



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y ARQUITECTURA

CARRERA: INGENIERÍA CIVIL

INFORME FINAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del título:

INGENIERO CIVIL

MODALIDAD: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE
PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA ANTIGUA DEL CHORRILLO**

ELABORADO POR:

CALET ELÍAS GUERRERO GARCÍA

TUTOR (A):

ING. FREDDY HERNAN MENDOZA BRANDS

MANTA – MANABÍ – ECUADOR

24 Julio 2026

APROBACIÓN DEL TUTOR

Como tutor académico de la carrera de Ingeniería Civil en la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, certifico lo siguiente:

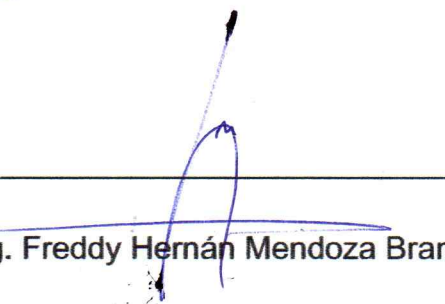
He supervisado y orientado la elaboración del trabajo de titulación, completando un total de 400 horas, bajo la modalidad de **Proyecto de investigación**. El tema del proyecto se titula "**DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA ANTIGUA DEL CHORRILLO**". Este proyecto ha sido desarrollado conforme a los lineamientos internos de la mencionada modalidad, y ha cumplido con los requisitos establecidos por el Reglamento de Régimen Académico. Por lo tanto, **certifico** que el proyecto mencionado posee los méritos académicos, científicos y formales necesarios para ser evaluado por el tribunal de titulación designado por la autoridad competente.

La autoría del tema desarrollado corresponde a Calet Elías Guerrero García, estudiante de la carrera de Ingeniería Civil, período académico 2025 (2), quien se encuentra apto para la sustentación de su trabajo de titulación.

Certifico lo anterior para los fines pertinentes, a menos que la ley disponga lo contrario.

Manta, 24 de julio de 2026.

Lo certifico,



Ing. Freddy Hernán Mendoza Brands

C.C. 0850486549

Tutor

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, De La Cruz Paredes Ronny Andrés con CC: 131421126-7, doy constancia de ser el autor del Trabajo de Titulación con modalidad Proyecto Técnico con el tema **"DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA ANTIGUA DEL CHORRILLO."**, el cual fue dirigido por el tutor, ING. FREDDY HERNAN MENDOZA BRANDS phd.

Quiero resaltar la originalidad de este trabajo, que se fundamenta en la contribución de varios autores que enriquecieron la investigación, así como en la recopilación de datos e información provenientes de fuentes bibliográficas, visitas de campo, entre otros recursos.

En la ciudad de Manta, a los 24 días del mes de julio de 2026.



Calet Elías Guerrero García

C.C. 0850486549

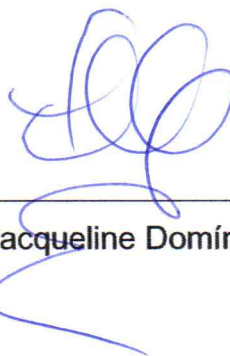
Autor

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

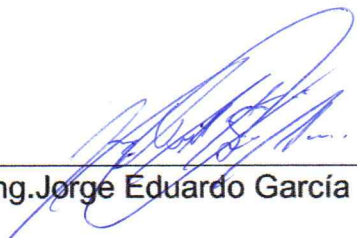
En calidad de tribunales de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, certifico:

Haber revisado el trabajo de titulación, bajo la modalidad de Proyecto de Investigación, cuyo tema es "DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA ANTIGUA DEL CHORRILLO." internos de la modalidad en mención y en apego al cumplimiento de los requisitos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico, por tal motivo APRUEBO, que el mencionado proyecto reúne los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para proceder a la defensa correspondiente.

Certifico lo anterior para los fines pertinentes, a salvo disposición de Ley en contrario. En la ciudad de Manta, a los 24 días del mes de julio de 2026.



