO PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) EN LAS VÍAS ARTERIALES: CINCUENTENARIO, COLÓN Y MIGUEL GRAU (HUACHO-HUAURA-LIMA)* [San Martín de Porres]. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>
- Llamo, R. E. V., Ramírez, W. R. V., & Pérez, S. P. M. (2021). Uso de aditivos adherentes en el diseño de mezclas asfálticas en caliente: Una revisión. *Gaceta Técnica*, 22(1), 66-78.
- Lu, G., Wang, Y., Li, H., Wang, D., & Oeser, M. (2019). The environmental impact evaluation on the application of permeable pavement based on life cycle analysis. *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología del Transporte*, 8 SP-351 EP-357. <https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2019.05.006>
- Mahmood, R., Morshed, P. D., & Rahma, N. (2018). Recycled Polypropylene to Improve Asphalt Physical Properties. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 9, 1260-1266.
- Mamani Quenallata, F. W. (2023). Gestión de información de la condición de pavimentos empleando el SIG y VANT. *INGENIERÍA INVESTIGA*, 5. <https://doi.org/10.47796/ing.v5i0.789>
- Molina López, A. R. (2014). Impacto Ambiental producido por el transporte durante la construcción de carreteras. *Revista Ventana Científica*, 1(7), 64.
- MOP. (2002). *Normas de Diseño Geométrico-2003*. https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/manual-dedisec3b1o-de-carretera_2003-ecuador.pdf
- MOP - 001. (2002). *ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS Y PUENTES DE CAMINOS Y PUENTES*.

https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/01/MPR_Chimborazo_Cumanda_Especificaciones-Tecnicas-MOP-001-F-2002.pdf

MOP-DGOP. (2014). *Manual de Carretera, Volumen 7 Mantenimiento Vial*.

https://portal.ondac.com/601/articles-59862_doc_pdf.pdf

Nations United. (2014). El papel de los combustibles fósiles en un sistema energético sostenible | Naciones Unidas. *United Nations*.

<https://www.un.org/es/chronicle/article/el-papel-de-los-combustibles-fosiles-en-un-sistema-energetico-sostenible>

Navarro, A. F. V., & Carreño, J. S. F. C. F. (2020). Resultados de investigaciones acerca del comportamiento físico mecánico y geológico de las mezclas asfálticas MDC-19 modificadas con polipropileno reciclado. *Formación Estratégica*, 1(01), Article 01.

NEVI. (2013). *MANUAL NEVI 12 VOLUMEN 2A* (Vol. 2).

https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2A.pdf

NEVI-12 -MTO. (2013a). *VOLUMEN N°6 CONSERVACION VIAL*.

https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_6.pdf

NEVI-12 -MTO. (2013b). *VOLUMMEN N°3 ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS Y PUENTES*.

https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_3.pdf

NEVI-12-MTO. (2013). *VOLUMMEN No3 ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS Y PUENTES.: Vol. N°3*.

https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_3.pdf

NTE INEN 862. (2011). *Áridos para hormigón. Determinación del contenido total de humedad*. studylib.es. <https://studylib.es/doc/5651951/%C3%A1ridos-para->

hormig%C3%B3n.-determinaci%C3%B3n-del-contenido-total-d...

NTE INEN 2248. (2016). *ACCESIBILIDAD DE LAS PERSONAS AL MEDIO FÍSICO.*

ESTACIONAMIENTOS. <https://www.riadis.org/wp-content/uploads/2020/10/Norma-INEN-2248-ESTACIONAMIENTOS.pdf>

Orobio, A., & Gil, J. (2015). *Construction cost analysis related to the mechanistic design of pavements with different fatigue models Análisis de costos de construcción asociados al diseño racional de pavimentos con diferentes modelos de fatiga.* 30.

Pavement Interactive. (1960). *Análisis de componentes – Asphalt Institute – Pavement Interactive.* Recuperado 29 de diciembre de 2023, de

<https://pavementinteractive.org/reference-desk/maintenance-and-rehabilitation/rehabilitation/component-analysis-asphalt-institute/>

Peña, J. R. B., Muñoz, F. L. T., Acosta, J. J. T., & Pérez, S. P. M. (2022). Uso de polímeros en asfalto: Una revisión. *Gaceta Técnica*, 23(1), 94-109.

Pérez Jiménez Félix, Miró Rodrigo, Martínez Adriana, Barral Marisol, & Loma Javier. (2022).

Nuevo ensayo para la caracterización y control de la ejecución de capas asfálticas ultradelgadas. Aplicación a la evaluación de la adherencia entre capas. *Asfalto & Pavimento*, XII(46). https://asefma.es/wp-content/uploads/2022/09/11.-Nuevo-ensayo-para-la-caracterizaci%C3%B3n-y-control-de-la-ejecuci%C3%B3n-de-capas-asf%C3%A1ticas-ultradelgadas.-Aplicaci%C3%B3n-a-la-evaluaci%C3%B3n-de-la-adherencia-entre-capas_Maquetaci%C3%B3n-1.pdf

Pérez Vicente, González María, Colás Marimar, del Carmen Rubio María, & Moreno

Fernando. (2023). Nuevos ligantes BT para mezclas MASAI. *Asfalto & Pavimento*, XIII(48). https://asefma.es/wp-content/uploads/2023/03/15.-NUEVOS-LIGANTES-BT-PARA-MEZCLAS-MASAI_Maquetaci%C3%B3n-1.pdf

Pin, Á. T. P., Carrasco, D. E. M., & Hernández, D. O. A. (2023). SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS BASADO EN EL EMPLEO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. *Revista ciencia y construcción*, 4(2), Article 2.

Ragnoli, A., De Blasiis, M. R., & Di Benedetto, A. (2018). Pavement Distress Detection

- Methods: A Review. *Infrastructures*, 3(4), Article 4.
<https://doi.org/10.3390/infrastructures3040058>
- Ramos Sanchez, D. M. (2018). *Contenido de humedad agregados*.
<https://es.slideshare.net/ChotaDelbosque/contenido-de-humedad-agregados-informe>
- Rojas Carrizales, A., Torres Gonzales, Y., Parejas Garavito, M., & Hinojosa Benavides, R. (2021). Acción del agua y la temperatura ambiental extrema sobre pavimento flexible. *GnosisWisdom*, 1(2), 39-48. <https://doi.org/10.54556/gnosiswisdom.v1i2.17>
- Silva-Balaguera, A., Leguizamón, O. D., & Valiente, L. L. (2018). Gestión de pavimentos basado en Sistemas de Información geográfica (SIG): Una revisión. *Ingeniería Solidaria*, 14(26). <https://doi.org/10.16925/in.v14i26.2417>
- UNE-EN 103502. (1995). *UNE 103502:1995 Método de ensayo para determinar en laborator...* <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0007852>
- Vázquez Varela, L. (2002). *Manual PCI - PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y DE CONCRETO EN CARRETERAS - Studocu*. <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-ricardo-palma/pavimentos/manual-pci/11497887>
- Verdezoto, T. Z. A., Montes, F. F. C., & Medina, O. B. R. (2020). Análisis del congestionamiento vehicular para el mejoramiento de vía principal en Guayaquil-Ecuador. *Gaceta Técnica*, 21(2), 4-23.
- Villegas, L. E. S., Ponce, L. A. M., & Vincés, M. L. P. (2022). Emulsiones asfálticas en las vías de portoviejo y su utilización racional como sustituto del betún. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 4(3), 117-134.
- Yarce Marín, Y. G. (2015). *Método para hallar el factor de equivalencia vehicular a motocicletas. Aplicación en la ciudad de Medellín*.
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/55216>
- Yépez Sandoya, B. O., & Vera Chang, J. G. (2018). *Evaluación de la Estructura del pavimento de la vía la Clementina los Beldacos ubicada en la Provincia de los Ríos*

cantón Montalvo, entre las abscisas 0+000 hasta la abscisa 1+600. [bachelorThesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Carrera de Ingeniería Civil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/35874>

Zorzutti Luis, Muzzulin Regina, C. Casaux Marina, & Angelone Silvia. (2023). *Análisis por imágenes de mezclas asfálticas para su control expeditivo. XIII(49).*

https://asefma.es/wp-content/uploads/2023/06/35.-analisis_Maquetaci%C3%B3n-1.pdf

Anexos

Anexo 1:

Trabajo de Campo – Recolección de Información para PCI.



Anexo 2:

Contabilización de Vehículos de Manera Manual en sus Respectivas Estaciones durante los 7 Días de la Semana.

Día: 1		Fecha: 02/10/2023	
Estación 1: Av. 29 A-1		Abscisa: 0 + 200 m	
Sentido: Norte – Sur		Sentido: Sur – Norte	
			
Día: 2		Fecha: 03/10/2023	
Estación 2: Av. 35		Abscisa: 0 + 640 m	
Sentido: Norte – Sur		Sentido: Sur – Norte	
			

Día: 3		Fecha: 04/10/2023	
Estación 3: Av. 41		Abscisa: 0 + 895.5 m	
Sentido: Norte – Sur		Sentido: Sur – Norte	
			
Día: 4		Fecha: 05/10/2023	
Estación 4: Av. 47		Abscisa: 1 + 320 m	
Sentido: Norte – Sur		Sentido: Sur – Norte	
			
Día: 5		Fecha: 06/10/2023	
Estación 5: Av. 51		Abscisa: 1 + 540 m	
Sentido: Norte – Sur		Sentido: Sur – Norte	



Día: 6

Fecha: 07/10/2023

Estación 6: Av. 56

Abscisa: 1 + 760 m

Sentido: Norte – Sur

Sentido: Sur – Norte



Día: 7

Fecha: 08/10/2023

Estación 7: Av. 61

Abscisa: 1 + 960 m

Sentido: Norte – Sur

Sentido: Sur – Norte



Elaborado por: Joel González y Sara Montiel.

Tablas Unificadas de Lunes a Domingo del Conteo Vehicular en Ambos Sentidos.

Estudio de Tráfico.- Levantamientos de Conteos Volumétricos y Clasificación vehicular														
ESTACIÓN 1:	AV. 29 A-1				DÍA CONTEO:	LUNES		FECHA:	02 DE OCTUBRE 2023					
ABSCISA:	0 + 200				DIRECCIÓN:	CALLE 21 BARRIO 5 DE JUNIO DESDE AV.26 HASTA C.68								
HORA	LIVIANOS			BUSES		CAMIONES								TOTAL
	MOTO 	AUTOMÓVIL 	CAMIONETA 	BUSETA 	BUS 	C2P 	C2G 	C3 	C2-S1 	C2-S2 	C3-S1 	C3-S2 	C3-S3 	
06:00 a 07:00	415.00	228.00	14.00	4.00	17.00	4.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	683.00
07:00 a 08:00	380.00	150.00	8.00	0.00	9.00	4.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	556.00
08:00 a 09:00	411.00	175.00	24.00	7.00	11.00	6.00	5.00	2.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	643.00
09:00 a 10:00	411.00	171.00	23.00	4.00	10.00	6.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	632.00
10:00 a 11:00	493.00	228.00	21.00	5.00	12.00	7.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	770.00
11:00 a 12:00	467.00	173.00	17.00	6.00	9.00	6.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	682.00
12:00 a 13:00	545.00	183.00	21.00	1.00	12.00	6.00	5.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	774.00
13:00 a 14:00	386.00	137.00	16.00	6.00	5.00	4.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	560.00
14:00 a 15:00	349.00	161.00	20.00	9.00	15.00	5.00	6.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	568.00
15:00 a 16:00	399.00	179.00	31.00	4.00	12.00	5.00	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	640.00
16:00 a 17:00	448.00	178.00	19.00	0.00	9.00	8.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	669.00
17:00 a 18:00	490.00	191.00	26.00	6.00	12.00	12.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	749.00
Suman	5,194.00	2,154.00	240.00	52.00	133.00	73.00	72.00	3.00	3.00	1.00	0.00	1.00	0.00	7,926.00

Estudio de Tráfico.- Levantamientos de Conteos Volumétricos y Clasificación vehicular					
ESTACIÓN 2:	AV. 35	DÍA CONTEO:	MARTES	FECHA:	03 DE OCTUBRE 2023
ABSCISA:	0 + 640	DIRECCIÓN:	CALLE 21 BARRIO 5 DE JUNIO DESDE AV.26 HASTA C.68		

HORA	LIVIANOS			BUSES		CAMIONES								TOTAL
	MOTO	AUTOMÓVIL	CAMIONETA	BUSETA	BUS	C2P	C2G	C3	C2-S1	C2-S2	C3-S1	C3-S2	C3-S3	
06:00 a 07:00	420.00	162.00	7.00	4.00	21.00	2.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	617.00
07:00 a 08:00	686.00	248.00	14.00	7.00	11.00	1.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	972.00
08:00 a 09:00	502.00	96.00	21.00	5.00	11.00	10.00	12.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	658.00
09:00 a 10:00	420.00	151.00	21.00	3.00	11.00	6.00	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	627.00
10:00 a 11:00	442.00	186.00	32.00	9.00	14.00	11.00	9.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	705.00
11:00 a 12:00	518.00	187.00	29.00	8.00	12.00	4.00	13.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	772.00
12:00 a 13:00	688.00	175.00	28.00	6.00	11.00	5.00	13.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	927.00
13:00 a 14:00	546.00	170.00	25.00	12.00	13.00	3.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	777.00
14:00 a 15:00	495.00	167.00	13.00	7.00	12.00	6.00	12.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	713.00
15:00 a 16:00	475.00	172.00	15.00	10.00	12.00	4.00	10.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	699.00
16:00 a 17:00	567.00	179.00	20.00	13.00	12.00	6.00	13.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	810.00
17:00 a 18:00	430.00	127.00	12.00	6.00	7.00	2.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	589.00
Suman	6,189.00	2,020.00	237.00	90.00	147.00	60.00	116.00	6.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	8,866.00

Estudio de Tráfico.- Levantamientos de Conteos Volumétricos y Clasificación vehicular					
ESTACIÓN 3:	AV. 41	DÍA CONTEO:	MIÉRCOLES	FECHA:	04 DE OCTUBRE 2023
ABSCISA:	0 + 895.5	DIRECCIÓN:	CALLE 21 BARRIO 5 DE JUNIO DESDE AV.26 HASTA C.68		

HORA	LIVIANOS			BUSES		CAMIONES								TOTAL
	MOTO	AUTOMÓVIL	CAMIONETA	BUSETA	BUS	C2P	C2G	C3	C2-S1	C2-S2	C3-S1	C3-S2	C3-S3	
06:00 a 07:00	533.00	168.00	11.00	5.00	27.00	2.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	749.00
07:00 a 08:00	869.00	232.00	27.00	4.00	12.00	5.00	8.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1,158.00
08:00 a 09:00	538.00	230.00	28.00	8.00	16.00	4.00	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	835.00
09:00 a 10:00	375.00	188.00	23.00	3.00	13.00	3.00	13.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	620.00
10:00 a 11:00	313.00	130.00	16.00	1.00	11.00	3.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	479.00
11:00 a 12:00	498.00	190.00	18.00	1.00	15.00	7.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	736.00
12:00 a 13:00	631.00	152.00	31.00	1.00	10.00	6.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	837.00
13:00 a 14:00	546.00	148.00	17.00	7.00	13.00	6.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	740.00
14:00 a 15:00	276.00	129.00	21.00	6.00	10.00	4.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	453.00
15:00 a 16:00	295.00	139.00	8.00	3.00	5.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	455.00
16:00 a 17:00	442.00	153.00	17.00	4.00	7.00	4.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	630.00
17:00 a 18:00	478.00	157.00	21.00	1.00	7.00	3.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	673.00
Suman	5,794.00	2,016.00	238.00	44.00	146.00	47.00	75.00	0.00	0.00	1.00	0.00	2.00	2.00	8,365.00

Tabla del Análisis Completo de ESALs (W18) de Diseño

ANÁLISIS COMPLETO DE LOS EJE EQUIVALENTES PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE																									
		PROVINCIA:	SANTA ELENA										DÍAS DE AFORO VEHICULAR:	7 DÍAS											
		CANTÓN:	LA LIBERTAD										NÚMERO DE CARRILES:	2											
		SECTOR:	5 DE JUNIO										PARAMETROS REQUERIDOS												
		CALLE:	21										ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (Pi):	2.5											
		AVENIDAS:	AV. 26 - C.68										NÚMERO ESTRUCTURAL (SN):	4											
		ELABORADO POR:	JOEL GONZÁLEZ Y SARA MONTEL										PERÍODO DE DISEÑO:	20 AÑOS											
TIPOS DE VEHÍCULOS	LIVIANOS		BUS										CAMIONES												TOTAL
	AUTOS/CAMIONETA		BUSETA		BUS		C2P		C2G		C3		C2-S1		C2-S2		C3-S1		C3-S2		C3-S3				
TRÁFICO ASIGNADO	4,843.06		78.61		205.13		73.40		114.34		5.32		1.02		0.78		0.00		1.32		1.14		5,324.12		
EJE DELANTERO SIMPLE	1.50		3.00		7.00		3.00		7.00		7.00		7.00		7.00		7.00		7.00		7.00		7.00		
EJE POSTERIOR SIMPLE		2.50		7.00				7.00						11.00	11.00										
EJE POSTERIOR DOBLE						11.00			7.00																
EJE POSTERIOR TÁNDEM													20.00												
EJE POSTERIOR TRIDEM																								24.00	
L2s	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
L2x	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Lx (Ton)	1.50	2.50	3.00	7.00	7.00	11.00	3.00	7.00	7.00	11.00	7.00	20.00	7.00	11.00	11.00	7.00	11.00	20.00	7.00	20.00	11.00	7.00	20.00	24.00	
Lx (Kips)	3.3069	5.5115	6.6138	15.4322	15.4322	24.2506	6.6138	15.4322	15.4322	24.2506	15.4322	44.092	15.4322	24.2506	24.2506	15.432	24.2506	44.092	15.4322	44.092	24.2506	15.4322	44.092	52.9104	
L18	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	
G	-0.2009	-0.2009	-0.2009	-0.2009	-0.2009	-0.2009	-0.2009	-0.2009	-0.2009	-0.2009	-0.2009	-0.2009	-0.2009	-0.2009	-0.2009	-0.2009	-0.2009	-0.2009	-0.2009	-0.2009	-0.2009	-0.2009	-0.2009	-0.2009	
Bx	0.4021	0.4081	0.4134	0.5613	0.5613	1.0459	0.4134	0.5613	0.5613	1.0459	0.5613	0.8809	0.5613	1.0459	1.0459	0.5613	1.0459	0.8809	0.5613	0.8809	1.0459	0.5613	0.8809	0.6422	
B18	0.6578	0.6578	0.6578	0.6578	0.6578	0.6578	0.6578	0.6578	0.6578	0.6578	0.6578	0.6578	0.6578	0.6578	0.6578	0.6578	0.6578	0.6578	0.6578	0.6578	0.6578	0.6578	0.6578	0.6578	
WxW18	782.3747	109.86212	52.70552	1.776366	1.776366	0.332436	52.70552	1.776366	1.776366	0.332436	1.776366	0.344579	1.776366	0.332436	0.332436	1.7764	0.332436	0.344579	1.776366	0.344579	0.332436	1.776366	0.344579	0.650527	
FACTOR EQUIVALENTE	0.001278	0.0091023	0.018973	0.562947	0.562947	3.008101	0.018973	0.562947	0.562947	3.008101	0.562947	2.902093	0.562947	3.008101	3.008101	0.56295	3.008101	2.902093	0.562947	2.902093	3.008101	0.562947	2.902093	1.537215	
FACTOR CAMIÓN	0.010380478		0.58192025		3.57104768		0.58192025		3.57104768		3.465040096		6.579148455		6.473140871		6.473140871		6.367133288		5.002255272				
TASA DE CRECIMIENTO	5.43%		2.53%		2.53%		3.35%		3.35%		3.35%		3.35%		3.35%		3.35%		3.35%		3.35%				
FACTOR DE CRECIMIENTO	34.609		25.622		25.622		27.848		27.848		27.848		27.848		27.848		27.848		27.848		27.848				
TRÁFICO DE DISEÑO	635,070.39		427,823.18		6,850,672.53		434,131.91		4,150,116.61		187,440.70		68,332.71		51,070.42		0.00		85,323.23		58,105.30				
FACTOR DIRECCIONAL																									
FACTOR DE CARRIL																									
ESALs (W18)	317,535		213,912		3,425,336		217,066		2,075,058		93,720		34,166		25,535		0		42,662		29,053			6,474,043.49	

Anexo 3:

Procedimiento y Resultados de los Ensayos de Laboratorio.

Toma de Muestras (Calicatas) para los Ensayos de Laboratorio.

CALICATA #1 ABSCISA: 0+ 500 m	CALICATA #2 ABSCISA: 1+ 000 m
	
CALICATA #3 ABSCISA: 1+ 500 m	CALICATA #4 ABSCISA: 2+ 000 m
	

Ensayos de Laboratorios.