Arq. Jacqueline Domínguez Gutiérrez



Ing. Jorge Eduardo García Argandoña



Ing. Aldo Bismark Vásquez Arauz

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primeramente a Dios porque Él es el motor de mi vida quién me mantiene con buena salud y me ha inspirado a cumplir mis metas y éxitos sin retrocesos en la vida, dirigiéndome con gran sabiduría. Gracias a Él he aprendido amar de la manera correcta como se debe amar y apreciar a quienes permanecen a mi lado y saber que siempre hay sentido incluso en los problemas para todo aquel que cree. Dios cumplirá las promesas de cada uno y el propósito en cada vida. Sobre todo, si he terminado este trabajo es también por su misericordia.

En segundo lugar a mi familia que siempre han permanecido a mi lado y los sueños de ellos que han terminado siendo uno de los míos. Por apoyarme económicamente, darme ánimos para terminar la carrera. Me apoyaron en mis peores momentos y mejores momentos siendo los primeros testigos de ello. A mis hermanos que aunque estaban lejos sentía que permanecían cerca a través de su apoyo incondicional, sabiendo que Dios los puso en mi vida para demostrarme su gran amor.

A mis docentes que me han preparado en toda la carrera y sobre todo a las autoridades que siempre me han respaldado. Al Ing. Junqui Cedeño sobre todo que ha sido como un familiar, alguien que ha estado siempre cuando lo he necesitado de igual forma con cada uno de los estudiantes. A la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, por brindarme las herramientas académicas y humanas necesarias para mi formación como Ingeniero Civil.



Calet Elías Guerrero García

C.C. 0850486549

Autor

AGRADECIMIENTO

Agradezco primer al Ing. Freddy Mendoza por tener el privilegio de tenerlo como tutor demostrando un gran liderazgo y facultades necesarias para resolver el problema fundamental de esta investigación.

De igual manera al personal de laboratorios de suelos de La Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí de la carrera de Ingeniería. Sus directrices y enseñanzas me ayudaron a culminar el estudio geotécnico junto con gran mansedumbre y templanza.

Agradezco al GAD Municipal de Montecristi de los cuales destaco al Ing. Byron Mendoza quien fue un gran pilar para la selección de la vía, junto con su personal administrativo con quienes hice el levantamiento topográfico prestando las herramientas y equipos para dicho trabajo.

A los estudiantes de la carrera que me han mostrado cariño, respeto, humildad acompañándome durante todo este trayecto y con quienes compartí buenas experiencias enfrentándonos a desafíos y retos durante todos los semestres.

Finalmente, a mi familia que son el mayor tesoro que me ha dejado Dios aquí en la tierra.



Calet Elías Guerrero García

C.C. 0850486549

Autor

RESUMEN

El presente proyecto de investigación engloba toda la información indispensable para el diseño geométrico y estructura de la vía, partiendo de los objetivos generales y específicos que se propuso y los estudios que lo conforman: Estudio de tránsito, Estudios geotécnicos, Estudios topográficos y diseño vial

Las normativas para el diseño geométrico fueron tomadas en base a MTOP (Manual de Carreteras – Sección Geometría y Pavimentos), AASHTO (1993), NEC-SE-GT (2015) y ASTM para ensayos de materiales de suelo y agregados

Para el cálculo de la clasificación del suelo, compactación y penetración se realizó en el Laboratorio de Suelos de La Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí y trabajo de campo con las muestras correspondientes al estudio. Con el CBR del estudio de suelo se realizó su estudio vehicular para calcular los espesores de la capa del pavimento flexible; esto permitió realizar el diseño vial y posteriormente con el levantamiento topográficos se logró obtener las caracterizaciones y parámetro de diseño de la vía

Para la validación del diseño vial se lo hizo mediante el programa CIVIL 3D. Con el levantamiento se verifica que corresponden a las coordenadas de la vía. Se utilizó Excel y Google Maps para la ubicación del proyecto

Por último, al proyecto se le elaboró con las especificaciones técnicas y las consideraciones como autores como Braja M. Das, Steven Anchundia y Wolf Ghilani en términos viales y geotécnicos

Palabras clave: Diseño geométrico, laboratorio de suelos, Braja M.Das, AASTHO, MTO, diseño vial

ABSTRACT

This research project encompasses all the information essential for the geometric design and structural layout of the roadway, based on the established general and specific objectives and the constituent studies: traffic analysis, geotechnical studies, topographic surveys, and road design.

Geometric design standards were adopted based on the MTOP (Highway Manual – Geometry and Pavements Section), AASHTO (1993), NEC-SE-GT (2015), and ASTM standards for soil and aggregate material testing.

Calculations regarding soil classification, compaction, and penetration were performed at the Soil Laboratory of the Laica Eloy Alfaro University of Manabí, alongside fieldwork involving the study samples. The CBR value derived from the soil analysis was used in conjunction with traffic data to calculate flexible pavement layer thicknesses; this facilitated the road design, while the topographic survey provided the necessary characterizations and design parameters for the roadway.

Road design validation was carried out using Civil 3D software. The survey data were verified against the roadway's coordinates, and Excel and Google Maps were used to establish the project location.

Finally, the project was developed in accordance with technical specifications and the insights of authors such as Braja M. Das, Steven Anchundia, and Wolf Ghilani regarding road engineering and geotechnical principles.

Keywords: Geometric design, soil laboratory, Braja M. Das, AASHTO, MTOP, road design.

INDICE

INTRODUCCION	1
OBJETIVOS	2
GENERAL	2
ESPECIFICOS	2
PROPUESTA	3
1. CAPITULO I: MEMORIA DESCRIPTIVA	4
1.1. ANTECEDENTES	4
1.2. JUSTIFICACIÓN	6
1.3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO	7
1.4. CLIMATOLOGÍA	9
2. CAPITULO II: DISEÑO GEOMÉTRICO	10
2.1. FUNDAMENTOS DEL DISEÑO GEOMÉTRICO	10
2.2. NORMAS APLICABLES	10
2.3. ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS	11
2.3.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	11
2.3.2. METODOLOGÍA DE LEVANTAMIENTO CON ESTACIÓN	
TOTAL	12
2.3.3. PARÁMETROS DE DISEÑO	14
2.3.4. ALINEAMIENTO HORIZONTAL	14
2.3.5. ALINEAMIENTO VERTICAL	14
2.3.6. SECCIÓN TRANSVERSAL TIPO	14
2.3.7. DRENAJE VIAL	14

3.	<u>CAPITULO III: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO</u>	
	<u>FLEXIBLE</u>	<u>15</u>
3.1.	ESTUDIO DE SUELOS	15
3.1.1	ENSAYO DE GRANULOMETRÍA POR LAVADO	15
	Pasos del ensayo de granulometría por lavado	15
3.1.2	LÍMITES DE ATTERBERG	17
3.1.3	CLASIFICACIÓN SUCS Y AASTHO	18
3.1.4	FÓRMULAS UTILIZADAS	19
3.1.2.	Cálculos de ensayo granulométrico del suelo	22
3.1.2.1	Primer muestra a 500m (Clasificación de suelos)	22
	Entra en la categoría de limo de baja plasticidad	24
		24
3.1.2.2	SEGUNDA MUESTRA a 1KM (Clasificación de suelos)	26
	Entra en la categoría de limo de alta plasticidad	28
	CLASIFICACIÓN SUCS	28
3.1.2.3	TERCERA MUESTRA A 1.5KM (Clasificación de suelos)	29
	Entra en la categoría de limo de baja plasticidad	31
	CLASIFICACIÓN SUCS	31
3.2.	ENSAYO DE COMPACTACIÓN.....	32
3.2.1.	Fórmulas a utilizar	33
3.2.2.	CÁLCULOS DE ENSAYO DE COMPACTACIÓN	33
3.2.2.1.	PRIMER MUESTRA A 500M (Compactación).....	33
3.2.2.2.	SEGUNDA MUESTRA A 1KM (Compactación).....	36
3.2.2.3.	TERCER MUESTRA A 1.5KM (Compactación).....	37
3.3.	ENSAYO DE PENETRACIÓN	39

3.4.	PROCEDIMEINTOS DEL ENSAYO DE PENETRACIÓN.....	39
3.4.1.	FÓRMULAS PARA EL ENSAYO DE PENETRACIÓN	40
3.4.1.1.	VALOR DE CBR	41
3.4.2.	Cálculos de penetración.....	42
3.4.2.1	Cálculos de penetración para la primera muestra	42
3.4.2.2	Cálculos de penetración para la segunda muestra	45
3.4.2.3	Cálculos de penetración para la tercera muestra	49