CONTENIDO DE HUMEDAD	
Muestras de cada calicata	Secado de Muestras
	
PORCENTAJE QUE PASA POR EL TAMIZ #200	
Humedecimiento de las muestras	Lavado de cantidad de finos
	
GRANULOMETRÍA	
Granulometría por Tamices grandes	Granulometría por tamices pequeños
	
PROCTOR MODIFICADO	
División de capas para la compactación	Colocación de capas para la compactación
	

Compactación de Capas	Cilindro compactado
	
LÍMITES DE ATTERBERG	
Corte de la ranura	Golpes de la cuchara
	
CBR	
Unificación con la humedad optima	Compactación por capas
	
Penetración de los cilindros	Registro de valores de carga de penetración
	

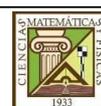
Contenido de Humedad

		UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"			
PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.					
ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA PERFORACIÓN: C1 ABSCISA: 0+500			FECHA: NOVIEMBRE 2023 MUESTRA: M1 - M2 PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.20		
CONTENIDO DE HUMEDAD					
PROFUNDIDAD		0.00 - 0.30	0.30 - 1.20		
MUESTRA No.		M1	M2		
RECIPIENTE No.		H	6		
Peso en gr.	Recipiente + Peso húmedo	2,753.90	965.40		
	Recipiente + Peso seco	2,517.70	845.20		
	Agua	236.20	120.20		
	Peso del Recipiente	93.00	95.60		
	Peso seco	2,424.70	749.60		
Contenido de Agua (Wn) %		9.74%	16.04%		
$W_n \% = \frac{(\text{recipiente} + \text{peso húmedo}) - (\text{recipiente} + \text{peso seco})}{(\text{recipiente} + \text{peso seco}) - (\text{recipiente})} \times 100 = \frac{W_W}{W_S} \times 100$					

		UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"			
PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.					
ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA PERFORACIÓN: C2 ABSCISA: 1+000			FECHA: NOVIEMBRE 2023 MUESTRA: M1 - M2 PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.20		
CONTENIDO DE HUMEDAD					
PROFUNDIDAD		0.00 - 0.30	0.30 - 1.20		
MUESTRA No.		M1	M2		
RECIPIENTE No.		1	I		
Peso en gr.	Recipiente + Peso húmedo	2,034.40	619.80		
	Recipiente + Peso seco	1,908.20	513.20		
	Agua	126.20	106.60		
	Peso del Recipiente	92.40	63.60		
	Peso seco	1,815.80	449.60		
Contenido de Agua (Wn) %		6.95%	23.71%		
$W_n \% = \frac{(\text{recipiente} + \text{peso húmedo}) - (\text{recipiente} + \text{peso seco})}{(\text{recipiente} + \text{peso seco}) - (\text{recipiente})} \times 100 = \frac{W_W}{W_S} \times 100$					



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"



PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA

FECHA: NOVIEMBRE 2023

PERFORACIÓN: C3

MUESTRA: M1 - M2

ABSCISA: 1+500

PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.20

CONTENIDO DE HUMEDAD

PROFUNDIDAD	0.00 - 0.30	0.30 - 1.20		
MUESTRA No.	M1	M2		
RECIPIENTE No.	5	H		
Peso en gr.	Recipiente + Peso húmedo	1,877.90	1,780.40	
	Recipiente + Peso seco	1,763.10	1,643.50	
	Agua	114.80	136.90	
	Peso del Recipiente	93.90	98.00	
	Peso seco	1,669.20	1,545.50	
Contenido de Agua (Wn) %	6.88%	8.86%		

$$Wn \% = \frac{(recipiente + peso húmedo) - (recipiente + peso seco)}{(recipiente + peso seco) - (recipiente)} \times 100 = \frac{W_W}{W_S} \times 100$$



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"



PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA

FECHA: NOVIEMBRE 2023

PERFORACIÓN: C4

MUESTRA: M1 - M2

ABSCISA: 2+000

PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.20

CONTENIDO DE HUMEDAD

PROFUNDIDAD	0.00 - 0.30	0.30 - 1.20		
MUESTRA No.	M1	M2		
RECIPIENTE No.	14	18		
Peso en gr.	Recipiente + Peso húmedo	1,780.20	865.90	
	Recipiente + Peso seco	1,706.50	783.60	
	Agua	73.70	82.30	
	Peso del Recipiente	92.70	63.20	
	Peso seco	1,613.80	720.40	
Contenido de Agua (Wn) %	4.57%	11.42%		

$$Wn \% = \frac{(recipiente + peso húmedo) - (recipiente + peso seco)}{(recipiente + peso seco) - (recipiente)} \times 100 = \frac{W_W}{W_S} \times 100$$

Porcentaje que Pasa por el Tamiz #200

 UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"			
PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.			
ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA		FECHA: NOVIEMBRE 2023	
PERFORACIÓN: C1		MUESTRA: M1 - M2	
ABSCISA: 0+500		PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.20	
PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ #200			
PROFUNDIDAD	0.00 - 0.30	0.30 - 1.20	
MUESTRA No.	M1	M2	
RECIPIENTE No.	H	6	
Peso en gr.	Peso del Recipiente	93.00	95.60
	Peso Inicial + Recipiente	2,517.70	845.20
	Peso Final + Recipiente	2,272.70	453.10
	Peso Inicial	2,424.70	749.60
	Peso Final	2,179.70	357.50
$\% \text{ RETENIDO} = \frac{\text{Peso Final}}{\text{Peso Inicial}} \times 100$		89.90%	47.69%
$\% \text{ PASA TAMIZ N}^\circ 200 = 100\% - \% \text{ Retenido}$		10.10%	52.31%

 UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"			
PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.			
ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA		FECHA: NOVIEMBRE 2023	
PERFORACIÓN: C2		MUESTRA: M1 - M2	
ABSCISA: 1+000		PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.20	
PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ #200			
PROFUNDIDAD	0.00 - 0.30	0.30 - 1.20	
MUESTRA No.	M1	M2	
RECIPIENTE No.	1	I	
Peso en gr.	Peso del Recipiente	92.40	63.60
	Peso Inicial + Recipiente	1,908.20	513.20
	Peso Final + Recipiente	1,555.60	163.00
	Peso Inicial	1,815.80	449.60
	Peso Final	1,463.20	99.40
$\% \text{ RETENIDO} = \frac{\text{Peso Final}}{\text{Peso Inicial}} \times 100$		80.58%	22.11%
$\% \text{ PASA TAMIZ N}^\circ 200 = 100\% - \% \text{ Retenido}$		19.42%	77.89%



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"



PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA **FECHA:** NOVIEMBRE 2023
PERFORACIÓN: C3 **MUESTRA:** M1 - M2
ABSCISA: 1+500 **PROFUNDIDAD:** 0.00 - 1.20

PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ #200

PROFUNDIDAD	0.00 - 0.30	0.30 - 1.20		
MUESTRA No.	M1	M2		
RECIPIENTE No.	5	H		
Peso en gr.	Peso del Recipiente	93.90	98.00	
	Peso Inicial + Recipiente	1,763.10	1,643.50	
	Peso Final + Recipiente	1,566.00	1,333.40	
	Peso Inicial	1,669.20	1,545.50	
	Peso Final	1,472.10	1,235.40	
$\% \text{ RETENIDO} = \frac{\text{Peso Final}}{\text{Peso Inicial}} \times 100$	88.19%	79.94%		
$\% \text{ PASA TAMIZ N}^\circ 200 = 100\% - \% \text{ Retenido}$	11.81%	20.06%		



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"



PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

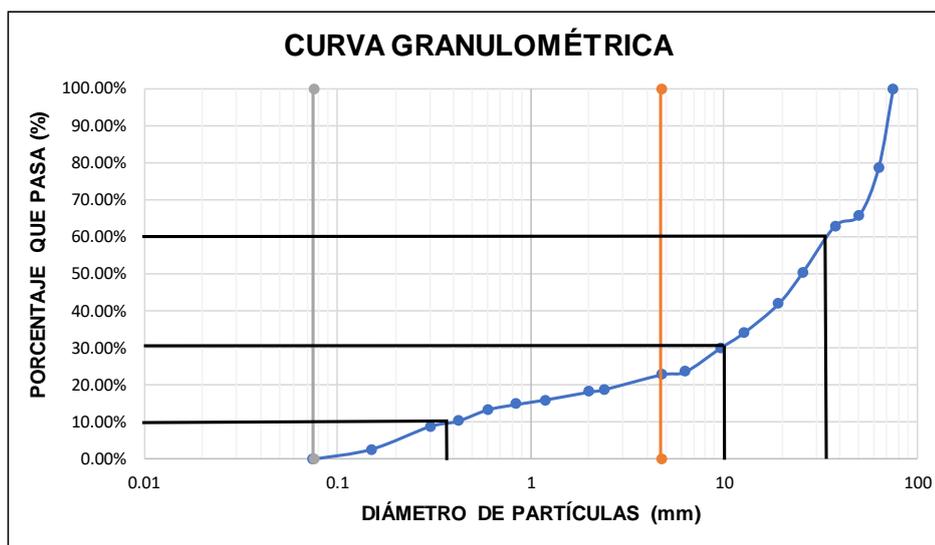
ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA **FECHA:** NOVIEMBRE 2023
PERFORACIÓN: C4 **MUESTRA:** M1 - M2
ABSCISA: 2+000 **PROFUNDIDAD:** 0.00 - 1.20

PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ #200

PROFUNDIDAD	0.00 - 0.30	0.30 - 1.20		
MUESTRA No.	M1	M2		
RECIPIENTE No.	14	18		
Peso en gr.	Peso del Recipiente	92.70	63.20	
	Peso Inicial + Recipiente	1,706.50	783.60	
	Peso Final + Recipiente	1,268.70	481.60	
	Peso Inicial	1,613.80	720.40	
	Peso Final	1,176.00	418.40	
$\% \text{ RETENIDO} = \frac{\text{Peso Final}}{\text{Peso Inicial}} \times 100$	72.87%	58.08%		
$\% \text{ PASA TAMIZ N}^\circ 200 = 100\% - \% \text{ Retenido}$	27.13%	41.92%		

Granulometría

		UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"				
PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.						
ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA				FECHA: NOVIEMBRE 2023		
PERFORACIÓN: C1				MUESTRA: M1		
ABSCISA: 0+500				PROFUNDIDAD: 0.00 - 0.30		
GRANULOMETRÍA						
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULAD	% PASANTE ACUMULADO	ESPECIFICACIÓN
3"	75	0	0.00%	0.00%	100.00%	
2 1/2"	63	468.0	21.47%	21.47%	78.53%	
2"	50	279.9	12.84%	34.31%	65.69%	
1 1/2"	37.5	61.9	2.84%	37.15%	62.85%	
1"	25.4	277.3	12.72%	49.87%	50.13%	
3/4"	19.1	181.5	8.33%	58.20%	41.80%	
1/2"	12.7	168.2	7.72%	65.92%	34.08%	
3/8"	9.52	92.8	4.26%	70.17%	29.83%	
1/4"	6.3	137.3	6.30%	76.47%	23.53%	
No. 4	4.76	15.9	0.73%	77.20%	22.80%	
No. 8	2.38	88.8	4.07%	81.28%	18.72%	
No. 10	2	13.4	0.61%	81.89%	18.11%	
No. 16	1.19	46.0	2.11%	84.00%	16.00%	
No. 20	0.84	26.8	1.23%	85.23%	14.77%	
No.30	0.6	31.3	1.44%	86.67%	13.33%	
No. 40	0.42	66.8	3.06%	89.73%	10.27%	
No. 50	0.3	32.3	1.48%	91.21%	8.79%	
No.100	0.15	132.7	6.09%	97.30%	2.70%	
No. 200	0.074	58.8	2.70%	100.00%	0.00%	
TOTAL		2,179.70	100.00%			



D10	0.38	Cu= COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD
D30	10.00	Cc= COEFICIENTE DE CURVATURA
D60	34	
$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$	$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{60} D_{10}}$	Cu= 89.47
		Cc= 7.74



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"



PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68,
 CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA

FECHA: NOVIEMBRE 2023

PERFORACIÓN: C1

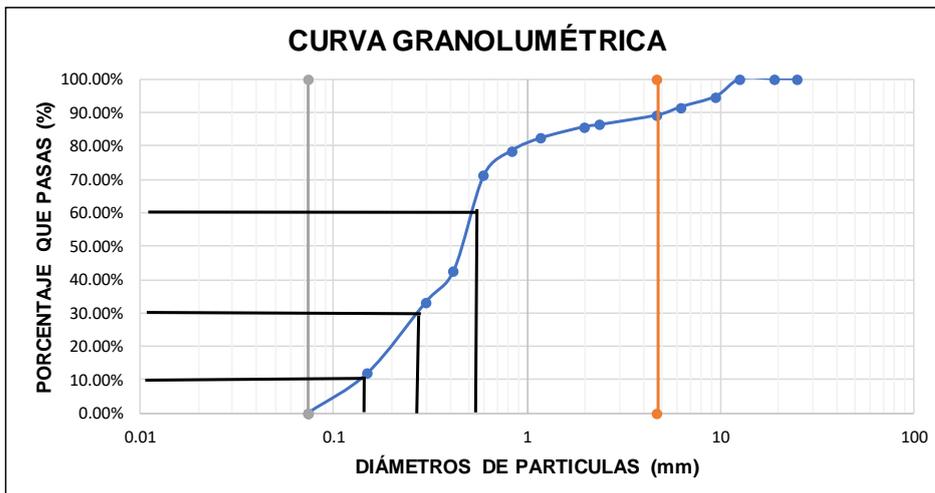
MUESTRA: M2

ABSCISA: 0+500

PROFUNDIDAD: 0.30 - 1.20

GRANULOMETRÍA

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULAD	% PASANTE ACUMULADO	ESPECIFICACIÓN
3"	75	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
2 1/2"	63	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
2"	50	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
1 1/2"	37.5	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
1"	25.4	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
3/4"	19.1	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
1/2"	12.7	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
3/8"	9.52	18.7	5.23%	5.23%	94.77%	
1/4"	6.3	11.2	3.13%	8.36%	91.64%	
No. 4	4.76	8.8	2.46%	10.83%	89.17%	
No. 8	2.38	10.4	2.91%	13.73%	86.27%	
No. 10	2	2.1	0.59%	14.32%	85.68%	
No. 16	1.19	12.0	3.36%	17.68%	82.32%	
No. 20	0.84	13.4	3.75%	21.43%	78.57%	
No.30	0.6	26.4	7.38%	28.81%	71.19%	
No. 40	0.42	101.8	28.48%	57.29%	42.71%	
No. 50	0.3	34.2	9.57%	66.85%	33.15%	
No.100	0.15	75.8	21.20%	88.06%	11.94%	
No. 200	0.074	42.7	11.94%	100.00%	0.00%	
TOTAL		357.5	100.00%			



D10	0.15	Cu= COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD	
D30	0.28	Cc= COEFICIENTE DE CURVATURA	
D60	0.54		
$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$	$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{60} D_{10}}$	Cu=	3.60
		Cc=	0.97



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"



PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA

FECHA: NOVIEMBRE 2023

PERFORACIÓN: C2

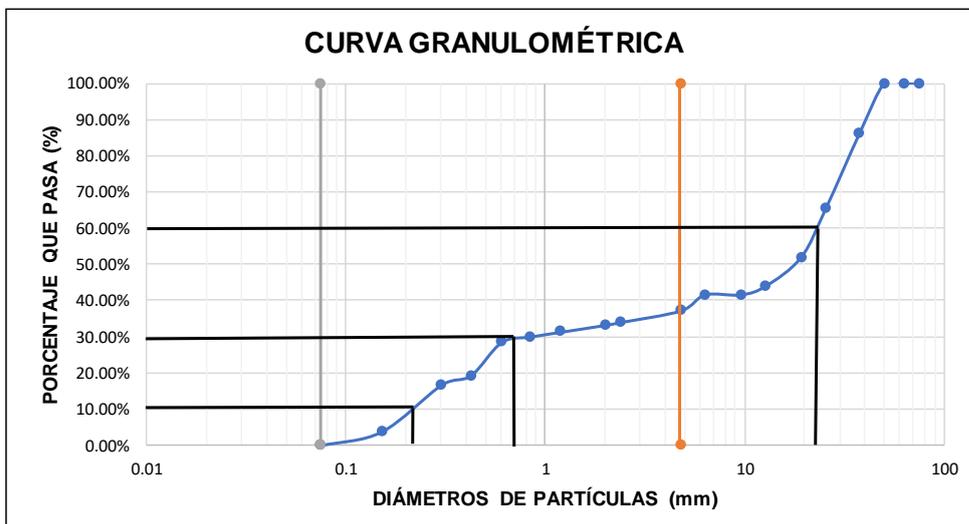
MUESTRA: M1

ABSCISA: 1+000

PROFUNDIDAD: 0.00 - 0.30

GRANOLUMETRÍA

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULAD	% PASANTE ACUMULADO	ESPECIFICACIÓN
3"	75	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
2 1/2"	63	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
2"	50	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
1 1/2"	37.5	203	13.87%	13.87%	86.13%	
1"	25.4	303.4	20.74%	34.61%	65.39%	
3/4"	19.1	196.6	13.44%	48.05%	51.95%	
1/2"	12.7	116.0	7.93%	55.97%	44.03%	
3/8"	9.52	35.3	2.41%	58.39%	41.61%	
1/4"	6.3	0.0	0.00%	58.39%	41.61%	
No. 4	4.76	64.7	4.42%	62.81%	37.19%	
No. 8	2.38	46.9	3.21%	66.01%	33.99%	
No. 10	2	11.3	0.77%	66.79%	33.21%	
No. 16	1.19	28.0	1.91%	68.70%	31.30%	
No. 20	0.84	19.3	1.32%	70.02%	29.98%	
No.30	0.6	22.2	1.52%	71.53%	28.47%	
No. 40	0.42	134.7	9.21%	80.74%	19.26%	
No. 50	0.3	37.00	2.53%	83.27%	16.73%	
No.100	0.15	189.3	12.94%	96.21%	3.79%	
No. 200	0.074	55.50	3.79%	100.00%	0.00%	
TOTAL		1,463.20	100.00%			



D10	0.22	Cu= COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD
D30	0.7	Cc= COEFICIENTE DE CURVATURA
D60	20.4	
$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$	$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{60} D_{10}}$	Cu= 92.73
		Cc= 0.11



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"



PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68,
 CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA

FECHA: NOVIEMBRE 2023

PERFORACIÓN: C2

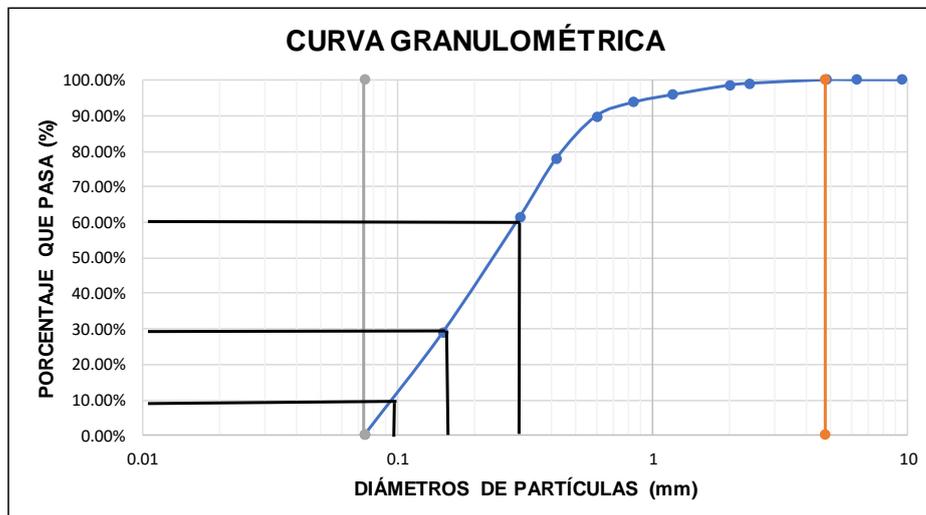
MUESTRA: M2

ABSCISA: 1+000

PROFUNDIDAD: 0.30 - 1.20

GRANULOMETRÍA

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	ESPECIFICACIÓN
3"	75	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
2 1/2"	63	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
2"	50	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
1 1/2"	37.5	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
1"	25.4	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
3/4"	19.1	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
1/2"	12.7	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
3/8"	9.52	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
1/4"	6.3	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
No. 4	4.76	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
No. 8	2.38	1.0	1.01%	1.01%	98.99%	
No. 10	2	0.5	0.50%	1.51%	98.49%	
No. 16	1.19	2.7	2.72%	4.23%	95.77%	
No. 20	0.84	2.1	2.11%	6.34%	93.66%	
No.30	0.6	3.9	3.92%	10.26%	89.74%	
No. 40	0.42	11.8	11.87%	22.13%	77.87%	
No. 50	0.3	16.6	16.70%	38.83%	61.17%	
No.100	0.15	32.2	32.39%	71.23%	28.77%	
No. 200	0.074	28.6	28.77%	100.00%	0.00%	
TOTAL		99.4	100.00%			



D10	0.095	Cu= COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD
D30	0.16	Cc= COEFICIENTE DE CURVATURA
D60	0.29	
$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$	$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{60} D_{10}}$	Cu= 3.05
		Cc= 0.93



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"



PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68,
 CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA

FECHA: NOVIEMBRE 2023

PERFORACIÓN: C3

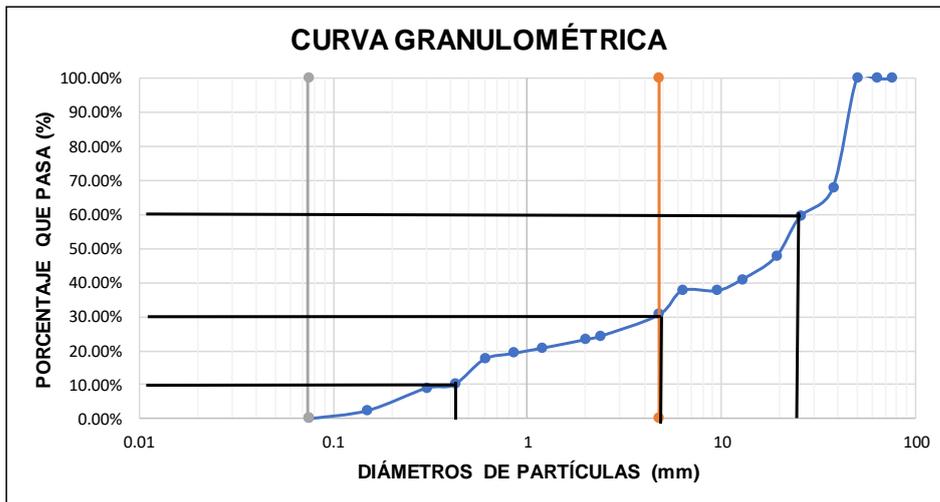
MUESTRA: M1

ABSCISA: 1+500

PROFUNDIDAD: 0.00 - 0.30

GRANULOMETRÍA

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULAD	% PASANTE ACUMULADO	ESPECIFICACIÓN
3"	75	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
2 1/2"	63	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
2"	50	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
1 1/2"	37.5	476.1	32.34%	32.34%	67.66%	
1"	25.4	121.7	8.27%	40.61%	59.39%	
3/4"	19.1	173.2	11.77%	52.37%	47.63%	
1/2"	12.7	98.8	6.71%	59.09%	40.91%	
3/8"	9.52	47	3.19%	62.28%	37.72%	
1/4"	6.3	0.0	0.00%	62.28%	37.72%	
No. 4	4.76	105.2	7.15%	69.42%	30.58%	
No. 8	2.38	92.1	6.26%	75.68%	24.32%	
No. 10	2	14.5	0.98%	76.67%	23.33%	
No. 16	1.19	37.3	2.53%	79.20%	20.80%	
No. 20	0.84	23.2	1.58%	80.78%	19.22%	
No.30	0.6	25.1	1.71%	82.48%	17.52%	
No. 40	0.42	109.8	7.46%	89.94%	10.06%	
No. 50	0.3	15.8	1.07%	91.01%	8.99%	
No.100	0.15	96.2	6.53%	97.55%	2.45%	
No. 200	0.074	36.1	2.45%	100.00%	0.00%	
TOTAL		1,472.1	100.00%			



D10	0.42	Cu= COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD
D30	4.75	Cc= COEFICIENTE DE CURVATURA
D60	26.00	
$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$	$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{60} D_{10}}$	Cu= 61.90
		Cc= 2.07



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"



PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68,
 CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA

FECHA: NOVIEMBRE 2023

PERFORACIÓN: C3

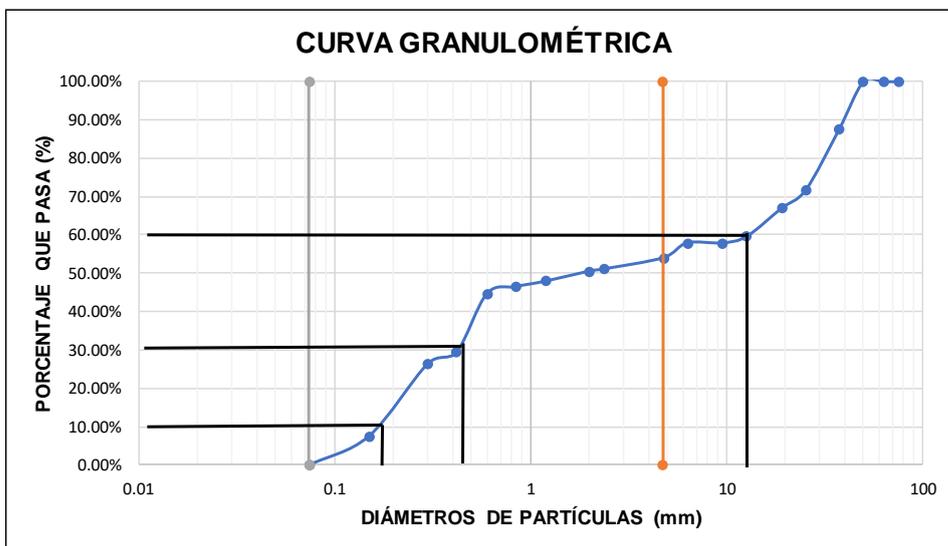
MUESTRA: M2

ABSCISA: 1+500

PROFUNDIDAD: 0.30 - 1.20

GRANULOMETRÍA

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULAD	% PASANTE ACUMULADO	ESPECIFICACIÓN
3"	75	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
2 1/2"	63	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
2"	50	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
1 1/2"	37.5	154.9	12.54%	12.54%	87.46%	
1"	25.4	193.9	15.70%	28.23%	71.77%	
3/4"	19.1	58.9	4.77%	33.00%	67.00%	
1/2"	12.7	90.6	7.33%	40.34%	59.66%	
3/8"	9.52	20.8	1.68%	42.02%	57.98%	
1/4"	6.3	0.0	0.00%	42.02%	57.98%	
No. 4	4.76	47.8	3.87%	45.89%	54.11%	
No. 8	2.38	36.0	2.91%	48.80%	51.20%	
No. 10	2	7.0	0.57%	49.37%	50.63%	
No. 16	1.19	32.8	2.66%	52.02%	47.98%	
No. 20	0.84	17.4	1.41%	53.43%	46.57%	
No.30	0.6	22.8	1.85%	55.28%	44.72%	
No. 40	0.42	189.1	15.31%	70.58%	29.42%	
No. 50	0.3	36.1	2.92%	73.51%	26.49%	
No.100	0.15	234.0	18.94%	92.45%	7.55%	
No. 200	0.074	93.3	7.55%	100.00%	0.00%	
TOTAL		1,235.4	100.00%			



D10	0.18	Cu= COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD
D30	0.44	Cc= COEFICIENTE DE CURVATURA
D60	14.00	
$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$	$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{60} D_{10}}$	Cu= 77.78
		Cc= 0.08



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"



PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68,
 CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA

FECHA: NOVIEMBRE 2023

PERFORACIÓN: C4

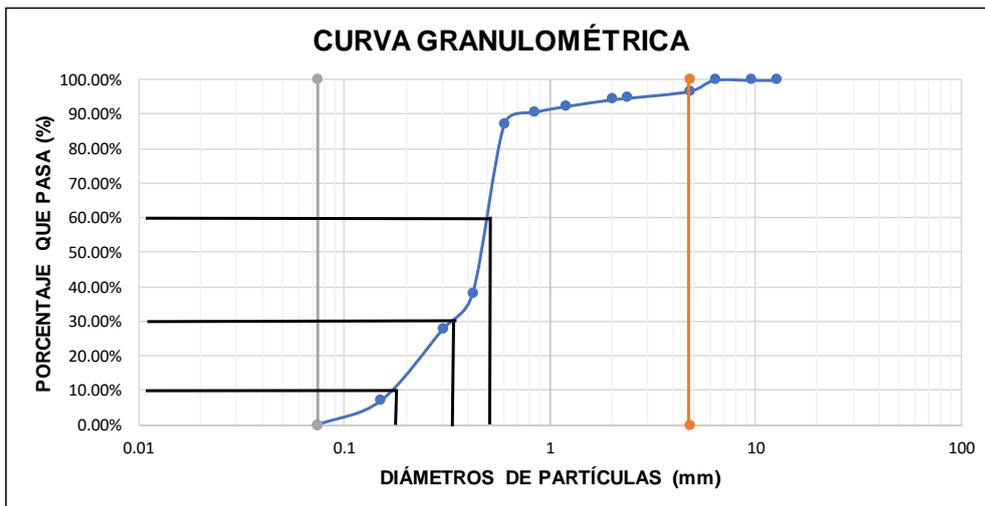
MUESTRA: M1

ABSCISA: 2+000

PROFUNDIDAD: 0.00 - 0.30

GRANULOMETRÍA

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULAD	% PASANTE ACUMULADO	ESPECIFICACIÓN
3"	75	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
2 1/2"	63	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
2"	50	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
1 1/2"	37.5	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
1"	25.4	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
3/4"	19.1	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
1/2"	12.7	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
3/8"	9.52	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
1/4"	6.3	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
No. 4	4.76	37.9	3.22%	3.22%	96.78%	
No. 8	2.38	23.3	1.98%	5.20%	94.80%	
No. 10	2	5.3	0.45%	5.65%	94.35%	
No. 16	1.19	23.0	1.96%	7.61%	92.39%	
No. 20	0.84	20.6	1.75%	9.36%	90.64%	
No.30	0.6	38.0	3.23%	12.59%	87.41%	
No. 40	0.42	579.9	49.31%	61.90%	38.10%	
No. 50	0.3	122.3	10.40%	72.30%	27.70%	
No.100	0.15	243.8	20.73%	93.04%	6.96%	
No. 200	0.074	81.9	6.96%	100.00%	0.00%	
TOTAL		1,176.0	100.00%			



D10	0.18	Cu= COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD	
D30	0.32	Cc= COEFICIENTE DE CURVATURA	
D60	0.5		
		Cu=	2.78
		Cc=	1.14
$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$	$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{60} D_{10}}$		



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"



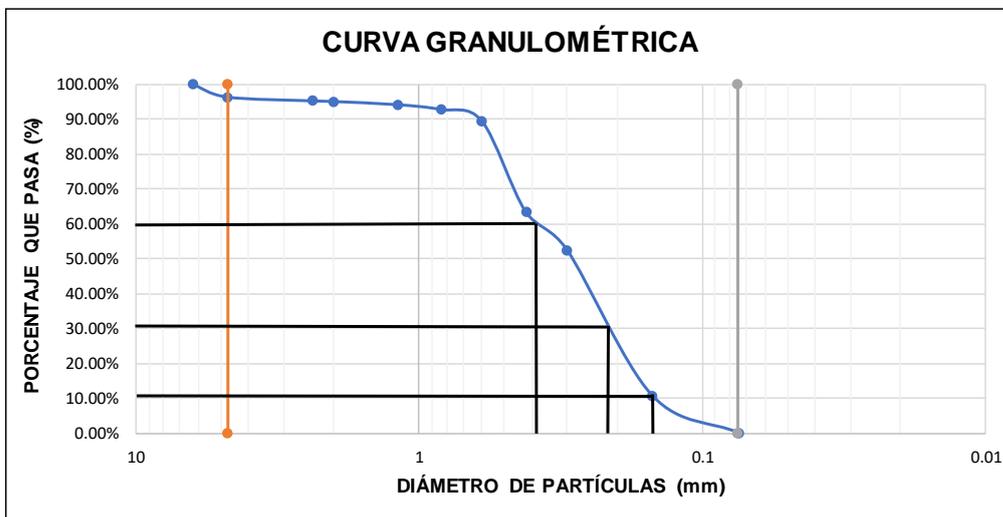
PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA
PERFORACIÓN: C4
ABSCISA: 2+000

FECHA: NOVIEMBRE 2023
MUESTRA: M2
PROFUNDIDAD: 0.30 - 1.20

GRANULOMETRÍA

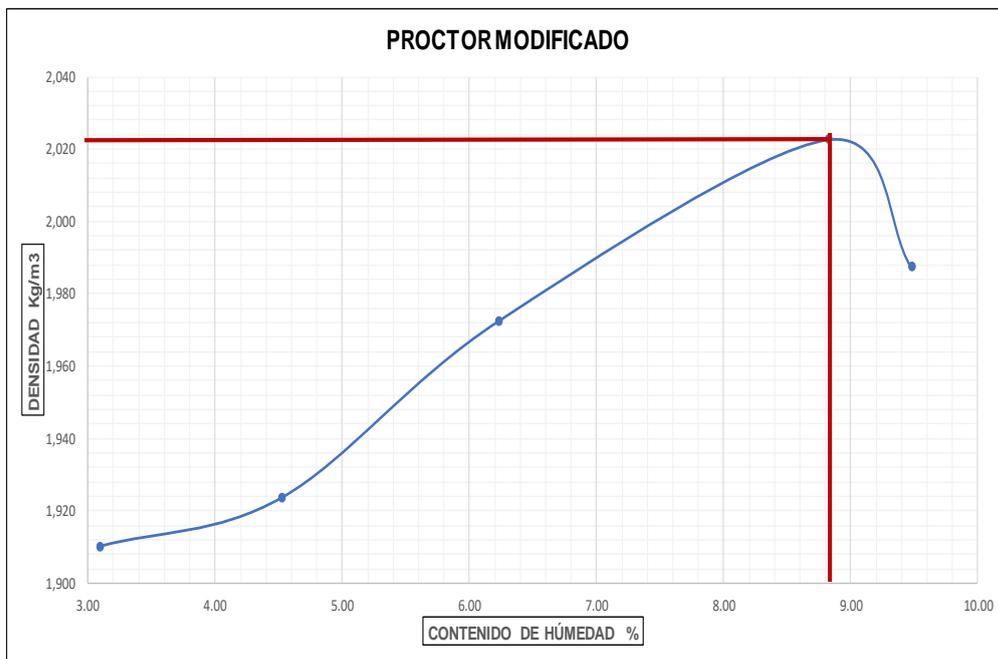
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	ESPECIFICACIÓN
3"	75	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
2 1/2"	63	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
2"	50	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
1 1/2"	37.5	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
1"	25.4	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
3/4"	19.1	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
1/2"	12.7	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
3/8"	9.52	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
1/4"	6.3	0.0	0.00%	0.00%	100.00%	
No. 4	4.76	15.7	3.75%	3.75%	96.25%	
No. 8	2.38	4.6	1.10%	4.85%	95.15%	
No. 10	2	0.8	0.19%	5.04%	94.96%	
No. 16	1.19	3.8	0.91%	5.95%	94.05%	
No. 20	0.84	5.7	1.36%	7.31%	92.69%	
No.30	0.6	13.6	3.25%	10.56%	89.44%	
No. 40	0.42	108.8	26.00%	36.57%	63.43%	
No. 50	0.3	45.9	10.97%	47.54%	52.46%	
No.100	0.15	174.7	41.75%	89.29%	10.71%	
No. 200	0.074	44.8	10.71%	100.00%	0.00%	
TOTAL		418.4	100.00%			



D10	0.16	Cu= COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD
D30	0.22	Cc= COEFICIENTE DE CURVATURA
D60	0.39	
$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$	$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{60} D_{10}}$	Cu= 2.44
		Cc= 0.78

Proctor Modificado

 UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"												
PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.												
ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA PERFORACIÓN: C1 ABSCISA: 0+500		FECHA: NOVIEMBRE 2023 MUESTRA: M1 PROFUNDIDAD: 0.00 - 0.30										
VOLUMEN DEL CILINDRO: PESO DEL CILINDRO: NÚMERO DE GOLPES POR CAPA: NÚMERO DE CAPAS:		0.000944 Lt 4.229 Kg 25 5										
PRUEBA DE PROCTOR												
CANTIDAD DE AGUA cm ³	RECIPIENTE N°	PESO TIERRA HÚMEDA + RECIPIENTE Gr	PESO TIERRA SECA + RECIPIENTE Gr	PESO DE RECIPIENTE Gr	PESO DE AGUA Gr	PESO SECO Gr	W %	PESO TIERRA HÚMEDA + CILINDRO Kg	PESO TIERRA HÚMEDA W Kg	$1 + \frac{W}{100}$	PESO TIERRA SECA Ws Kg	DENSIDAD SECA Kg/m ³
ESTADO NATURAL	PI	193.2	188.4	33.3	4.8	155.1	3.09	6.088	1.859	1.031	1.803	1,910
50	6	159.0	153.6	34.2	5.4	119.4	4.52	6.127	1.898	1.045	1.816	1,924
100	J	161.9	154.3	32.3	7.6	122	6.23	6.207	1.978	1.062	1.862	1,972
150	UP2	163.3	152.7	32.6	10.6	120.1	8.83	6.307	2.078	1.088	1.909	2,023
200	PI	148.7	138.7	33.2	10.0	105.5	9.48	6.283	2.054	1.095	1.876	1,987



CONTENIDO NATURAL DE HÚMEDAD:
 3.09 %

CONTENIDO ÓPTIMO DE HÚMEDAD:
 8.83 %

DENSIDAD SECA MÁXIMA:
 2,023.00 Kg/m³



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
 FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
 LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"



PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

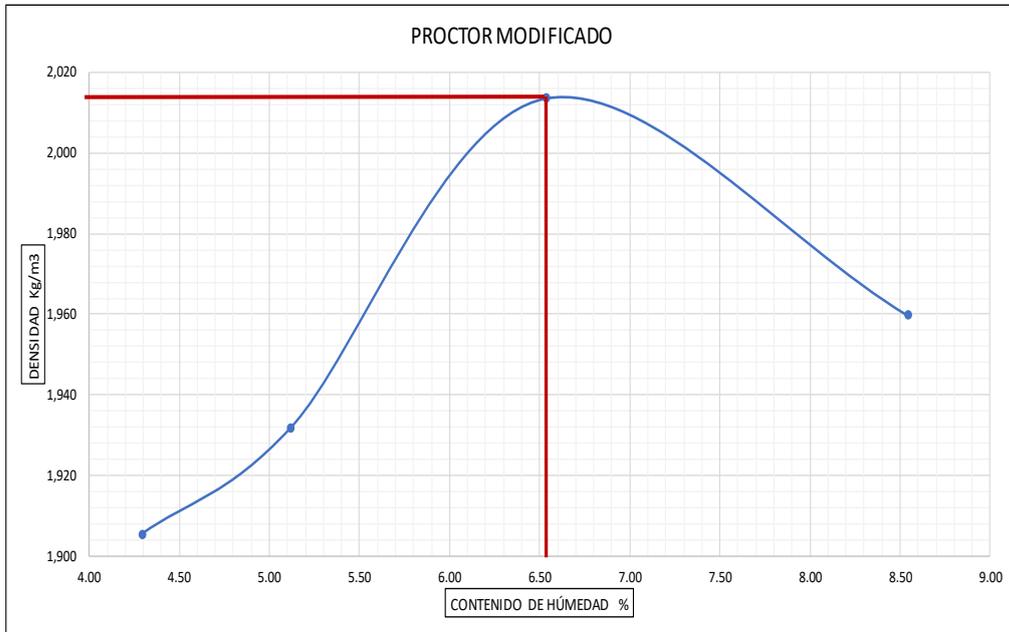
ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTEL SARA
 PERFORACIÓN: C1
 ABSCISA: 0+500

FECHA: NOVIEMBRE 2023
 MUESTRA: M2
 PROFUNDIDAD: 0.30 - 1.20

VOLUMEN DEL CILINDRO: 0.000944 Lt
 PESO DEL CILINDRO: 4.229 Kg
 NÚMERO DE GOLPES POR CAPA: 25
 NÚMERO DE CAPAS: 5

PRUEBA DE PROCTOR

CANTIDAD DE AGUA cm ³	RECIPIENTE N°	PESO TIERRA HÚMEDA + RECIPIENTE Gr	PESO TIERRA SECA + RECIPIENTE Gr	PESO DE RECIPIENTE Gr	PESO DE AGUA Gr	PESO SECO Gr	W %	PESO TIERRA HÚMEDA + CILINDRO Kg	PESO TIERRA HÚMEDA W Kg	$1 + \frac{W}{100}$	PESO TIERRA SECA Ws Kg	DENSIDAD SECA Kg/m ³
ESTADO NATURAL	19	146.7	142.0	32.5	4.7	109.5	4.29	6.105	1.876	1.043	1.799	1,905
80	UP	152.3	146.5	33.2	5.8	113.3	5.12	6.146	1.917	1.051	1.824	1,932
160	2	131.8	125.8	34.0	6	91.8	6.54	6.254	2.025	1.065	1.901	2,014
240	6	125.7	118.5	34.2	7.2	84.3	8.54	6.237	2.008	1.085	1.850	1,960



CONTENIDO NATURAL DE HÚMEDAD:
 4.29 %

CONTENIDO ÓPTIMO DE HÚMEDAD:
 6.54 %

DENSIDAD SECA MÁXIMA:
 2,014.00 Kg/m³



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"



PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA

FECHA: NOVIEMBRE 2023

PERFORACIÓN: C2

MUESTRA: M1

ABSCISA: 1+000

PROFUNDIDAD: 0.00 - 0.30

VOLUMEN DEL CILINDRO:

0.000944 Lt

PESO DEL CILINDRO:

4.229 Kg

NÚMERO DE GOLPES POR CAPA:

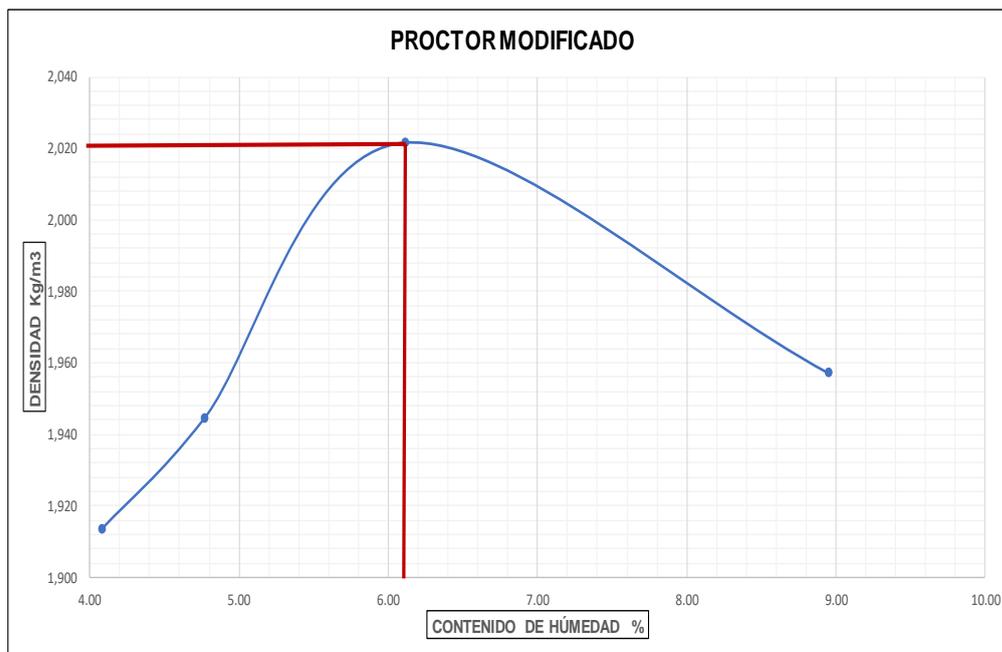
25

NÚMERO DE CAPAS:

5

PRUEBA DE PROCTOR

CANTIDAD DE AGUA <i>cm³</i>	RECIPIENTE N°	PESO TIERRA HÚMEDA + RECIPIENTE Gr	PESO TIERRA SECA + RECIPIENTE Gr	PESO DE RECIPIENTE Gr	PESO DE AGUA Gr	PESO SECO Gr	W %	PESO TIERRA HÚMEDA + CILINDRO Kg	PESO TIERRA HÚMEDA W Kg	$1 + \frac{W}{100}$	PESO TIERRA SECA Ws Kg	DENSIDAD SECA <i>Kg/m³</i>
ESTADO NATURAL	UP2	183.2	177.3	32.6	5.9	144.7	4.08	6.109	1.88	1.041	1.806	1,914
80	J	146.8	141.6	32.5	5.2	109.1	4.77	6.152	1.923	1.048	1.836	1,944
160	J7	134.8	128.9	32.4	5.9	96.5	6.11	6.254	2.025	1.061	1.908	2,022
240	PI	157.5	147.3	33.3	10.2	114	8.95	6.242	2.013	1.089	1.848	1,957



CONTENIDO NATURAL DE HÚMEDAD:
4.08 %

CONTENIDO ÓPTIMO DE HÚMEDAD:
6.11 %

DENSIDAD SECA MÁXIMA:
2,022.00 Kg/m³



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"



PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTEL SARA

FECHA: NOVIEMBRE 2023

PERFORACIÓN: C2

MUESTRA: M2

ABSCISA: 1+000

PROFUNDIDAD: 0.30 - 1.20

VOLUMEN DEL CILINDRO:

0.000944 Lt

PESO DEL CILINDRO:

4.229 Kg

NÚMERO DE GOLPES POR CAPA:

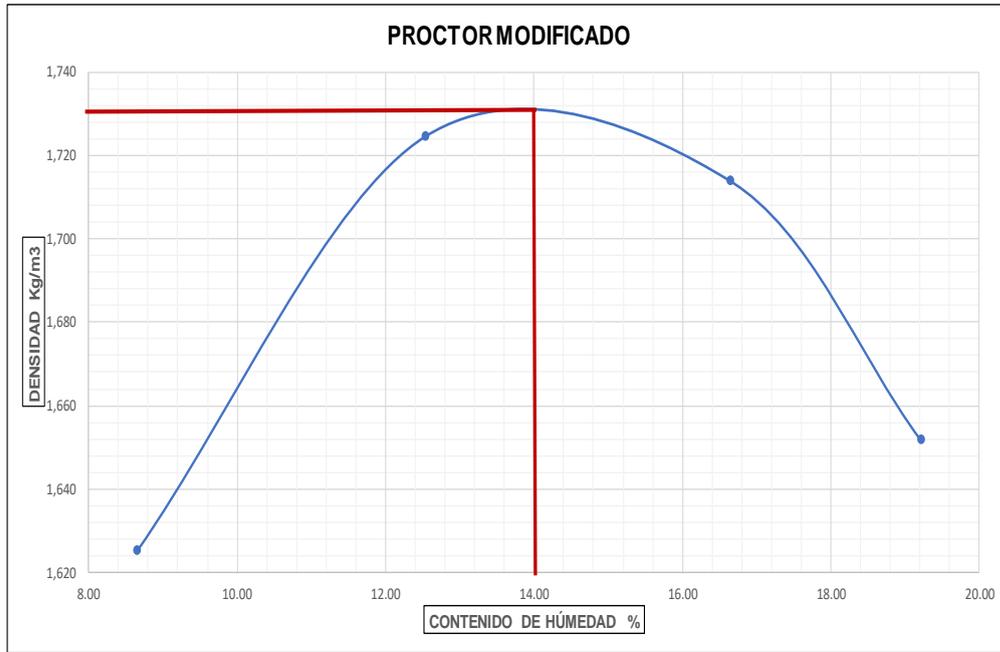
25

NÚMERO DE CAPAS:

5

PRUEBA DE PROCTOR

CANTIDAD DE AGUA cm ³	RECIENTE N°	PESO TIERRA HÚMEDA + RECIENTE Gr	PESO TIERRA SECA + RECIENTE Gr	PESO DE RECIENTE Gr	PESO DE AGUA Gr	PESO SECO Gr	W %	PESO TIERRA HÚMEDA + CILINDRO Kg	PESO TIERRA HÚMEDA W Kg	$1 + \frac{W}{100}$	PESO TIERRA SECA Ws Kg	DENSIDAD SECA Kg/m ³
ESTADO NATURAL	XXX	281.6	264.6	68.0	17.0	196.6	8.65	5.896	1.667	1.086	1.534	1,625
90	Z	389.5	353.7	68.2	35.8	285.5	12.54	6.061	1.832	1.125	1.628	1,724
180	XX	250.3	223.9	65.2	26.4	158.7	16.64	6.116	1.887	1.166	1.618	1,714
360	C	341.1	296.0	61.2	45.1	234.8	19.21	6.088	1.859	1.192	1.559	1,652



CONTENIDO NATURAL DE HÚMEDAD:
8.65 %

CONTENIDO ÓPTIMO DE HÚMEDAD:
14.0 %

DENSIDAD SECA MÁXIMA:
1,732.00 Kg/m³



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"



PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA

FECHA: NOVIEMBRE 2023

PERFORACIÓN: C3

MUESTRA: M1

ABSCISA: 1+ 500

PROFUNDIDAD: 0.00 - 0.30

VOLUMEN DEL CILINDRO: 0.000944 Lt

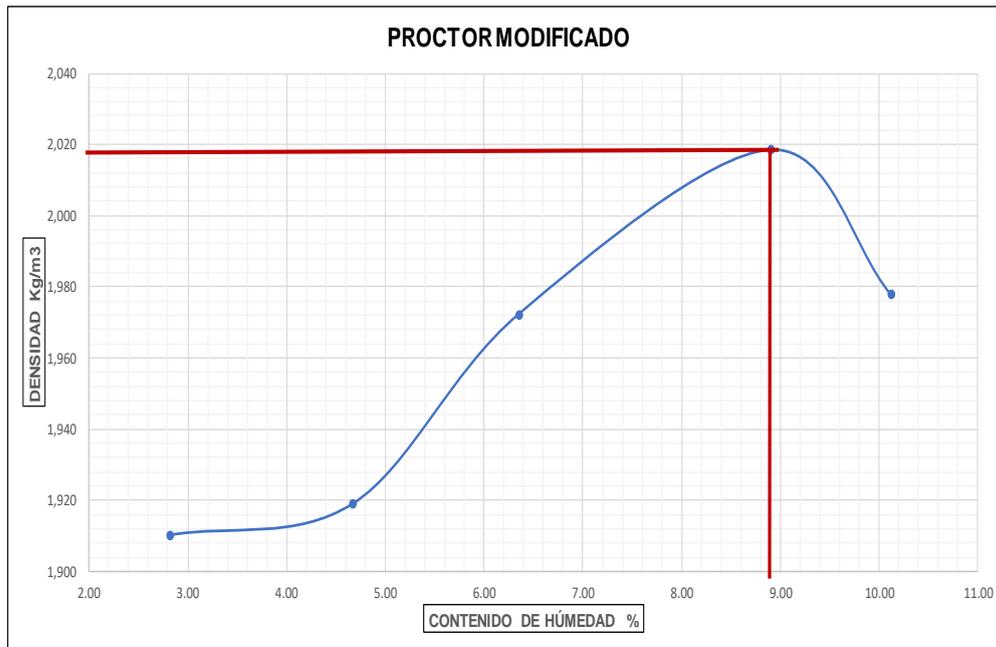
PESO DEL CILINDRO: 4.229 Kg

NÚMERO DE GOLPES POR CAPA: 25

NÚMERO DE CAPAS: 5

PRUEBA DE PROCTOR

CANTIDAD DE AGUA <i>cm³</i>	RECIPIENTE Nº	PESO TIERRA HÚMEDA + RECIPIENTE Gr	PESO TIERRA SECA + RECIPIENTE Gr	PESO DE RECIPIENTE Gr	PESO DE AGUA Gr	PESO SECO Gr	W %	PESO TIERRA HÚMEDA + CILINDRO Kg	PESO TIERRA HÚMEDA W Kg	$1 + \frac{W}{100}$	PESO TIERRA SECA Ws Kg	DENSIDAD SECA <i>Kg/m³</i>
ESTADO NATURAL	J	149.2	146.0	32.5	3.2	113.5	2.82	6.083	1.854	1.028	1.803	1,910
50	19	122.2	118.2	32.5	4	85.7	4.67	6.125	1.896	1.047	1.811	1,919
100	1	172.1	163.8	33.1	8.3	130.7	6.35	6.209	1.98	1.064	1.862	1,972
150	J7	174.3	162.7	32.4	11.6	130.3	8.90	6.304	2.075	1.089	1.905	2,018
200	1	152.5	141.5	32.8	11.0	108.7	10.12	6.285	2.056	1.101	1.867	1,978



CONTENIDO NATURAL DE HÚMEDAD:
2.82 %

CONTENIDO ÓPTIMO DE HÚMEDAD:
8.90 %

DENSIDAD SECA MÁXIMA:
2,018.00 Kg/m³



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"



PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA

FECHA: NOVIEMBRE 2023

PERFORACIÓN: C3

MUESTRA: M2

ABSCISA: 1+ 500

PROFUNDIDAD: 0.30 - 1.20

VOLUMEN DEL CILINDRO:

0.000944 Lt

PESO DEL CILINDRO:

4.229 Kg

NÚMERO DE GOLPES POR CAPA:

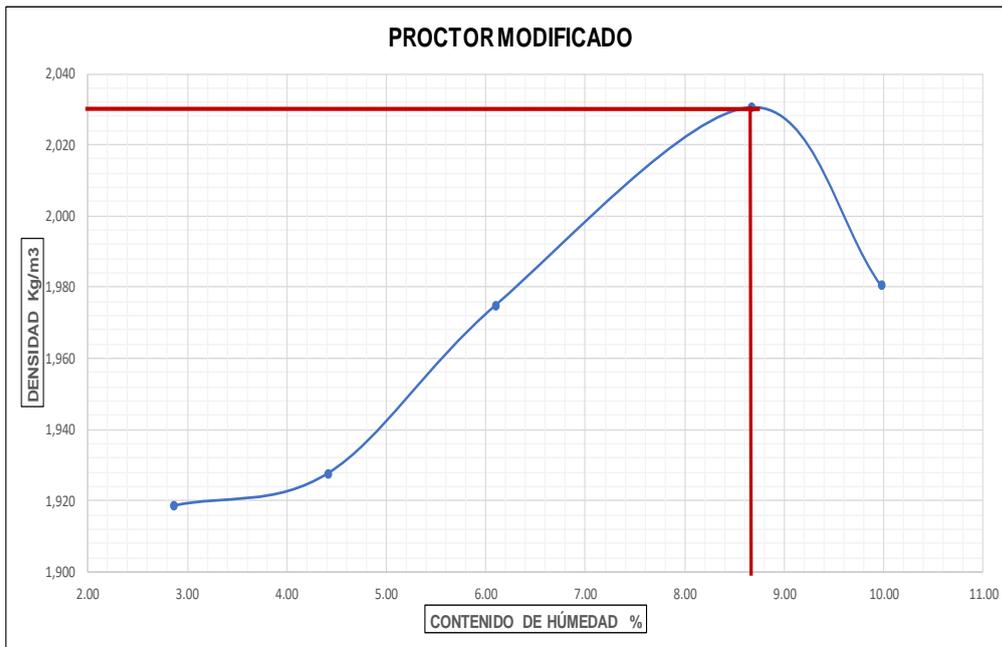
25

NÚMERO DE CAPAS:

5

PRUEBA DE PROCTOR

CANTIDAD DE AGUA cm^3	RECIPIENTE N°	PESO TIERRA HÚMEDA + RECIPIENTE Gr	PESO TIERRA SECA + RECIPIENTE Gr	PESO DE RECIPIENTE Gr	PESO DE AGUA Gr	PESO SECO Gr	W %	PESO TIERRA HÚMEDA + CILINDRO Kg	PESO TIERRA HÚMEDA W Kg	$1 + \frac{W}{100}$	PESO TIERRA SECA W_s Kg	DENSIDAD SECA Kg/m^3
ESTADO NATURAL	11	215.4	210.3	32.3	5.1	178	2.87	6.092	1.863	1.029	1.811	1,919
50	UP	137.3	132.9	33.2	4.4	99.7	4.41	6.129	1.9	1.044	1.820	1,928
100	CS	159.4	153.1	49.8	6.3	103.3	6.10	6.207	1.978	1.061	1.864	1,975
150	2	176.9	165.5	34.0	11.4	131.5	8.67	6.312	2.083	1.087	1.917	2,031
200	UP1	156.0	144.8	32.5	11.2	112.3	9.97	6.285	2.056	1.100	1.870	1,980



CONTENIDO NATURAL DE HÚMEDAD:
2.87 %

CONTENIDO ÓPTIMO DE HÚMEDAD:
8.67 %

DENSIDAD SECA MÁXIMA:
2,031.00 Kg/m³



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"



PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA

FECHA: NOVIEMBRE 2023

PERFORACIÓN: C4

MUESTRA: M1

ABSCISA: 2 + 000

PROFUNDIDAD: 0.00 - 0.30

VOLUMEN DEL CILINDRO:

0.000944 Lt

PESO DEL CILINDRO:

4.229 Kg

NÚMERO DE GOLPES POR CAPA:

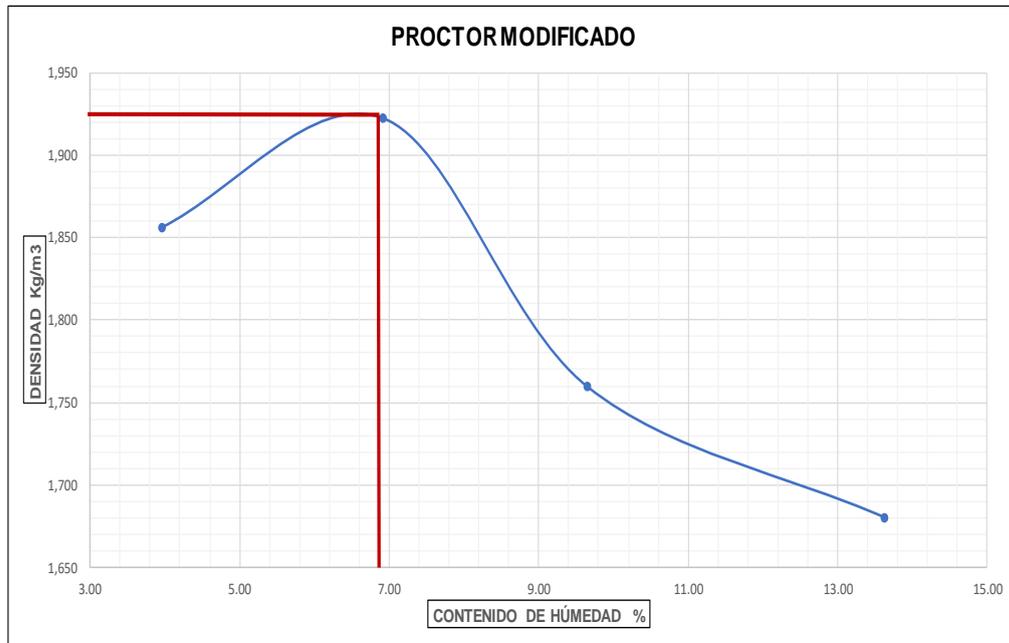
25

NÚMERO DE CAPAS:

5

PRUEBA DE PROCTOR

CANTIDAD DE AGUA <i>cm³</i>	RECIPIENTE N°	PESO TIERRA HÚMEDA + RECIPIENTE Gr	PESO TIERRA SECA + RECIPIENTE Gr	PESO DE RECIPIENTE Gr	PESO DE AGUA Gr	PESO SECO Gr	W %	PESO TIERRA HÚMEDA + CILINDRO Kg	PESO TIERRA HÚMEDA W Kg	$1 + \frac{W}{100}$	PESO TIERRA SECA Ws Kg	DENSIDAD SECA <i>Kg/m³</i>
ESTADO NATURAL	C5	157.6	153.5	49.8	4.1	103.7	3.95	6.05	1.821	1.040	1.752	1,856
80	11	140.5	133.5	32.3	7	101.2	6.92	6.169	1.94	1.069	1.814	1,922
160	UP1	155.2	144.4	32.5	10.8	111.9	9.65	6.050	1.821	1.097	1.661	1,759
240	P	192.5	175.8	53.2	16.7	122.6	13.62	6.031	1.802	1.136	1.586	1,680



CONTENIDO NATURAL DE HÚMEDAD:
3.95 %

CONTENIDO ÓPTIMO DE HÚMEDAD:
6.92 %

DENSIDAD SECA MÁXIMA:
1,922.00 Kg/m³



PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTEL SARA

FECHA: NOVIEMBRE 2023

PERFORACIÓN: C4

MUESTRA: M2

ABSCISA: 2 + 000

PROFUNDIDAD: 0.30 - 1.20

VOLUMEN DEL CILINDRO:

0.000944 Lt

PESO DEL CILINDRO:

4.229 Kg

NÚMERO DE GOLPES POR CAPA:

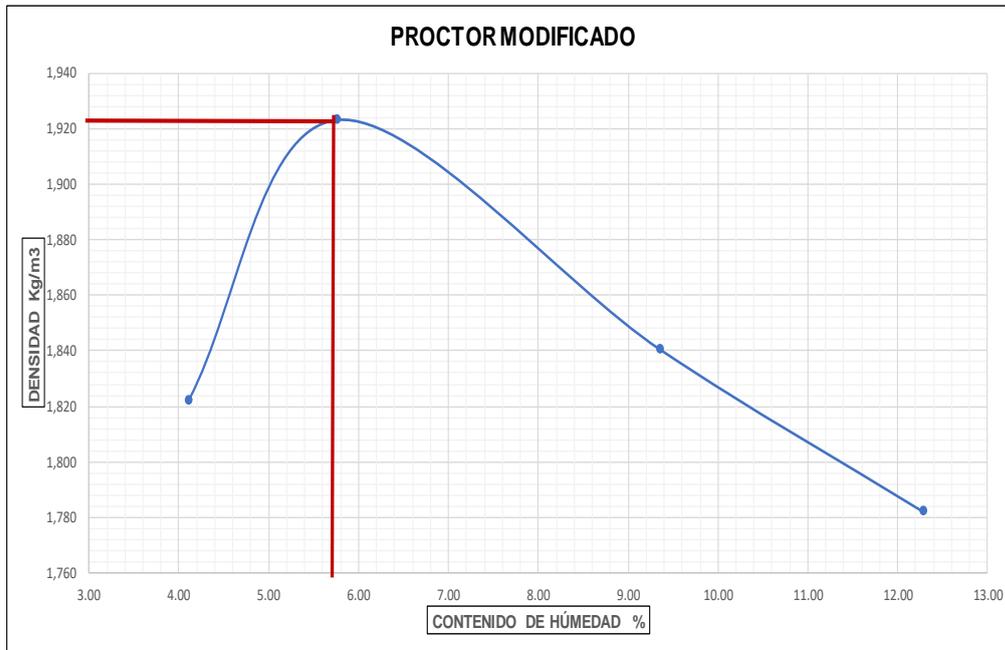
25

NÚMERO DE CAPAS:

5

PRUEBA DE PROCTOR

CANTIDAD DE AGUA cm^3	RECIPIENTE N°	PESO TIERRA HÚMEDA + RECIPIENTE Gr	PESO TIERRA SECA + RECIPIENTE Gr	PESO DE RECIPIENTE Gr	PESO DE AGUA Gr	PESO SECO Gr	W %	PESO TIERRA HÚMEDA + CILINDRO Kg	PESO TIERRA HÚMEDA W Kg	$1 + \frac{W}{100}$	PESO TIERRA SECA Ws Kg	DENSIDAD SECA Kg/m^3
ESTADO NATURAL	G4	154.1	149.3	32.5	4.8	116.8	4.11	6.020	1.791	1.041	1.720	1,822
80	I	108.1	104	32.8	4.1	71.2	5.76	6.149	1.920	1.058	1.815	1,923
160	I	153.5	143.2	33.1	10.3	110.1	9.36	6.129	1.900	1.094	1.737	1,841
240	J	164.9	150.4	32.3	14.5	118.1	12.28	6.118	1.889	1.123	1.682	1,782



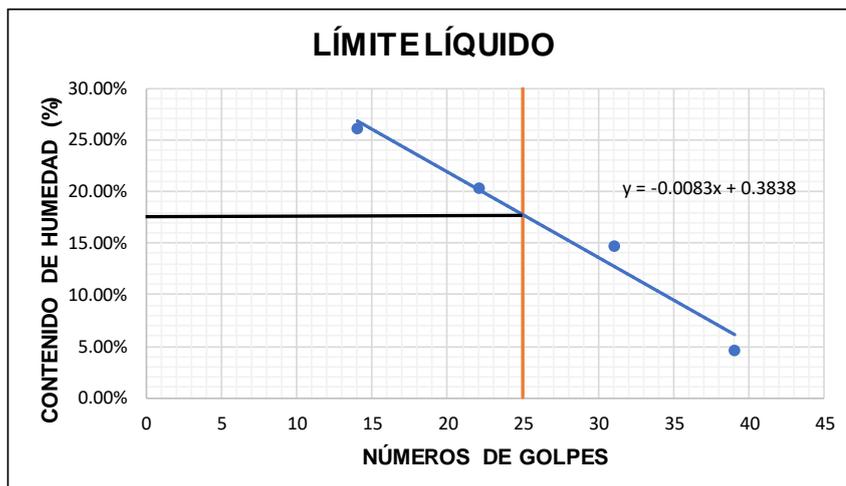
CONTENIDO NATURAL DE HÚMEDAD:
4.11 %

CONTENIDO ÓPTIMO DE HÚMEDAD:
5.76 %

DENSIDAD SECA MÁXIMA:
1,923.00 Kg/m³

Límites de Atterberg

		UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"				
PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.						
ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA				FECHA: NOVIEMBRE 2023		
PERFORACIÓN: C1				MUESTRA: M1		
ABSCISA: 0+500				PROFUNDIDAD: 0.00 - 0.30		
LÍMITE LÍQUIDO						
PASO No.		1	2	3	4	
RECIPIENTE No.		X	7X	5X	8X	
Peso en gr.	Recipiente + Peso húmedo	23.0	26.8	25.4	22.5	
	Recipiente + Peso seco	20.5	24.2	23.6	22.00	
	Agua Ww	2.5	2.6	1.8	0.5	
	Recipiente	10.9	11.4	11.4	11.3	
	Peso seco Ws	9.6	12.8	12.2	10.7	
Contenido de Humedad (%) W		26.04%	20.31%	14.75%	4.67%	
Números de Golpes		14	22	31	39	



LÍMITE PLÁSTICO					
PASO No.		1	2	3	
RECIPIENTE No.		T	B	12	
Peso en gr.	Recipiente + Peso húmedo	12.8	12.1	12.0	
	Recipiente + Peso seco	12.1	11.5	11.3	
	Agua Ww	0.7	0.6	0.7	
	Recipiente	6.7	6.7	6.9	
	Peso seco Ws	5.4	4.8	4.4	
Contenido de Humedad (%) W		12.96%	12.50%	15.91%	
Límite Plástico		13.79%			

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	17.63%
LÍMITE PLÁSTICO (LP)	13.79%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)	3.84%

CLASIFICACIÓN SUCS
GP-GC
GRAVA POBREMENTE GRADUADA CON PRESENCIA DE ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD
CLASIFICACIÓN AASHTO
A-1-a
FRAGMENTO DE PIEDRA, GRAVAS Y ARENA



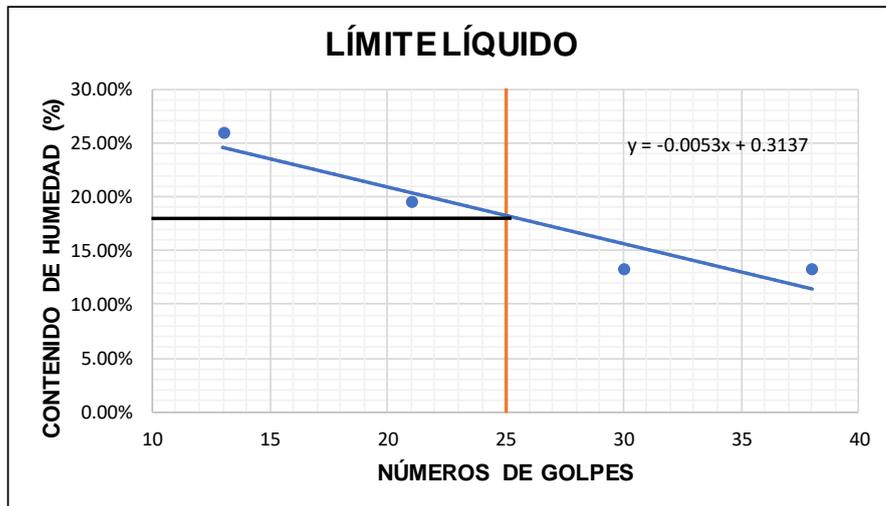
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"



PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA **FECHA:** NOVIEMBRE 2023
PERFORACIÓN: C1 **MUESTRA:** M2
ABSCISA: 0+500 **PROFUNDIDAD:** 0.30 - 1.20

LÍMITE LÍQUIDO					
PASO No.		1	2	3	4
RECIPIENTE No.		4X	13X	L	17
Peso en gr.	Recipiente + Peso húmedo	25.9	26.1	26.1	24.0
	Recipiente + Peso seco	22.9	23.7	24.6	22.5
	Agua Ww	3.0	2.4	1.5	1.5
	Recipiente	11.3	11.4	13.3	11.2
	Peso seco Ws	11.6	12.3	11.3	11.3
Contenido de Humedad (%) W		25.86%	19.51%	13.27%	13.27%
Números de Golpes		13	21	30	38