CAPITULO III: PARTE 2 DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

FLEXIBLE	52
4.1. MÉTODO DE DISEÑO AASHTO 93 PARA PAVIMENTO FLEXIBLE	52
4.1.1 Generalidades	52
4.1.2 Diseño estructural.....	52
4.1.3 PÁRAMETROS DEL MÉTODO AASTHO 93	53
4.1.3.1 Estimación del Número acumulado de ejes equivalente (N)	53
4.1.3.2 Confiabilidad (R).....	54
4.1.3.2 Desviación normal (Z_r).....	55
4.1.3.2 Índices de serviciabilidad	56
4.1.3.2 Error normal combinado	56
4.3. CÁLCULO DE CBR DE DISEÑO.....	57
4.3. MODULO RESILIENTE	57
4.4. ESPESORES MÍNIMOS RECOMENDADOS	58
4.5. Coeficientes estructurales y coeficientes de drenajes.....	59
4.6. NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO	60
4.7. NÚMERO ESTRUCTURAL DE DISEÑO	60
4.8. NÚMERO ESTRUCTURAL (FÓRMULA).....	61

4.9. TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO (TPDA) , TRÁNSITO ACTUAL(TA) Y TRÁNSITO INDUCIDO (TI)	62
4.9.1 TIPOS DE VEHICULOS PRINCIPALES A CONSIDERAR EN EL TRÁNSITO ACTUAL E INDUCIDO	63
4.10. CÁLCULOS DE ESTUDIO DE TRÁNSITO	64
Día entre semana (Miércoles)	64
Día entre semana (sábado).....	70
4.10.1 TPDA DE TRÁNSITO ACTUAL Y TRÁNSITO INDUCIDO	76
4.10.2 CÁLCULO DEL FACTOR DE CARGA EQUIVALENTE.....	78
4.10.3 Cálculo de Número acumulado de ejes equivalente (N)	82
4.10.4 Cálculo de CBR de diseño.....	83
4.10.5 Cálculo de Módulo resiliente	84
4.10.6 Cálculo de Número estructural requerido	84
4.10.7. Cálculo del número estructural de diseño	85
4.10.7.1 Fórmulas y condiciones de espesores de capa	85
4.10.7.2 Solución del número estructural de diseño	87
4.10.8. NÚMERO ESTRUCTURAL (FÓRMULA).....	90
5. CONCLUSIONES.....	90
6. RECOMENDACIONES	92
<u>7. Referencias bibliográficas</u>	<u>93</u>
<u>ANEXOS</u>	<u>97</u>
<u>ANEXOS EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS.....</u>	<u>.....</u>
<u>ANEXOS PLANOS.....</u>	<u>.....</u>

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de la Vía antigua del chorrillo, tomado de (Google Maps)	5
Figura 2 El Chorrillo, Montecristi, Manabí, Ecuador	7
Figura 3 Tomando el norte	13
Figura 4 Tomando punto con la estación total	13
Figura 5 Estación total	13
Figura 6 Lavado del material.....	15
Figura 7 Parámetros de índice de grupo	21
Figura 8 Tabla AASTHO.....	22
Figura 9 Carta de plasticidad correspondiente a la primera muestra.....	24
Figura 10 Asignación del suelo	24
Figura 11 Parámetros de IG	25
Figura 12 Carta de plasticidad de la segunda muestra	27
Figura 13 Carta de plasticidad de la tercera muestra	30
Figura 14 Curva de compactación	35
Figura 15 Curva de compactación de la segunda muestra	38
Figura 16 Dial y datos para esponjamiento	40
Figura 17 CBR tester para la lectura dial	40
Figura 18 Esfuerzo en lb/in ² en base al valor de la carga	41