LÍMITE PLÁSTICO				
PASO No.		1	2	3
RECIPIENTE No.		41	8	6
Peso en gr.	Recipiente + Peso húmedo	14.6	14.9	12.0
	Recipiente + Peso seco	13.6	13.9	11.3
	Agua Ww	1.0	1.0	0.7
	Recipiente	6.8	6.7	6.6
	Peso seco Ws	6.8	7.2	4.7
Contenido de Humedad (%) W		14.71%	13.89%	14.89%
Límite Plástico		14.50%		

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	18.12%
LÍMITE PLÁSTICO (LP)	14.50%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)	3.62%

CLASIFICACIÓN SUCS
CL-ML
ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD CON PRESENCIA DE LIMOS
CLASIFICACIÓN AASHTO
A-4
SUELO LIMOSOS



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"

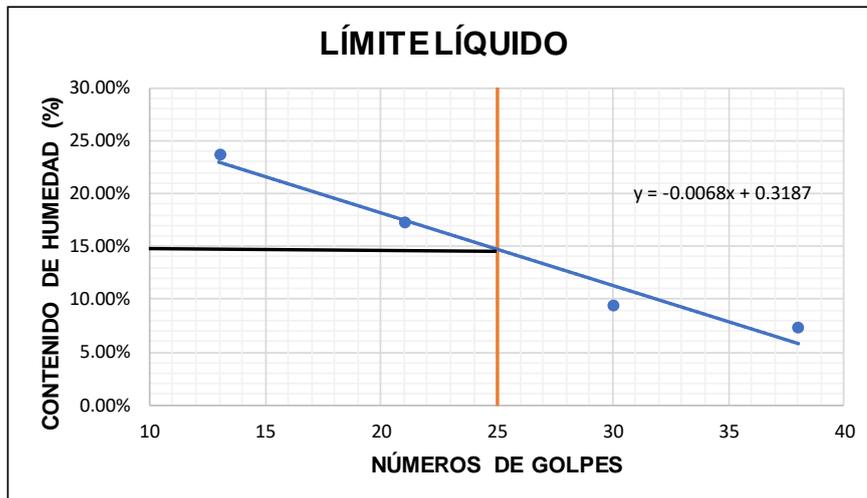


PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA **FECHA:** NOVIEMBRE 2023
PERFORACIÓN: C2 **MUESTRA:** M1
ABSCISA: 1+000 **PROFUNDIDAD:** 0.00 - 0.30

LÍMITE LÍQUIDO

PASO No.		1	2	3	4
RECIPIENTE No.		15X	10X	XL	66
Peso en gr.	Recipiente + Peso húmedo	26.4	24.2	22.0	26.2
	Recipiente + Peso seco	23.5	22.3	21.1	25.2
	Agua Ww	2.9	1.9	0.9	1.0
	Recipiente	11.3	11.3	11.5	11.5
	Peso seco Ws	12.2	11.0	9.6	13.7
Contenido de Humedad (%) W		23.77%	17.27%	9.37%	7.30%
Números de Golpes		13	21	30	38



LÍMITE PLÁSTICO

PASO No.		1	2	3	
RECIPIENTE No.		1	8	11	
Peso en gr.	Recipiente + Peso húmedo	15.0	14.4	15.3	
	Recipiente + Peso seco	14.2	13.7	14.5	
	Agua Ww	0.8	0.7	0.8	
	Recipiente	7.8	7.9	7.9	
	Peso seco Ws	6.4	5.8	6.6	
Contenido de Humedad (%) W		12.50%	12.07%	12.12%	
Límite Plástico			12.23%		

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	14.87%
LÍMITE PLÁSTICO (LP)	12.23%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)	2.64%

CLASIFICACIÓN SUCS
GM
GRAVA LIMOSA DE BAJA PLASTICIDAD
CLASIFICACIÓN AASHTO
A-2-4
GRAVAS Y ARENAS LIMOSAS O ARCILLOSAS



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"



PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA

FECHA: NOVIEMBRE 2023

PERFORACIÓN: C2

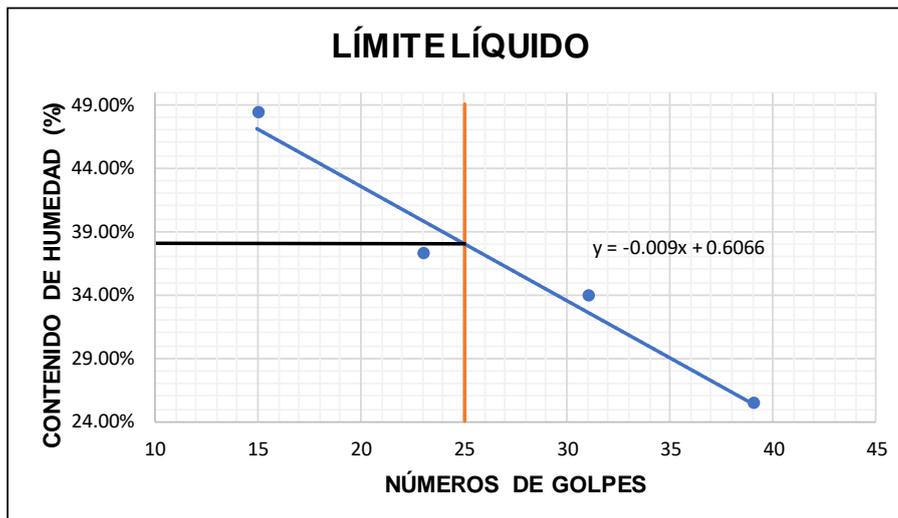
MUESTRA: M2

ABSCISA: 1+000

PROFUNDIDAD: 0.30 - 1.20

LÍMITE LÍQUIDO

PASO No.		1	2	3	4
RECIPIENTE No.		BP	9X	12X	17X
Peso en gr.	Recipiente + Peso húmedo	25.4	26.5	25.5	24.2
	Recipiente + Peso seco	20.7	22.4	21.9	21.6
	Agua Ww	4.7	4.1	3.6	2.6
	Recipiente	11.0	11.4	11.3	11.4
	Peso seco Ws	9.7	11.0	10.6	10.2
Contenido de Humedad (%) W		48.45%	37.27%	33.96%	25.49%
Números de Golpes		15	23	31	39



LÍMITE PLÁSTICO

PASO No.		1	2	3
RECIPIENTE No.		7	K	17
Peso en gr.	Recipiente + Peso húmedo	13.6	13.1	13.3
	Recipiente + Peso seco	12.5	12.1	12.3
	Agua Ww	1.1	1.0	1.0
	Recipiente	6.5	6.6	6.6
	Peso seco Ws	6.0	5.5	5.7
Contenido de Humedad (%) W		18.33%	18.18%	17.54%
Límite Plástico		18.02%		

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	38.16%
LÍMITE PLÁSTICO (LP)	18.02%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)	20.14%

CLASIFICACIÓN SUCS
CL
ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD
CLASIFICACIÓN AASHTO
A-6
SUELOS ARCILLOSOS



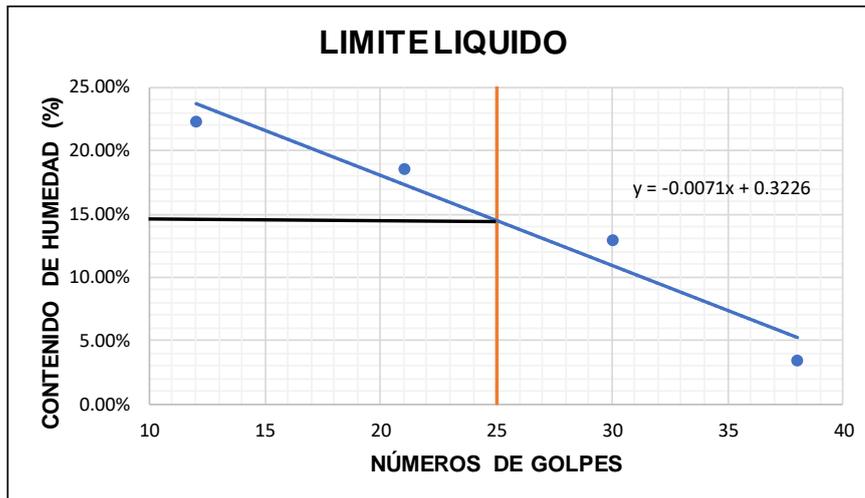
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"



PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA **FECHA:** NOVIEMBRE 2023
PERFORACIÓN: C3 **MUESTRA:** M1
ABSCISA: 1+500 **PROFUNDIDAD:** 0.00 - 0.30

LÍMITE LÍQUIDO					
PASO No.		1	2	3	4
RECIPIENTE No.		13	F	2X	A1
Peso en gr.	Recipiente + Peso húmedo	25.2	27.0	26.2	23.3
	Recipiente + Peso seco	22.5	24.5	24.5	22.9
	Agua Ww	2.7	2.5	1.7	0.4
	Recipiente	10.4	11.0	11.3	11.2
	Peso seco Ws	12.1	13.5	13.2	11.7
Contenido de Humedad (%) W		22.31%	18.52%	12.88%	3.42%
Números de Golpes		12	21	30	38



LÍMITE PLÁSTICO				
PASO No.		1	2	3
RECIPIENTE No.		11	16	H
Peso en gr.	Recipiente + Peso húmedo	12.3	14.4	13.0
	Recipiente + Peso seco	11.8	13.7	12.4
	Agua Ww	0.5	0.7	0.6
	Recipiente	7.8	8.0	7.8
	Peso seco Ws	4.0	5.7	4.6
Contenido de Humedad (%) W		12.50%	12.28%	13.04%
Límite Plástico		12.61%		

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	14.51%
LÍMITE PLÁSTICO (LP)	12.61%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)	1.90%

CLASIFICACIÓN SUCS
GW-GM
GRAVA BIEN GRADUAD CON PRESENCIA DE LIMOS DE BAJA PLASTICIDAD
CLASIFICACIÓN AASHTO
A-2-4
GRAVAS Y ARENAS LIMOSAS O ARCILLOSAS



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"

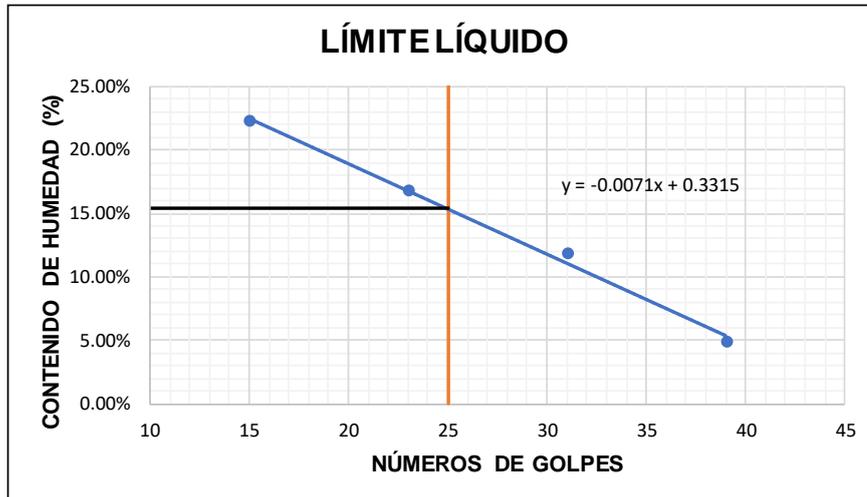


PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA **FECHA:** NOVIEMBRE 2023
PERFORACIÓN: C3 **MUESTRA:** M2
ABSCISA: 1+500 **PROFUNDIDAD:** 0.30 - 1.20

LÍMITE LÍQUIDO

PASO No.		1	2	3	4
RECIPIENTE No.		3X	11X	RE	P
Peso en gr.	Recipiente + Peso húmedo	26.7	24.5	25.4	24.1
	Recipiente + Peso seco	23.9	22.6	23.9	23.5
	Agua Ww	2.8	1.9	1.5	0.6
	Recipiente	11.3	11.3	11.2	11.3
	Peso seco Ws	12.6	11.3	12.7	12.2
Contenido de Humedad (%) W		22.22%	16.81%	11.81%	4.92%
Números de Golpes		15	23	31	39



LÍMITE PLÁSTICO

PASO No.		1	2	3	
RECIPIENTE No.		12	17	33	
Peso en gr.	Recipiente + Peso húmedo	14.2	14.6	14.4	
	Recipiente + Peso seco	13.5	13.8	14.1	
	Agua Ww	0.7	0.8	0.3	
	Recipiente	7.7	7.9	7.8	
	Peso seco Ws	5.8	5.9	6.3	
Contenido de Humedad (%) W		12.07%	13.56%	4.76%	
Límite Plástico		10.13%			

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	15.40%
LÍMITE PLÁSTICO (LP)	10.13%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)	5.27%

CLASIFICACIÓN SUCS
SM-SC
ARENA CON PRESENCIA DE LIMOSY ARCILLAS DE BAJA PLASTICIDAD
CLASIFICACIÓN AASHTO
A-2-4
GRAVA Y ARENA LIMOSAS O ARCILLOSAS



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"

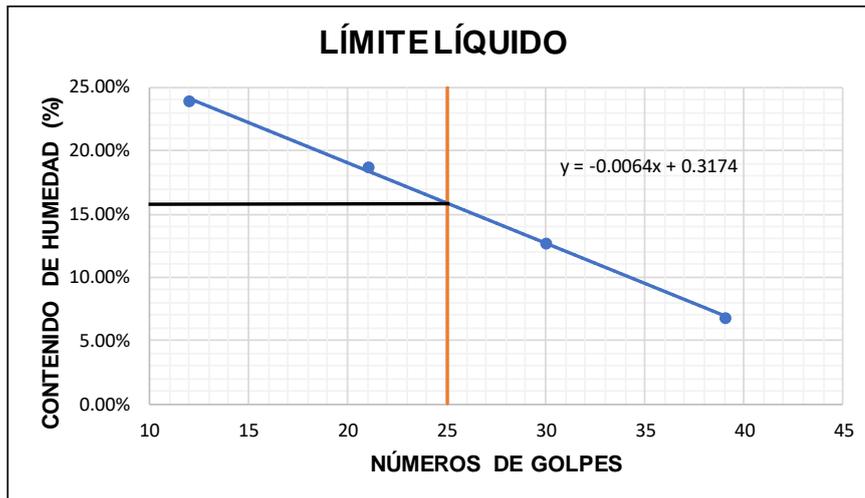


PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA **FECHA:** NOVIEMBRE 2023
PERFORACIÓN: C4 **MUESTRA:** M1
ABSCISA: 2+000 **PROFUNDIDAD:** 0.00 - 0.30

LÍMITE LÍQUIDO

PASO No.		1	2	3	4
RECIPIENTE No.		38	6X	14X	II
Peso en gr.	Recipiente + Peso húmedo	25.1	25.9	25.5	25.4
	Recipiente + Peso seco	22.4	23.6	23.9	24.5
	Agua Ww	2.7	2.3	1.6	0.9
	Recipiente	11.1	11.3	11.3	11.3
	Peso seco Ws	11.3	12.3	12.6	13.2
Contenido de Humedad (%) W		23.89%	18.70%	12.70%	6.82%
Números de Golpes		12	21	30	39



LÍMITE PLÁSTICO

PASO No.		1	2	3
RECIPIENTE No.		14	14	23
Peso en gr.	Recipiente + Peso húmedo	12.5	12.8	13.6
	Recipiente + Peso seco	12.0	12.1	12.9
	Agua Ww	0.5	0.7	0.7
	Recipiente	6.8	6.3	6.6
	Peso seco Ws	5.2	5.8	6.3
Contenido de Humedad (%) W		9.62%	12.07%	11.11%
Límite Plástico		10.93%		

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	15.74%
LÍMITE PLÁSTICO (LP)	10.93%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)	4.81%

CLASIFICACIÓN SUCS
SM
ARENA LIMOSA DE BAJA PLASTICIDAD
CLASIFICACIÓN AASHTO
A-2-4
GRAVA Y ARENA LIMOSAS O ARCILLOSAS



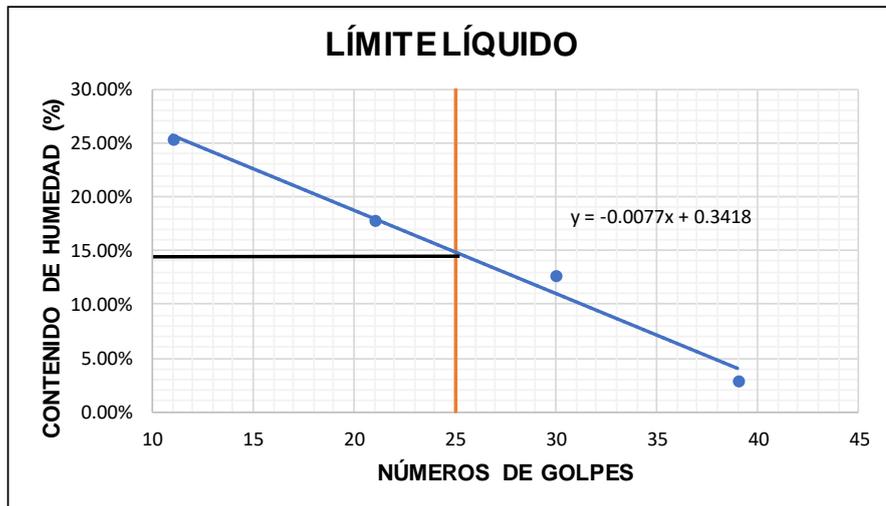
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"



PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA **FECHA:** NOVIEMBRE 2023
PERFORACIÓN: C4 **MUESTRA:** M2
ABSCISA: 2+000 **PROFUNDIDAD:** 0.30 - 1.20

LÍMITE LÍQUIDO					
PASO No.		1	2	3	4
RECIPIENTE No.		8	M	4	H
Peso en gr.	Recipiente + Peso húmedo	24.5	25.7	25.2	23.4
	Recipiente + Peso seco	22.1	23.7	23.8	23.1
	Agua Ww	2.4	2.0	1.4	0.3
	Recipiente	12.6	12.4	12.7	12.8
	Peso seco Ws	9.5	11.3	11.1	10.3
Contenido de Humedad (%)	W	25.26%	17.70%	12.61%	2.91%
Números de Golpes		11	21	30	39



LÍMITE PLÁSTICO				
PASO No.		1	2	3
RECIPIENTE No.		T8	11	7
Peso en gr.	Recipiente + Peso húmedo	12.6	12.9	13.3
	Recipiente + Peso seco	11.9	12.2	12.6
	Agua Ww	0.7	0.7	0.7
	Recipiente	6.2	6.2	6.2
	Peso seco Ws	5.7	6.0	6.4
Contenido de Humedad (%)	W	12.28%	11.67%	10.94%
Límite Plástico		11.63%		

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	14.93%
LÍMITE PLÁSTICO (LP)	11.63%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)	3.30%

CLASIFICACIÓN SUCS
SM
ARENA LIMOSA DE BAJA PLASTICIDAD
CLASIFICACIÓN AASHTO
A-4
SUELOS LIMOSOS

CBR – DENSIDAD

		UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"			
PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.					
ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA		FECHA: NOVIEMBRE 2023			
PERFORACIÓN: C1		MUESTRA: M1			
ABSCISA: 0+500		PROFUNDIDAD: 0.00 - 0.30			
VOLUMEN DEL ESPEC. (cm3):		2316 cm3			
C.B.R - DENSIDADES					
ANTES DE LA INMERSIÓN					
		12 GOLPES X CAPAS	25 GOLPES X CAPAS	56 GOLPES X CAPAS	
Peso en gr.	Recipiente N°	64	P1	UP1	
	Wh + Recipiente	128.70	127.00	163.60	
	Ws + Recipiente	120.80	119.90	152.70	
	Ww	7.90	7.10	10.90	
	W Recipiente	32.50	33.30	32.50	
	W Seco	88.30	86.60	120.20	
	W % (Porcentaje de Humedad)	8.9%	8.2%	9.1%	
Peso de Molde + Suelo Húmedo		11,472.00	11,640.00	10,458.00	
Peso de Molde		6,550.00	6,637.00	5,823.00	
Peso de Suelo Húmedo		Wh 4,922.00	5,003.00	4,635.00	
Peso de Suelo Seco		Ws 4,517.80	4,623.90	4,249.63	
Contenido de Agua = $Wh/1+0.01*W\%$		W% 8.9%	8.2%	9.1%	
Densidad Humedad= $Wh/Volum.$		δh 2,125.22	2,160.19	2,001.30	
Densidad Seca= $Dh/1+0.01* W\%$		δs 1,950.69	1,996.50	1,834.90	
DESPUÉS DE LA INMERSIÓN					
		E	X	J	
Peso en gr.	Recipiente N°				
	Wh + Recipiente	458.60	354.20	576.00	
	Ws + Recipiente	420.00	325.10	530.50	
	Ww	38.60	29.10	45.50	
	W Recipiente	35.60	36.60	52.90	
	W Seco	384.40	288.50	477.60	
	W % (Porcentaje de Humedad)	10.0%	10.1%	9.5%	
Peso de Molde + Suelo Húmedo		11,668.00	11,768.00	11,069.00	
Peso de Molde		6,550.00	6,637.00	5,823.00	
Peso de Suelo Húmedo		Wh 5,118.00	5,131.00	5,246.00	
Peso de Suelo Seco		Ws 4,650.97	4,660.87	4,789.70	
Contenido de Agua = $Wh/1+0.01*W\%$		W% 10.0%	10.1%	9.5%	
Densidad Humedad= $Wh/Volum.$		δh 2,209.84	2,215.46	2,265.11	
Densidad Seca= $Dh/1+0.01* W\%$		δs 2,008.19	2,012.47	2,068.09	
% DE HINCHAMIENTO					
LECTURA INICIAL		0.040	0.040	0.040	
24 HORAS		0.039	0.040	0.039	
48 HORAS		0.035	0.039	0.038	
72 HORAS		0.035	0.039	0.047	
96 HORAS		0.040	0.045	0.046	
HINCHAMIENTO		% 0.00%	0.10%	0.12%	
C.B.R		N° GOLPE	12	25	56
DENSIDAD SECA		δs	1,950.69	1,996.50	1,834.90



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"



PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA **FECHA:** NOVIEMBRE 2023
PERFORACIÓN: C1 **MUESTRA:** M2
ABSCISA: 0+500 **PROFUNDIDAD:** 0.30 - 1.20

VOLUMEN DEL ESPEC. (cm3): 2316 cm3

C.B.R - DENSIDADES

ANTES DE LA INMERSIÓN

			12 GOLPES X CAPAS	25 GOLPES X CAPAS	56 GOLPES X CAPAS
Peso en gr.	Recipiente N°		J7	6	UP2
	Wh + Recipiente		196.60	186.10	181.30
	Ws + Recipiente		181.90	172.40	168.80
	Ww		14.70	13.70	12.50
	W Recipiente		32.40	34.20	32.80
	W Seco		149.50	138.20	136.00
	W % (Porcentaje de Humedad)		9.8%	9.9%	9.2%
Peso de Molde + Suelo Húmedo			10,995.00	11,236.00	13,159.00
Peso de Molde			6,544.00	6,418.00	8,017.00
Peso de Suelo Húmedo		Wh	4,451.00	4,818.00	5,142.00
Peso de Suelo Seco		Ws	4,052.52	4,383.46	4,709.17
Contenido de Agua = Wh/1+0.01*W%		W%	9.8%	9.9%	9.2%
Densidad Humedad= Wh/Volum.		δh	1,921.85	2,080.31	2,220.21
Densidad Seca= Dh/1+0.01* W%		δs	1,749.79	1,892.69	2,033.32

DESPUÉS DE LA INMERSIÓN

			Y	4	I
Peso en gr.	Recipiente N°				
	Wh + Recipiente		510.40	562.40	510.40
	Ws + Recipiente		451.20	504.90	461.90
	Ww		59.20	57.50	48.50
	W Recipiente		61.80	62.80	63.60
	W Seco		389.40	442.10	398.30
	W % (Porcentaje de Humedad)		15.2%	13.0%	12.2%
Peso de Molde + Suelo Húmedo			11,343.00	11,476.00	13,370.00
Peso de Molde			6,544.00	6,418.00	8,017.00
Peso de Suelo Húmedo		Wh	4,799.00	5,058.00	5,353.00
Peso de Suelo Seco		Ws	4,165.69	4,475.86	4,771.93
Contenido de Agua = Wh/1+0.01*W%		W%	15.2%	13.0%	12.2%
Densidad Humedad= Wh/Volum.		δh	2,072.11	2,183.94	2,311.31
Densidad Seca= Dh/1+0.01* W%		δs	1,798.66	1,932.58	2,060.42

% DE HINCHAMIENTO

LECTURA INICIAL		0.040	0.040	0.056
24 HORAS		0.127	0.111	0.143
48 HORAS		0.129	0.113	0.150
72 HORAS		0.130	0.113	0.151
96 HORAS		1.136	0.117	0.153
HINCHAMIENTO	%	21.92%	1.54%	1.94%

C.B.R	N° GOLPE	12	25	56
DENSIDAD SECA	δs	1,749.79	1,892.69	2,033.32



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"



PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA **FECHA:** NOVIEMBRE 2023
PERFORACIÓN: C2 **MUESTRA:** M1
ABSCISA: 1+000 **PROFUNDIDAD:** 0.00 - 0.30

VOLUMEN DEL ESPEC. (cm3): 2316 cm3

C.B.R - DENSIDADES

ANTES DE LA INMERSIÓN

			12 GOLPES X CAPAS	25 GOLPES X CAPAS	56 GOLPES X CAPAS
Peso en gr.	Recipiente N°		CS	2	UP
	Wh + Recipiente		169.60	142.50	140.00
	Ws + Recipiente		159.40	133.10	131.30
	Ww		10.20	9.40	8.70
	W Recipiente		49.80	34.00	33.20
	W Seco		109.60	99.10	98.10
	W % (Porcentaje de Humedad)		9.3%	9.5%	8.9%
Peso de Molde + Suelo Húmedo			12,238.00	12,335.00	11,962.00
Peso de Molde			7,653.00	7,551.00	6,986.00
Peso de Suelo Húmedo		Wh	4,585.00	4,784.00	4,976.00
Peso de Suelo Seco		Ws	4,194.62	4,369.53	4,570.65
Contenido de Agua = Wh/1+0.01*W%		W%	9.3%	9.5%	8.9%
Densidad Humedad= Wh/Volum.		δh	1,979.71	2,065.63	2,148.53
Densidad Seca= Dh/1+0.01* W%		δs	1,811.15	1,886.67	1,973.51

DESPUÉS DE LA INMERSIÓN

			C	B-4	Z
Peso en gr.	Recipiente N°				
	Wh + Recipiente		572.10	557.60	584.80
	Ws + Recipiente		508.10	500.20	527.80
	Ww		64.00	57.40	57.00
	W Recipiente		61.60	62.70	67.90
	W Seco		446.50	437.50	459.90
	W % (Porcentaje de Humedad)		14.3%	13.1%	12.4%
Peso de Molde + Suelo Húmedo			12,574.00	12,581.00	12,185.00
Peso de Molde			7,653.00	7,551.00	6,986.00
Peso de Suelo Húmedo		Wh	4,921.00	5,030.00	5,199.00
Peso de Suelo Seco		Ws	4,304.07	4,446.61	4,625.69
Contenido de Agua = Wh/1+0.01*W%		W%	14.3%	13.1%	12.4%
Densidad Humedad= Wh/Volum.		δh	2,124.78	2,171.85	2,244.82
Densidad Seca= Dh/1+0.01* W%		δs	1,858.41	1,919.95	1,997.28

% DE HINCHAMIENTO

LECTURA INICIAL		0.030	0.030	0.030
24 HORAS		0.090	0.088	0.096
48 HORAS		0.094	0.090	0.100
72 HORAS		0.098	0.095	0.100
96 HORAS		0.098	0.100	0.100
HINCHAMIENTO	%	1.36%	1.40%	1.40%

C.B.R	N° GOLPE	12	25	56
DENSIDAD SECA	δs	1,811.15	1,886.67	1,973.51



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"



PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA **FECHA:** NOVIEMBRE 2023

PERFORACIÓN: C2

MUESTRA: M2

ABSCISA: 1+000

PROFUNDIDAD: 0.30 - 1.20

VOLUMEN DEL ESPEC. (cm3): 2316 cm3

C.B.R - DENSIDADES

ANTES DE LA INMERSIÓN

			12 GOLPES X CAPAS	25 GOLPES X CAPAS	56 GOLPES X CAPAS
Peso en gr.	Recipiente N°		P1	I	UP
	Wh + Recipiente		154.90	161.10	137.10
	Ws + Recipiente		139.20	146.20	124.80
	Ww		15.70	14.90	12.30
	W Recipiente		33.30	33.10	33.20
	W Seco		105.90	113.10	91.60
	W % (Porcentaje de Humedad)		14.8%	13.2%	13.4%
Peso de Molde + Suelo Húmedo			10,423.00	10,873.00	12,715.00
Peso de Molde			6,544.00	6,550.00	8,015.00
Peso de Suelo Húmedo		Wh	3,879.00	4,323.00	4,700.00
Peso de Suelo Seco		Ws	3,378.18	3,819.78	4,143.60
Contenido de Agua = $Wh/1+0.01*W\%$		W%	14.8%	13.2%	13.4%
Densidad Humedad= $Wh/Volum.$		δh	1,674.87	1,866.58	2,029.36
Densidad Seca= $Dh/1+0.01* W\%$		δs	1,458.62	1,649.30	1,789.12

DESPUÉS DE LA INMERSIÓN

			A	A	C
Peso en gr.	Recipiente N°		A	A	C
	Wh + Recipiente		279.60	404.40	431.30
	Ws + Recipiente		223.70	319.40	361.70
	Ww		55.90	85.00	69.60
	W Recipiente		29.70	26.80	61.00
	W Seco		194.00	292.60	300.70
	W % (Porcentaje de Humedad)		28.8%	29.0%	23.1%
Peso de Molde + Suelo Húmedo			11,121.00	11,576.00	13,186.00
Peso de Molde			6,544.00	6,550.00	8,015.00
Peso de Suelo Húmedo		Wh	4,577.00	5,026.00	5,171.00
Peso de Suelo Seco		Ws	3,553.17	3,894.62	4,199.08
Contenido de Agua = $Wh/1+0.01*W\%$		W%	28.8%	29.0%	23.1%
Densidad Humedad= $Wh/Volum.$		δh	1,976.25	2,170.12	2,232.73
Densidad Seca= $Dh/1+0.01* W\%$		δs	1,534.19	1,681.61	1,813.07

% DE HINCHAMIENTO

LECTURA INICIAL		0.030	0.030	0.030
24 HORAS		0.453	0.433	0.390
48 HORAS		0.503	0.530	0.480
72 HORAS		0.503	0.583	0.535
96 HORAS		0.590	0.615	0.580
HINCHAMIENTO	%	11.20%	11.70%	11.00%

C.B.R	N° GOLPE	12	25	56
DENSIDAD SECA	δs	1,458.62	1,649.30	1,789.12



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"



PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA **FECHA:** NOVIEMBRE 2023
PERFORACIÓN: C3 **MUESTRA:** M1
ABSCISA: 1+500 **PROFUNDIDAD:** 0.00 - 0.30

VOLUMEN DEL ESPEC. (cm3): 2316 cm3

C.B.R - DENSIDADES

ANTES DE LA INMERSIÓN

			12 GOLPES X CAPAS	25 GOLPES X CAPAS	56 GOLPES X CAPAS
Peso en gr.	Recipiente N°		UP1	J	C5
	Wh + Recipiente		162.10	144.30	158.40
	Ws + Recipiente		151.10	135.40	149.10
	Ww		11.00	8.90	9.30
	W Recipiente		32.50	32.50	49.79
	W Seco		118.60	102.90	99.31
	W % (Porcentaje de Humedad)		9.3%	8.6%	9.4%
Peso de Molde + Suelo Húmedo			11,692.00	10,816.00	12,788.00
Peso de Molde			7,030.00	5,823.00	7,654.00
Peso de Suelo Húmedo		Wh	4,662.00	4,993.00	5,134.00
Peso de Suelo Seco		Ws	4,266.31	4,595.53	4,694.39
Contenido de Agua = Wh/1+0.01*W%		W%	9.3%	8.6%	9.4%
Densidad Humedad= Wh/Volum.		δh	2,012.95	2,155.87	2,216.75
Densidad Seca= Dh/1+0.01* W%		δs	1,842.10	1,984.25	2,026.94

DESPUÉS DE LA INMERSIÓN

			10	C4	3
Peso en gr.	Recipiente N°				
	Wh + Recipiente		555.40	351.60	517.20
	Ws + Recipiente		511.30	321.70	474.90
	Ww		44.10	29.90	42.30
	W Recipiente		95.00	30.80	27.50
	W Seco		416.30	290.90	447.40
	W % (Porcentaje de Humedad)		10.6%	10.3%	9.5%
Peso de Molde + Suelo Húmedo			11,880.00	10,945.00	12,905.00
Peso de Molde			7,030.00	5,823.00	7,654.00
Peso de Suelo Húmedo		Wh	4,850.00	5,122.00	5,251.00
Peso de Suelo Seco		Ws	4,385.44	4,644.61	4,797.42
Contenido de Agua = Wh/1+0.01*W%		W%	10.6%	10.3%	9.5%
Densidad Humedad= Wh/Volum.		δh	2,094.13	2,211.57	2,267.27
Densidad Seca= Dh/1+0.01* W%		δs	1,893.54	2,005.44	2,071.43

% DE HINCHAMIENTO

LECTURA INICIAL		0.050	0.050	0.050
24 HORAS		0.062	0.061	0.051
48 HORAS		0.064	0.070	0.057
72 HORAS		0.065	0.070	0.059
96 HORAS		0.061	0.068	0.050
HINCHAMIENTO	%	0.22%	0.36%	0.00%

C.B.R	N° GOLPE	12	25	56
DENSIDAD SECA	δs	1,842.10	1,984.25	2,026.94



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"



PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA **FECHA:** NOVIEMBRE 2023
PERFORACIÓN: C3 **MUESTRA:** M2
ABSCISA: 1+500 **PROFUNDIDAD:** 0.30 - 1.20
VOLUMEN DEL ESPEC. (cm3): 2316 cm3

C.B.R - DENSIDADES

ANTES DE LA INMERSIÓN

			12 GOLPES X CAPAS	25 GOLPES X CAPAS	56 GOLPES X CAPAS
Peso en gr.	Recipiente N°		2	64	J7
	Wh + Recipiente		172.00	164.80	135.80
	Ws + Recipiente		161.10	153.70	127.70
	Ww		10.90	11.10	8.10
	W Recipiente		34.00	32.50	32.40
	W Seco		127.10	121.20	95.30
	W % (Porcentaje de Humedad)		8.6%	9.2%	8.5%
Peso de Molde + Suelo Húmedo			10,493.00	11,578.00	11,865.00
Peso de Molde			5,677.00	6,636.00	6,815.00
Peso de Suelo Húmedo		Wh	4,816.00	4,942.00	5,050.00
Peso de Suelo Seco		Ws	4,435.61	4,527.37	4,654.40
Contenido de Agua = Wh/1+0.01*W%		W%	8.6%	9.2%	8.5%
Densidad Humedad= Wh/Volum.		δh	2,079.45	2,133.85	2,180.48
Densidad Seca= Dh/1+0.01* W%		δs	1,915.20	1,954.82	2,009.67

DESPUÉS DE LA INMERSIÓN

			DL	H	K
Peso en gr.	Recipiente N°				
	Wh + Recipiente		491.00	470.60	634.90
	Ws + Recipiente		448.20	432.30	584.60
	Ww		42.80	38.30	50.30
	W Recipiente		59.60	60.50	69.40
	W Seco		388.60	371.80	515.20
	W % (Porcentaje de Humedad)		11.0%	10.3%	9.8%
Peso de Molde + Suelo Húmedo			10,673.00	11,717.00	11,979.00
Peso de Molde			5,677.00	6,636.00	6,815.00
Peso de Suelo Húmedo		Wh	4,996.00	5,081.00	5,164.00
Peso de Suelo Seco		Ws	4,500.34	4,606.48	4,704.67
Contenido de Agua = Wh/1+0.01*W%		W%	11.0%	10.3%	9.8%
Densidad Humedad= Wh/Volum.		δh	2,157.17	2,193.87	2,229.71
Densidad Seca= Dh/1+0.01* W%		δs	1,943.15	1,988.98	2,031.38

% DE HINCHAMIENTO

LECTURA INICIAL		0.050	0.050	0.050
24 HORAS		0.063	0.058	0.047
48 HORAS		0.064	0.060	0.058
72 HORAS		0.066	0.064	0.059
96 HORAS		0.066	0.066	0.050
HINCHAMIENTO	%	0.32%	0.32%	0.00%

C.B.R	N° GOLPE	12	25	56
DENSIDAD SECA	δs	1,915.20	1,954.82	2,009.67



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"



PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA **FECHA:** NOVIEMBRE 2023
PERFORACIÓN: C4 **MUESTRA:** M1
ABSCISA: 2+000 **PROFUNDIDAD:** 0.00 - 0.30

VOLUMEN DEL ESPEC. (cm3): 2316 cm3

C.B.R - DENSIDADES

ANTES DE LA INMERSIÓN

			12 GOLPES X CAPAS	25 GOLPES X CAPAS	56 GOLPES X CAPAS
Peso en gr.	Recipiente N°		11	J	J
	Wh + Recipiente		187.70	178.50	201.20
	Ws + Recipiente		178.00	169.60	190.20
	Ww		9.70	8.90	11.00
	W Recipiente		32.30	32.30	32.50
	W Seco		145.70	137.30	157.70
	W % (Porcentaje de Humedad)		6.7%	6.5%	7.0%
Peso de Molde + Suelo Húmedo			10,616.00	11,004.00	11,572.00
Peso de Molde			6,375.00	6,502.00	7,031.00
Peso de Suelo Húmedo		Wh	4,241.00	4,502.00	4,541.00
Peso de Suelo Seco		Ws	3,976.28	4,227.94	4,244.91
Contenido de Agua = Wh/1+0.01*W%		W%	6.7%	6.5%	7.0%
Densidad Humedad= Wh/Volum.		δh	1,831.17	1,943.87	1,960.71
Densidad Seca= Dh/1+0.01* W%		δs	1,716.87	1,825.53	1,832.86

DESPUÉS DE LA INMERSIÓN

			C	6	4
Peso en gr.	Recipiente N°		C	6	4
	Wh + Recipiente		611.70	525.00	644.00
	Ws + Recipiente		531.70	467.60	570.90
	Ww		80.00	57.40	73.10
	W Recipiente		61.00	93.30	68.50
	W Seco		470.70	374.30	502.40
	W % (Porcentaje de Humedad)		17.0%	15.3%	14.6%
Peso de Molde + Suelo Humedo			11,104.00	11,454.00	12,013.00
Peso de Molde			6,375.00	6,502.00	7,031.00
Peso de Suelo Humedo		Wh	4,729.00	4,952.00	4,982.00
Peso de Suelo Seco		Ws	4,042.02	4,293.57	4,349.19
Contenido de Agua = Wh/1+0.01*W%		W%	17.0%	15.3%	14.6%
Densidad Humedad= Wh/Volum.		δh	2,041.88	2,138.17	2,151.12
Densidad Seca= Dh/1+0.01* W%		δs	1,745.26	1,853.87	1,877.89

% DE HINCHAMIENTO

LECTURA INICIAL		0.050	0.050	0.050
24 HORAS		0.158	0.180	0.230
48 HORAS		0.160	0.182	0.233
72 HORAS		0.161	0.185	0.240
96 HORAS		0.162	0.186	0.241
HINCHAMIENTO	%	2.24%	2.72%	3.82%

C.B.R	N° GOLPE	12	25	56
DENSIDAD SECA	δs	1,716.87	1,825.53	1,832.86



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"



PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA **FECHA:** NOVIEMBRE 2023
PERFORACIÓN: C4 **MUESTRA:** M2
ABSCISA: 0+500 **PROFUNDIDAD:** 0.30 - 1.20

VOLUMEN DEL ESPEC. (cm3): 2316 cm3

C.B.R - DENSIDADES

ANTES DE LA INMERSIÓN

			12 GOLPES X CAPAS	25 GOLPES X CAPAS	56 GOLPES X CAPAS
Peso en gr.	Recipiente N°		I	P	T9
	Wh + Recipiente		227.50	171.60	178.90
	Ws + Recipiente		215.00	163.00	169.90
	Ww		12.50	8.60	9.00
	W Recipiente		33.10	33.20	32.50
	W Seco		181.90	129.80	137.40
	W % (Porcentaje de Humedad)		6.9%	6.6%	6.6%
Peso de Molde + Suelo Húmedo			9,929.00	10,706.00	11,191.00
Peso de Molde			5,668.00	6,388.00	6,455.00
Peso de Suelo Húmedo		Wh	4,261.00	4,318.00	4,736.00
Peso de Suelo Seco		Ws	3,987.02	4,049.68	4,444.85
Contenido de Agua = Wh/1+0.01*W%		W%	6.9%	6.6%	6.6%
Densidad Humedad= Wh/Volum.		δh	1,839.81	1,864.42	2,044.91
Densidad Seca= Dh/1+0.01* W%		δs	1,721.51	1,748.57	1,919.19

DESPUÉS DE LA INMERSIÓN

			H	B	5
Peso en gr.	Recipiente N°		H	B	5
	Wh + Recipiente		488.50	524.20	584.10
	Ws + Recipiente		425.90	460.70	518.90
	Ww		62.60	63.50	65.20
	W Recipiente		62.10	60.60	58.40
	W Seco		363.80	400.10	460.50
	W % (Porcentaje de Humedad)		17.2%	15.9%	14.2%
Peso de Molde + Suelo Húmedo			10,416.00	11,148.00	11,629.00
Peso de Molde			5,668.00	6,388.00	6,455.00
Peso de Suelo Húmedo		Wh	4,748.00	4,760.00	5,174.00
Peso de Suelo Seco		Ws	4,050.94	4,108.02	4,532.29
Contenido de Agua = Wh/1+0.01*W%		W%	17.2%	15.9%	14.2%
Densidad Humedad= Wh/Volum.		δh	2,050.09	2,055.27	2,234.02
Densidad Seca= Dh/1+0.01* W%		δs	1,749.11	1,773.75	1,956.95

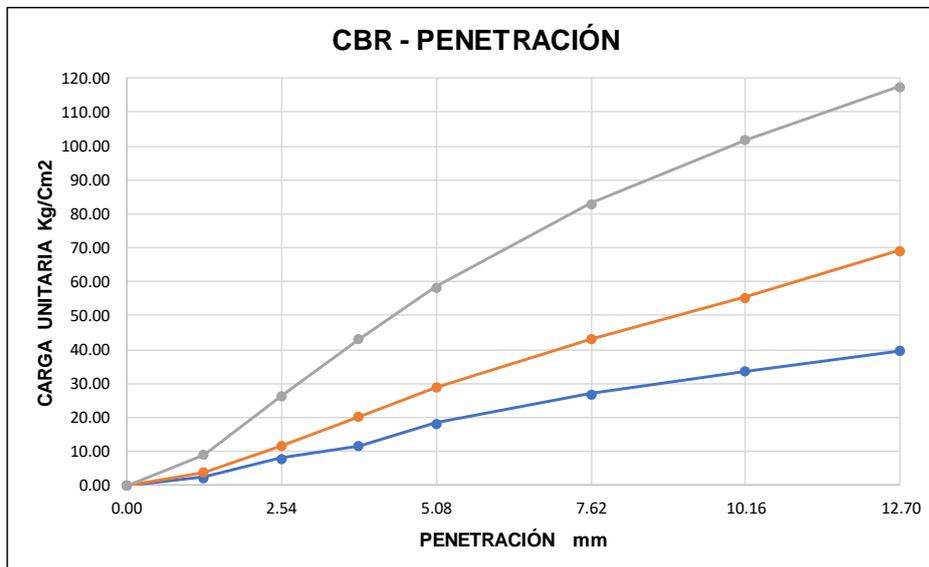
% DE HINCHAMIENTO

LECTURA INICIAL		0.050	0.050	0.050
24 HORAS		0.161	0.162	0.204
48 HORAS		0.161	0.162	0.216
72 HORAS		0.161	0.162	0.220
96 HORAS		0.161	0.162	0.220
HINCHAMIENTO	%	2.22%	2.24%	3.40%

C.B.R	N° GOLPE	12	25	56
DENSIDAD SECA	δs	1,721.51	1,748.57	1,919.19

CBR – Penetración

		UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"						
PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.								
ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA				FECHA: NOVIEMBRE 2023				
PERFORACIÓN: C1				MUESTRA: M1				
ABSCISA: 0+500				PROFUNDIDAD: 0.00 - 0.30				
VOLUMEN DEL ESPEC. (cm³):				2316 cm³				
ALTURA DE CAÍDA (Pulg): 18				ÁREA DEL PISTÓN (Pulg²):				3
CBR - PENETRACIÓN								
NÚMERO DE ENSAYO		12	25	56	12	25	56	
mm	Pulg	CARGA DE PENETRACIÓN Lb			CARGA DE PENETRACIÓN Kg			
1.27	0.05	110.00	176.00	396.00	50.00	80.00	180.00	
2.54	0.10	352.00	506.00	1,144.00	160.00	230.00	520.00	
3.81	0.15	506.00	880.00	1,870.00	230.00	400.00	850.00	
5.08	0.20	792.00	1,254.00	2,530.00	360.00	570.00	1,150.00	
7.62	0.30	1,166.00	1,870.00	3,586.00	530.00	850.00	1,630.00	
10.16	0.40	1,452.00	2,398.00	4,400.00	660.00	1,090.00	2,000.00	
12.7	0.50	1,716.00	2,992.00	5,082.00	780.00	1,360.00	2,310.00	
NÚMERO DE ENSAYO		12	25	56	12	25	56	
mm	Pulg	CARGA UNITARIA Lb/Pulg ²			CARGA UNITARIA Kg/Cm ²			
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1.27	0.05	36.14	57.83	130.12	2.55	4.07	9.17	
2.54	0.10	115.66	166.26	375.89	8.15	11.71	26.48	
3.81	0.15	166.26	289.15	614.44	11.71	20.37	43.29	
5.08	0.20	260.23	412.04	831.30	18.33	29.03	58.57	
7.62	0.30	383.12	614.44	1,178.28	26.99	43.29	83.02	
10.16	0.40	477.09	787.93	1,445.74	33.61	55.51	101.86	
12.7	0.50	563.84	983.10	1,669.83	39.73	69.26	117.65	



N° GOLPES	ESFUERZO DE PENETRACIÓN	
	0.1 Pulg	0.2 Pulg
12	8.15	18.33
25	11.71	29.03
56	26.48	58.57
N° GOLPES	C.B.R %	
12	11.64	17.46
25	16.73	27.65
56	37.83	55.78



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"



PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA

FECHA: NOVIEMBRE 2023

PERFORACIÓN: C1

MUESTRA: M2

ABSCISA: 0+500

PROFUNDIDAD: 0.30 - 1.20

VOLUMEN DEL ESPEC. (cm3):

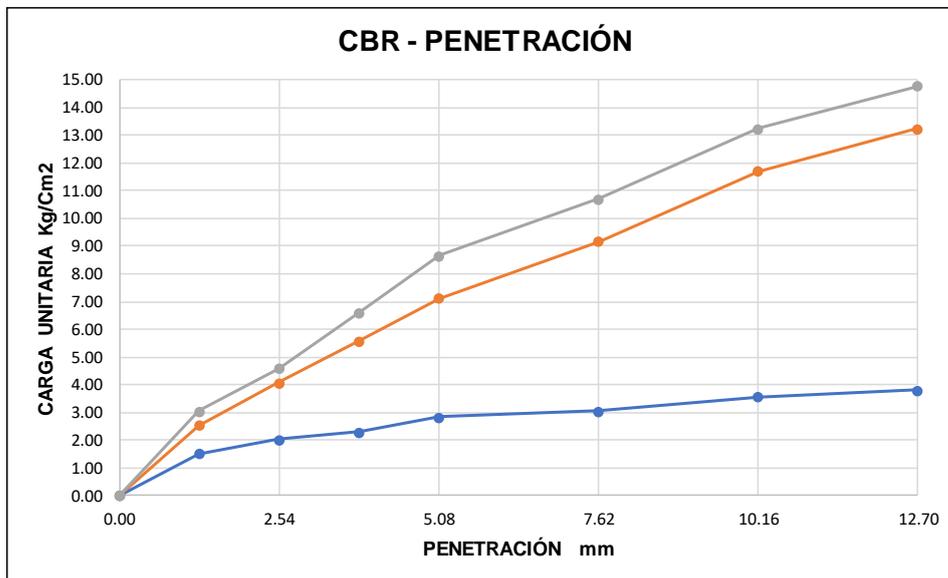
2316 cm3

ALTURA DE CAÍDA (Pulg): 18

ÁREA DEL PISTÓN (Pulg²): 3

CBR - PENETRACIÓN

NUMERO DE ENSAYO		12	25	56	12	25	56
mm	Pulg	CARGA DE PENETRACIÓN Lb			CARGA DE PENETRACIÓN Kg		
1.27	0.05	66.00	110.00	132.00	30.00	50.00	60.00
2.54	0.10	88.00	176.00	198.00	40.00	80.00	90.00
3.81	0.15	99.00	242.00	286.00	45.00	110.00	130.00
5.08	0.20	123.20	308.00	374.00	56.00	140.00	170.00
7.62	0.30	132.00	396.00	462.00	60.00	180.00	210.00
10.16	0.40	154.00	506.00	572.00	70.00	230.00	260.00
12.7	0.50	165.00	572.00	638.00	75.00	260.00	290.00
NUMERO DE ENSAYO		12	25	56	12	25	56
mm	Pulg	CARGA UNITARIA Lb/Pulg ²			CARGA UNITARIA Kg/Cm ²		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.27	0.05	21.69	36.14	43.37	1.53	2.55	3.06
2.54	0.10	28.91	57.83	65.06	2.04	4.07	4.58
3.81	0.15	32.53	79.52	93.97	2.29	5.60	6.62
5.08	0.20	40.48	101.20	122.89	2.85	7.13	8.66
7.62	0.30	43.37	130.12	151.80	3.06	9.17	10.70
10.16	0.40	50.60	166.26	187.95	3.57	11.71	13.24
12.7	0.50	54.22	187.95	209.63	3.82	13.24	14.77



N° GOLPES	ESFUERZO DE PENETRACIÓN	
	0.1 Pulg	0.2 Pulg
12	2.04	2.85
25	4.07	7.13
56	4.58	8.66
N° GOLPES	C.B.R %	
12	2.91	2.72
25	5.82	6.79
56	6.55	8.25



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"



PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68,
 CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA

FECHA: NOVIEMBRE 2023

PERFORACIÓN: C2

MUESTRA: M1

ABSCISA: 1+000

PROFUNDIDAD: 0.00 - 0.30

VOLUMEN DEL ESPEC. (cm³):

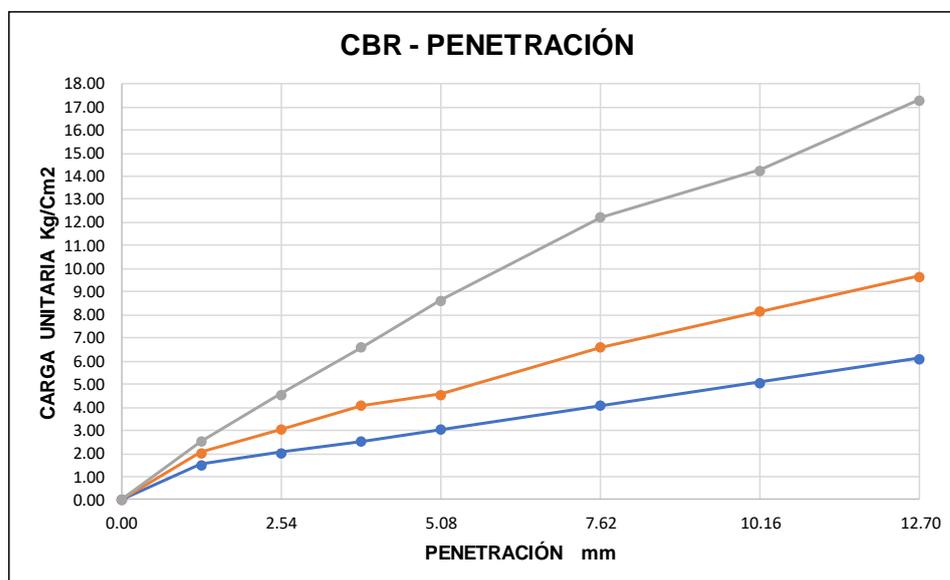
2316 cm³

ALTURA DE CAÍDA (Pulg): 18

ÁREA DEL PISTÓN (Pulg²): 3

CBR - PENETRACIÓN

NUMERO DE ENSAYO		12	25	56	12	25	56
mm	Pulg	CARGA DE PENETRACIÓN Lb			CARGA DE PENETRACIÓN Kg		
1.27	0.05	66.00	88.00	110.00	30.00	40.00	50.00
2.54	0.10	88.00	132.00	198.00	40.00	60.00	90.00
3.81	0.15	110.00	176.00	286.00	50.00	80.00	130.00
5.08	0.20	132.00	198.00	374.00	60.00	90.00	170.00
7.62	0.30	176.00	286.00	528.00	80.00	130.00	240.00
10.16	0.40	220.00	352.00	616.00	100.00	160.00	280.00
12.7	0.50	264.00	418.00	748.00	120.00	190.00	340.00
NUMERO DE ENSAYO		12	25	56	12	25	56
mm	Pulg	CARGA UNITARIA Lb/Pulg ²			CARGA UNITARIA Kg/Cm ²		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.27	0.05	21.69	28.91	36.14	1.53	2.04	2.55
2.54	0.10	28.91	43.37	65.06	2.04	3.06	4.58
3.81	0.15	36.14	57.83	93.97	2.55	4.07	6.62
5.08	0.20	43.37	65.06	122.89	3.06	4.58	8.66
7.62	0.30	57.83	93.97	173.49	4.07	6.62	12.22
10.16	0.40	72.29	115.66	202.40	5.09	8.15	14.26
12.7	0.50	86.74	137.35	245.78	6.11	9.68	17.32



N° GOLPES	ESFUERZO DE PENETRACIÓN	
	0.1 Pulg	0.2 Pulg
12	2.04	3.06
25	3.06	4.58
56	4.58	8.66
N° GOLPES	C.B.R %	
12	2.91	2.91
25	4.37	4.37
56	6.55	8.25



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"



PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA

FECHA: NOVIEMBRE 2023

PERFORACIÓN: C2

MUESTRA: M2

ABSCISA: 1+000

PROFUNDIDAD: 0.30 - 1.20

VOLUMEN DEL ESPEC. (cm3):

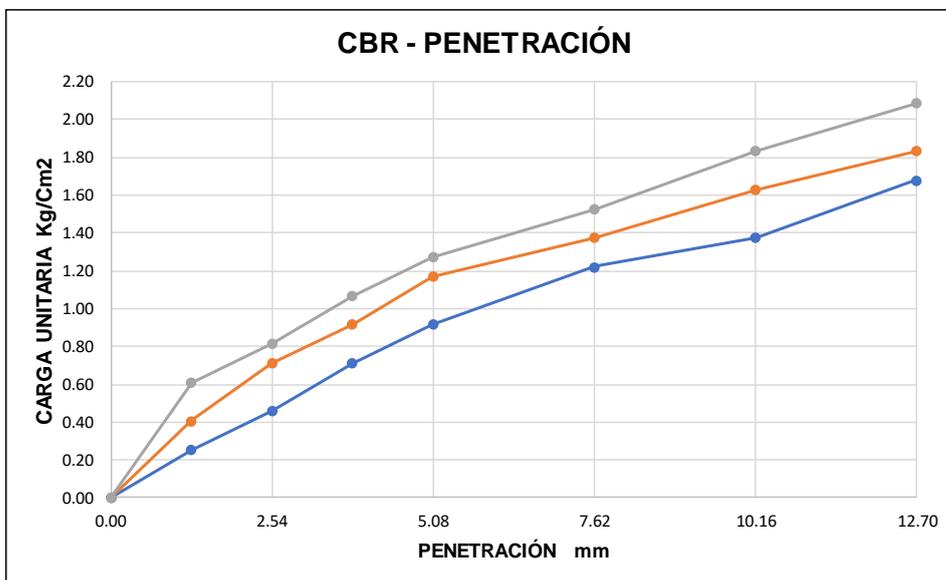
2316 cm3

ALTURA DE CAÍDA (Pulg): 18

ÁREA DEL PISTÓN (Pulg^2): 3

CBR - PENETRACIÓN

NUMERO DE ENSAYO		12	25	56	12	25	56
mm	Pulg	CARGA DE PENTRACIÓN Lb			CARGA DE PENETRACIÓN Kg		
1.27	0.05	11.00	17.60	26.40	5.00	8.00	12.00
2.54	0.10	19.80	30.80	35.20	9.00	14.00	16.00
3.81	0.15	30.80	39.60	46.20	14.00	18.00	21.00
5.08	0.20	39.60	50.60	55.00	18.00	23.00	25.00
7.62	0.30	52.80	59.40	66.00	24.00	27.00	30.00
10.16	0.40	59.40	70.40	79.20	27.00	32.00	36.00
12.7	0.50	72.60	79.20	90.20	33.00	36.00	41.00
NUMERO DE ENSAYO		12	25	56	12	25	56
mm	Pulg	CARGA UNITARIA Lb/Pulg^2			CARGA UNITARIA Kg/Cm^2		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.27	0.05	3.61	5.78	8.67	0.25	0.41	0.61
2.54	0.10	6.51	10.12	11.57	0.46	0.71	0.81
3.81	0.15	10.12	13.01	15.18	0.71	0.92	1.07
5.08	0.20	13.01	16.63	18.07	0.92	1.17	1.27
7.62	0.30	17.35	19.52	21.69	1.22	1.38	1.53
10.16	0.40	19.52	23.13	26.02	1.38	1.63	1.83
12.7	0.50	23.85	26.02	29.64	1.68	1.83	2.09



N° GOLPES	ESFUERZO DE PENETRACIÓN	
	0.1 Pulg	0.2 Pulg
12	0.46	0.92
25	0.71	1.17
56	0.81	1.27
N° GOLPES	C.B.R %	
12	0.65	0.87
25	1.02	1.12
56	1.16	1.21



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"



PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68,
 CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA

FECHA: NOVIEMBRE 2023

PERFORACIÓN: C3

MUESTRA: M1

ABSCISA: 1+500

PROFUNDIDAD: 0.00 - 0.30

VOLUMEN DEL ESPEC. (cm³):

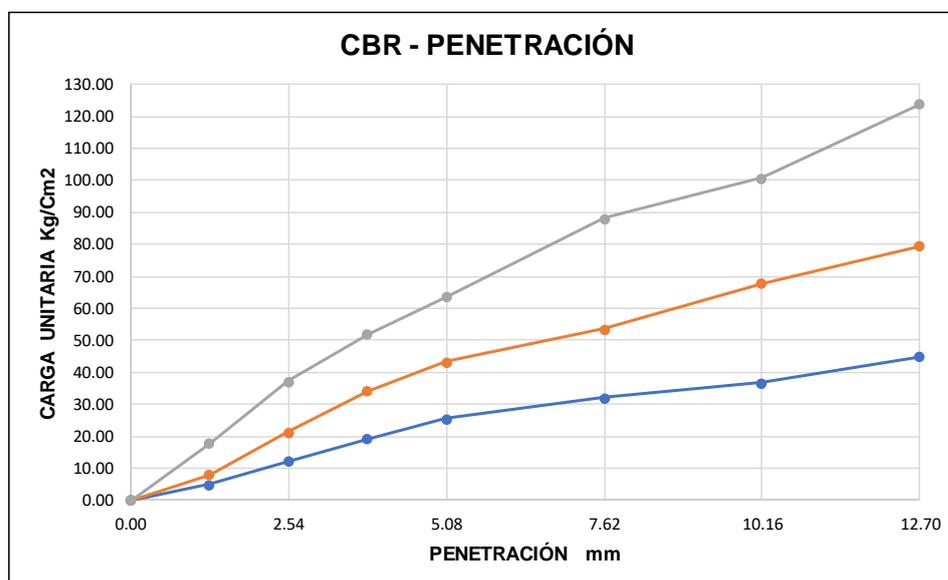
2316 cm³

ALTURA DE CAÍDA (Pulg): 18

ÁREA DEL PISTÓN (Pulg²): 3

CBR - PENETRACIÓN

NUMERO DE ENSAYO		12	25	56	12	25	56
mm	Pulg	CARGA DE PENETRACIÓN Lb			CARGA DE PENETRACIÓN Kg		
1.27	0.05	220.00	352.00	770.00	100.00	160.00	350.00
2.54	0.10	528.00	924.00	1,606.00	240.00	420.00	730.00
3.81	0.15	836.00	1,474.00	2,244.00	380.00	670.00	1,020.00
5.08	0.20	1,100.00	1,870.00	2,750.00	500.00	850.00	1,250.00
7.62	0.30	1,386.00	2,310.00	3,806.00	630.00	1,050.00	1,730.00
10.16	0.40	1,584.00	2,926.00	4,356.00	720.00	1,330.00	1,980.00
12.7	0.50	1,936.00	3,432.00	5,346.00	880.00	1,560.00	2,430.00
NUMERO DE ENSAYO		12	25	56	12	25	56
mm	Pulg	CARGA UNITARIA Lb/Pulg ²			CARGA UNITARIA Kg/Cm ²		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.27	0.05	72.29	115.66	253.00	5.09	8.15	17.83
2.54	0.10	173.49	303.61	527.70	12.22	21.39	37.18
3.81	0.15	274.69	484.32	737.33	19.35	34.12	51.95
5.08	0.20	361.44	614.44	903.59	25.46	43.29	63.66
7.62	0.30	455.41	759.01	1,250.57	32.09	53.48	88.11
10.16	0.40	520.47	961.42	1,431.28	36.67	67.74	100.84
12.7	0.50	636.13	1,127.68	1,756.57	44.82	79.45	123.76



Nº GOLPES	ESFUERZO DE PENETRACIÓN	
	0.1 Pulg	0.2 Pulg
12	12.22	25.46
25	21.39	43.29
56	37.18	63.66
Nº GOLPES	C.B.R %	
12	17.46	24.25
25	30.56	41.23
56	53.11	60.63



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"



PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68,
 CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA

FECHA: NOVIEMBRE 2023

PERFORACIÓN: C3

MUESTRA: M2

ABSCISA: 1+500

PROFUNDIDAD: 0.30 - 1.20

VOLUMEN DEL ESPEC. (cm³):

2316 cm³

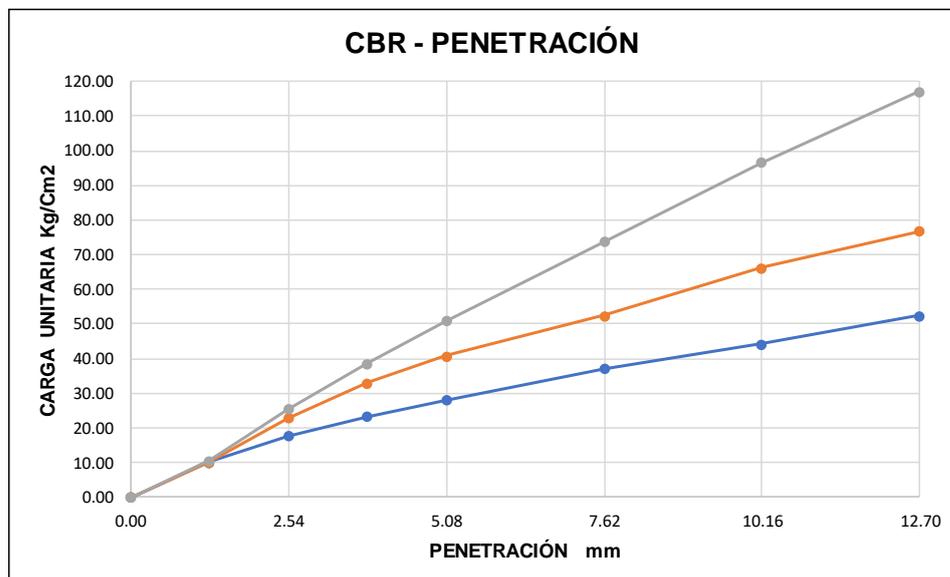
ALTURA DE CAÍDA (Pulg): 18

ÁREA DEL PISTÓN (Pulg²):

3

CBR - PENETRACIÓN

NUMERO DE ENSAYO		12	25	56	12	25	56
mm	Pulg	CARGA DE PENETRACIÓN Lb			CARGA DE PENETRACIÓN Kg		
1.27	0.05	440.00	440.00	462.00	200.00	200.00	210.00
2.54	0.10	770.00	990.00	1,100.00	350.00	450.00	500.00
3.81	0.15	1,012.00	1,430.00	1,672.00	460.00	650.00	760.00
5.08	0.20	1,210.00	1,760.00	2,200.00	550.00	800.00	1,000.00
7.62	0.30	1,606.00	2,266.00	3,190.00	730.00	1,030.00	1,450.00
10.16	0.40	1,914.00	2,860.00	4,180.00	870.00	1,300.00	1,900.00
12.7	0.50	2,266.00	3,322.00	5,060.00	1,030.00	1,510.00	2,300.00
NUMERO DE ENSAYO		12	25	56	12	25	56
mm	Pulg	CARGA UNITARIA Lb/Pulg ²			CARGA UNITARIA Kg/Cm ²		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.27	0.05	144.57	144.57	151.80	10.19	10.19	10.70
2.54	0.10	253.00	325.29	361.44	17.83	22.92	25.46
3.81	0.15	332.52	469.87	549.38	23.43	33.10	38.71
5.08	0.20	397.58	578.30	722.87	28.01	40.74	50.93
7.62	0.30	527.70	744.56	1,048.16	37.18	52.46	73.85
10.16	0.40	628.90	939.73	1,373.45	44.31	66.21	96.77
12.7	0.50	744.56	1,091.53	1,662.60	52.46	76.90	117.14



N° GOLPES	ESFUERZO DE PENETRACIÓN	
	0.1 Pulg	0.2 Pulg
12	17.83	28.01
25	22.92	40.74
56	25.46	50.93
N° GOLPES	C.B.R %	
12	25.46	26.68
25	32.74	38.80
56	36.38	48.50



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"



PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA

FECHA: NOVIEMBRE 2023

PERFORACIÓN: C4

MUESTRA: M1

ABSCISA: 2+000

PROFUNDIDAD: 0.00 - 0.30

VOLUMEN DEL ESPEC. (cm³):

2316 cm³

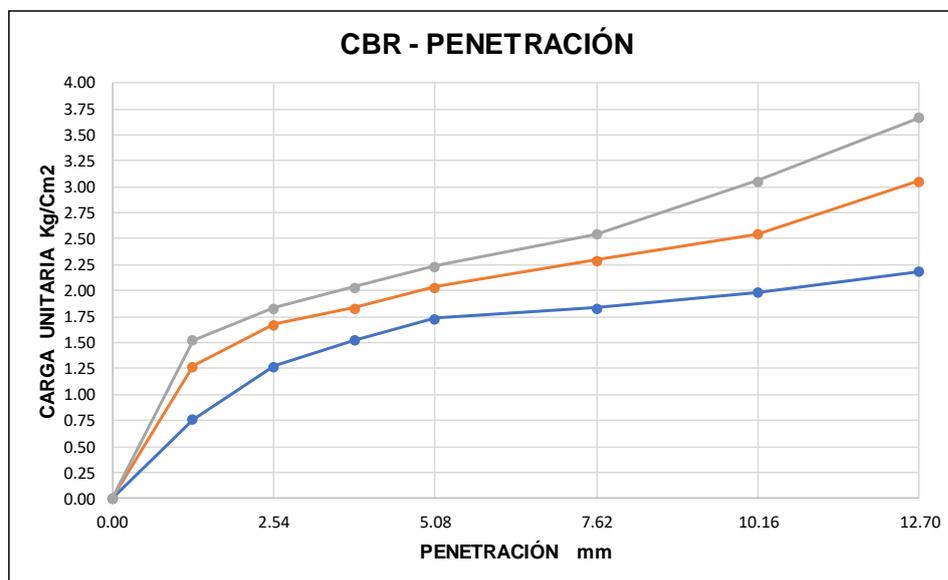
ALTURA DE CÁIDA (Pulg): 18

ÁREA DEL PISTÓN (Pulg²):

3

CBR - PENETRACIÓN

NUMERO DE ENSAYO		12	25	56	12	25	56
mm	Pulg	CARGA DE PENETRACIÓN Lb			CARGA DE PENETRACIÓN Kg		
1.27	0.05	33.00	55.00	66.00	15.00	25.00	30.00
2.54	0.10	55.00	72.60	79.20	25.00	33.00	36.00
3.81	0.15	66.00	79.20	88.00	30.00	36.00	40.00
5.08	0.20	74.80	88.00	96.80	34.00	40.00	44.00
7.62	0.30	79.20	99.00	110.00	36.00	45.00	50.00
10.16	0.40	85.80	110.00	132.00	39.00	50.00	60.00
12.7	0.50	94.60	132.00	158.40	43.00	60.00	72.00
NUMERO DE ENSAYO		12	25	56	12	25	56
mm	Pulg	CARGA UNITARIA Lb/Pulg ²			CARGA UNITARIA Kg/Cm ²		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.27	0.05	10.84	18.07	21.69	0.76	1.27	1.53
2.54	0.10	18.07	23.85	26.02	1.27	1.68	1.83
3.81	0.15	21.69	26.02	28.91	1.53	1.83	2.04
5.08	0.20	24.58	28.91	31.81	1.73	2.04	2.24
7.62	0.30	26.02	32.53	36.14	1.83	2.29	2.55
10.16	0.40	28.19	36.14	43.37	1.99	2.55	3.06
12.7	0.50	31.08	43.37	52.05	2.19	3.06	3.67



N° GOLPES	ESFUERZO DE PENETRACIÓN	
	0.1 Pulg	0.2 Pulg
12	1.27	1.73
25	1.68	2.04
56	1.83	2.24
N° GOLPES	C.B.R %	
12	1.82	1.65
25	2.40	1.94
56	2.62	2.13



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"



PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68, CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA

FECHA: NOVIEMBRE 2023

PERFORACIÓN: C4

MUESTRA: M2

ABSCISA: 2+000

PROFUNDIDAD: 0.30 - 1.20

VOLUMEN DEL ESPEC. (m3):

2316 cm³

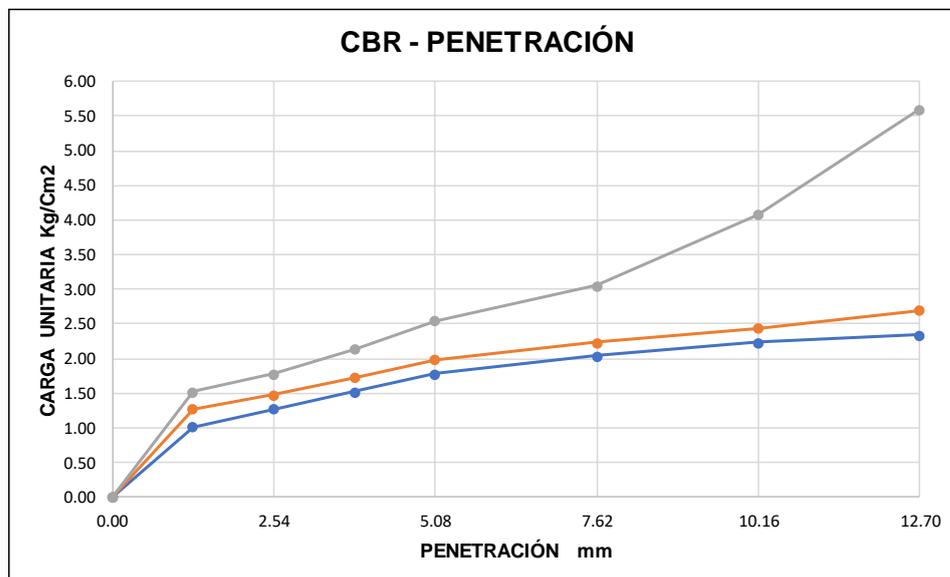
ALTURA DE CAÍDA (Pulg): 18

ÁREA DEL PISTÓN (Pulg²):

3

CBR - PENETRACIÓN

NUMERO DE ENSAYO		12	25	56	12	25	56
mm	Pulg	CARGA DE PENETRACIÓN Lb			CARGA DE PENETRACIÓN Kg		
1.27	0.05	44.00	55.00	66.00	20.00	25.00	30.00
2.54	0.10	55.00	63.80	77.00	25.00	29.00	35.00
3.81	0.15	66.00	74.80	92.40	30.00	34.00	42.00
5.08	0.20	77.00	85.80	110.00	35.00	39.00	50.00
7.62	0.30	88.00	96.80	132.00	40.00	44.00	60.00
10.16	0.40	96.80	105.60	176.00	44.00	48.00	80.00
12.7	0.50	101.20	116.60	242.00	46.00	53.00	110.00
NUMERO DE ENSAYO		12	25	56	12	25	56
mm	Pulg	CARGA UNITARIA Lb/Pulg ²			CARGA UNITARIA Kg/Cm ²		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.27	0.05	14.46	18.07	21.69	1.02	1.27	1.53
2.54	0.10	18.07	20.96	25.30	1.27	1.48	1.78
3.81	0.15	21.69	24.58	30.36	1.53	1.73	2.14
5.08	0.20	25.30	28.19	36.14	1.78	1.99	2.55
7.62	0.30	28.91	31.81	43.37	2.04	2.24	3.06
10.16	0.40	31.81	34.70	57.83	2.24	2.44	4.07
12.7	0.50	33.25	38.31	79.52	2.34	2.70	5.60



N° GOLPES	ESFUERZO DE PENETRACIÓN	
	0.1 Pulg	0.2 Pulg
12	1.27	1.78
25	1.48	1.99
56	1.78	2.55
N° GOLPES	C.B.R %	
12	1.82	1.70
25	2.11	1.89
56	2.55	2.43

CBR – PROCTOR



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
 FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
 LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"

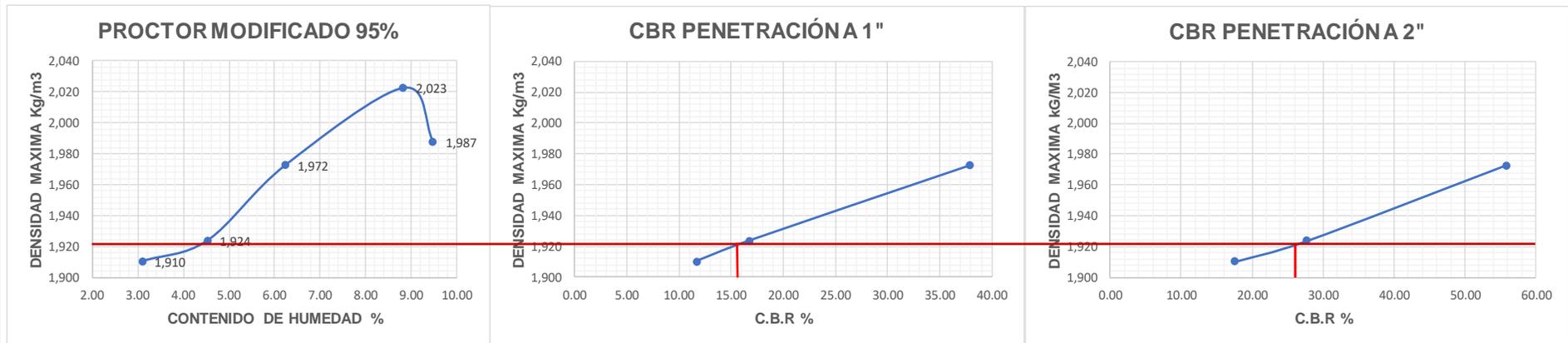


PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68,
 CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA
 PERFORACIÓN: C1
 ABSCISA: 0+500

FECHA: NOVIEMBRE 2023
 MUESTRA: M1
 PROFUNDIDAD: 0.00 - 0.30

DETERMINACIÓN DEL C.B.R. (ASTM 1883)



100% MDS (PROCTOR MODIFICADO): 2,023 Kg/m ³
95% MDS (PROCTOR MODIFICADO): 1,922 Kg/m ³

C.B.R 95%= 15.96

C.B.R 95%= 26.06



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI



PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68,
CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA
PERFORACIÓN: C1
ABSCISA: 0+500

FECHA: NOVIEMBRE 2023
MUESTRA: M2
PROFUNDIDAD: 0.30 - 1.20

DETERMINACIÓN DEL C.B.R. (ASTM 1883)



100% MDS (PROCTOR MODIFICADO): 2,014 Kg/m³
95% MDS (PROCTOR MODIFICADO): 1,913 Kg/m³

C.B.R. 95% = 4.40

C.B.R. 95% = 4.80



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI



PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68,
CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTEL SARA
PERFORACIÓN: C2
ABSCISA: 1+000

FECHA: NOVIEMBRE 2023
MUESTRA: M1
PROFUNDIDAD: 0.00 - 0.30

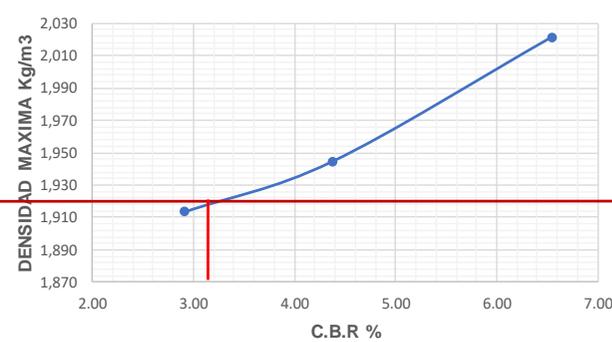
DETERMINACIÓN DEL C.B.R. (ASTM 1883)

PROCTOR MODIFICADO 95%



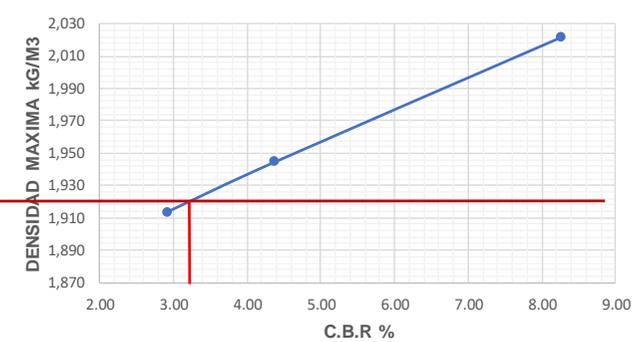
100% MDS (PROCTOR MODIFICADO): 2,022 Kg/m³
95% MDS (PROCTOR MODIFICADO): 1,920 Kg/m³

C.B.R. PENETRACIÓN A 1"



C.B.R. 95% = 3.18

C.B.R. PENETRACIÓN A 2"



C.B.R. 95% = 3.25



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI

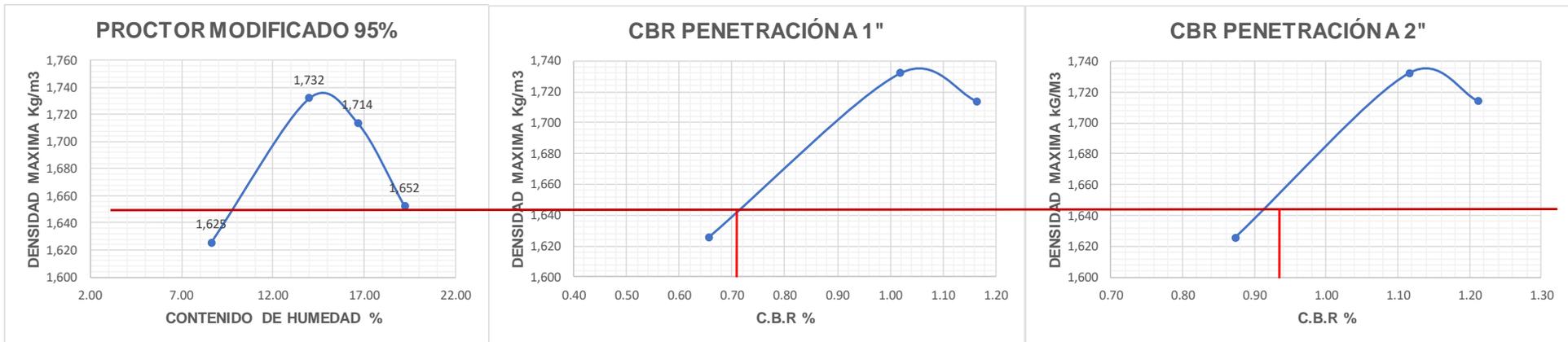


PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68,
CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA
PERFORACIÓN: C2
ABSCISA: 1+000

FECHA: NOVIEMBRE 2023
MUESTRA: M2
PROFUNDIDAD: 0.30 - 1.20

DETERMINACIÓN DEL C.B.R. (ASTM 1883)



100% MDS (PROCTOR MODIFICADO): 1,732 Kg/m³

95% MDS (PROCTOR MODIFICADO): 1,645 Kg/m³

C.B.R. 95%- 0.72

C.B.R. 95%- 0.919



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI



PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68,
CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA
PERFORACIÓN: C3
ABSCISA: 1+500

FECHA: NOVIEMBRE 2023
MUESTRA: M1
PROFUNDIDAD: 0.00 - 0.30

DETERMINACIÓN DEL C.B.R (ASTM 1883)



100% MDS (PROCTOR MODIFICADO): 2,018 Kg/m ³
95% MDS (PROCTOR MODIFICADO): 1,917 Kg/m ³

C.B.R 95%= 31.50

C.B.R 95%= 42.50



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI

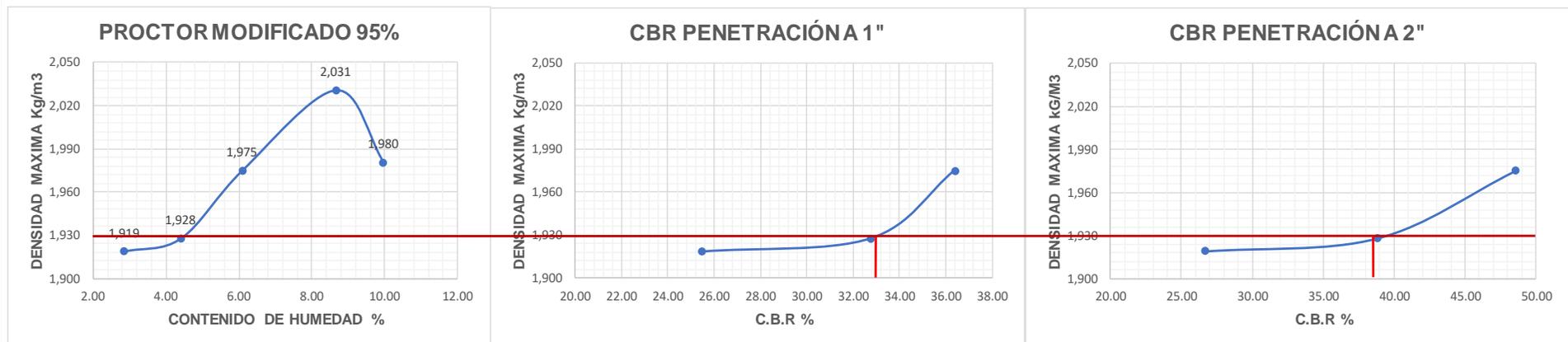


PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68,
CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA
PERFORACIÓN: C3
ABSCISA: 1+500

FECHA: NOVIEMBRE 2023
MUESTRA: M2
PROFUNDIDAD: 0.30 - 0.70

DETERMINACIÓN DEL C.B.R (ASTM 1883)



100% MDS (PROCTOR MODIFICADO): 2,031 Kg/m3
95% MDS (PROCTOR MODIFICADO): 1,929 Kg/m3

C.B.R 95%: 33.00

C.B.R 95% 38.50



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI



PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68,
CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA
PERFORACIÓN: C4
ABSCISA: 2+000

FECHA: NOVIEMBRE 2023
MUESTRA: M1
PROFUNDIDAD: 0.00 - 0.30

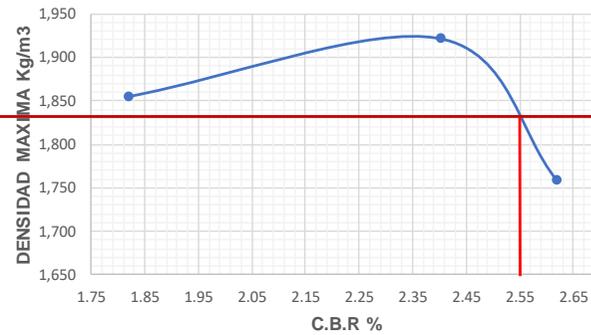
DETERMINACIÓN DEL C.B.R. (ASTM 1883)

PROCTOR MODIFICADO 95%



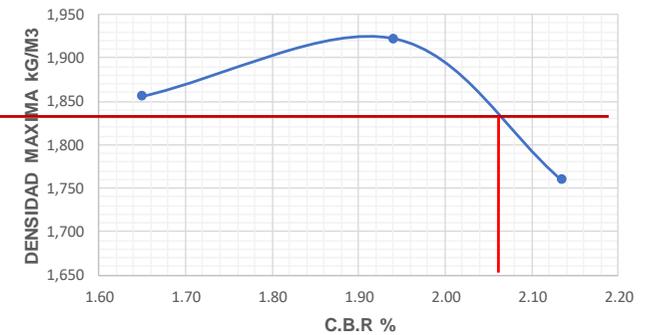
100% MDS (PROCTOR MODIFICADO): 1,922 Kg/m³
95% MDS (PROCTOR MODIFICADO): 1,826 Kg/m³

CBR PENETRACIÓN A 1"



C.B.R 95%: 2.55

CBR PENETRACIÓN A 2"



C.B.R 95%: 2.06



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI



PROYECTO: ESTUDIO DE PAVIMENTO DE LA CALLE 21, BARRIO 5 DE JUNIO, ENTRE LA AV. 26 Y CALLE 68,
CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA.

ELABORADO POR: GONZÁLEZ JOEL, MONTIEL SARA
PERFORACIÓN: C4
ABSCISA: 2+000

FECHA: NOVIEMBRE 2023
MUESTRA: M2
PROFUNDIDAD: 0.30 - 1.20

DETERMINACIÓN DEL C.B.R (ASTM 1883)

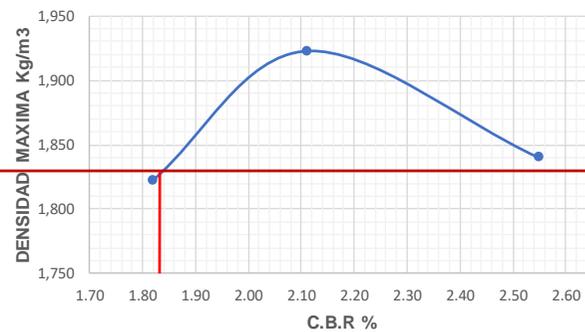
PROCTOR MODIFICADO 95%



100% MDS (PROCTOR MODIFICADO): 1,923 Kg/m³

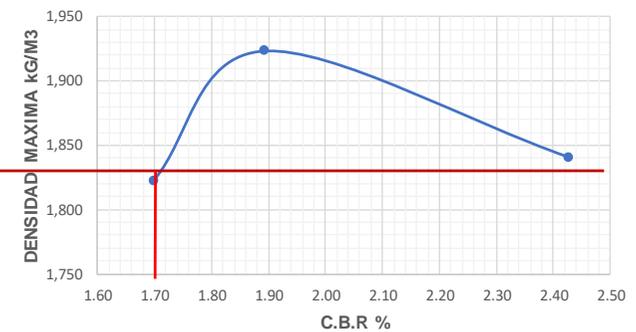
95% MDS (PROCTOR MODIFICADO): 1,827 Kg/m³

CBR PENETRACIÓN 1"



C.B.R 95%= 1.84

CBR PENETRACIÓN 2"



C.B.R 95%= 1.71

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGIA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE GRADUACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Estudio de Pavimento de la Calle 21, Barrio 5 de Junio, entre la Av. 26 y Calle 68, Cantón La Libertad Provincia de Santa Elena.		
AUTOR(ES):	Joel Isaac González Del Valle Sara Nayelhy Montiel Cedeño		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Edwin Daniel Tapia Barzola, M.Sc. Ing. Xavier Emmanuel Mármol Acosta, M.Sc.		
INSTITUCIÓN:	Universidad de Guayaquil		
UNIDAD/FACULTAD:	Ciencias Matemáticas y Físicas		
MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:	No		
GRADO OBTENIDO:	Ingeniero Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	Marzo, 2024	No. DE PÁGINAS:	137
ÁREAS TEMÁTICAS:	Estudio de pavimento flexible		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	PAVIMENTO – FALLAS – ENSAYOS – DISEÑO - TRÁFICO		
RESUMEN/ABSTRACT:	<p>Mediante una inspección descriptiva, se evaluó la capa de rodadura del pavimento existente para detectar las actuales fallas en la vía. Este análisis visual se sustentó en el método del PCI, esencial para determinar el estado general del pavimento a lo largo de su trayectoria. Además, se ejecutaron pruebas de laboratorio para examinar las propiedades físico-mecánicas del suelo, en la estructura del pavimento y la subrasante. Los resultados revelaron la necesidad de reemplazar la estructura en el tramo entre las abscisas 0+000 hasta la 1+228.5 debido a un PCI inferior al 40%, categorizando el pavimento como deficiente. Se efectuó un estudio de tráfico para proyectar el número de ESALs a 20 años, lo que posibilitó el diseño de una nueva estructura mediante el método AASTHO-93. En las secciones restantes, el PCI indicó un estado favorable (superior al 55%), respaldado por pruebas de laboratorio que confirmaron las óptimas condiciones del suelo.</p>		
ADJUNTO PDF:	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0978898151 0988530710	E-mail: joel99isaac@gmail.com saramontiel_14@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS		
	Teléfono: 2-283348		
	E-mail: fmatematicas@ug.edu.ec		