Figura 19 Elección de densidad seca máxima y CBR de la primera muestra	44
Figura 20 Gráfica esfuerzo- deformación de la primera muestra	45
Figura 21 Elección de densidad seca máxima y CBR de la segunda muestra	48
Figura 22 Gráfica Esfuerzo- Deformación de la segunda muestra	48
Figura 23 Densidad seca máxima y CBR de la segunda muestra	48
Figura 24 Elección de densidad seca máxima CBR de la tercera	51
Figura 25 Gráfica esfuerzo-deformación de la tercera muestra	51
Figura 26 Densidad seca máxima y CBR de la tercera muestra	51
Figura 27 Distribución de tránsito por carril	54
Figura 28 Confiabilidad	55
Figura 29 Desviación normal estándar	55
Figura 30 Índices de servicio para pavimento flexible	56
Figura 31 Error normal combinado	57
Figura 32 Basada para elegir el CBR de diseño	
Figura 33 Error normal combinado	57
Figura 34 Basada para elegir el CBR de diseño	57
Figura 35 Basada para elegir el CBR de diseño	57
Figura 36 Modulo Resiliente	
Figura 4.3.1 Modulo resiliente en base al CBR	57
Figura 37 Modulo Resiliente	58
Figura 38 Abaco cálculo de numero estructural	
Figura 39 Modulo Resiliente	58

Figura 40 Abaco cálculo de numero estructural	60
Figura 41 Tasa de crecimiento para el tránsito inducido	
Figura 42 Abaco cálculo de numero estructural	60
Figura 43 Tasa de crecimiento para el tránsito inducido	62
Figura 44 Selección del CBR por gráfica	
Figura 45 Tasa de crecimiento para el tránsito inducido	62
Figura 46 Selección del CBR por gráfica	83
Figura 47 Ábaco para el NE de diseño	
Figura 48 Selección del CBR por gráfica...	83
Figura 49 Ábaco para el NE de diseño.....	84
Figura 50 Espesores mínimos recomendados para carpeta asfáltica y base granular	
Figura 51 Ábaco para el NE de diseño.....	84
Figura 52 Espesores mínimos recomendados para carpeta asfáltica y base granular	87
Figura 53 Clasificación de suelos	
Figura 54 Espesores mínimos recomendados para carpeta asfáltica y base granular	87
Figura 55 Clasificación de suelos.....	97
Figura 56 Peso máximo permitido de eje de vehículos	
Figura 57 Clasificación de suelos	97
Figura 58 Peso máximo permitido de eje de vehículos	
Figura 59 Factores equivalente de carga eje TANDEM	
Figura 60 Peso máximo permitido de eje de vehículos	
Figura 61 Factores equivalente de carga eje TANDEM.....	

Figura 62 Factores equivalentes de carga eje tridem	Figura 63 Factores equivalente de carga eje TANDEM
Figura 64 Factores equivalentes de carga eje tridem	
Figura 65 Factores equivalentes ejes simples	Figura 66 Factores equivalentes de carga eje tridem
Figura 67 Factores equivalentes ejes simples.....	
Figura 68 Extracción de muestras para estudio de suelos en la Vía Antigua del Chorrillo	Figura 69 Factores equivalentes ejes simples
Figura 70 Extracción de muestras para estudio de suelos en la Vía Antigua del Chorrillo	
Figura 71 Obtención de puntos para levantamiento topográfico con la ayuda del GAD MONTECRISTI	Figura 72 Extracción de muestras para estudio de suelos en la Vía Antigua del Chorrillo
Figura 73 Obtención de puntos para levantamiento topográfico con la ayuda del GAD MONTECRISTI	
Figura 74 Estudios de suelo con supervisión del tutor	Figura 75 Obtención de puntos para levantamiento topográfico con la ayuda del GAD MONTECRISTI
Figura 76 Estudios de suelo con supervisión del tutor	
Figura 77 Estudios de suelo con supervisión del tutor	

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Coordenadas UTM y calicatas	7
Tabla 2 antigua Características de la vía del chorrillo	8
Tabla 3 Tamices para estudio de suelo	16
Tabla 4 Sistema unificado de clasificación de suelos	21
Tabla 5 Tabla de contenido de humedad	22
Tabla 6 Tabla de granulometría por lavado de la primera muestra	23
Tabla 7 Límite líquido de la primera muestra	23
Tabla 8 Tabla de límite plástico de la primera muestra	24
Tabla 9 Límites de atterberg.....	25
Tabla 10 Parámetro de IG	25
Tabla 11 Contenidos de humedad de la segunda muestra	26
Tabla 12 Granulometría por lavado de la segunda muestra	26
Tabla 13 Límite líquido de la segunda muestra	27
Tabla 14 Límite plástico de la segunda muestra.....	27
Tabla 15 Límites de Atteberg y variables de IG	28
Tabla 16 Contenido de humedad de la tercera muestra	29
Tabla 17 Granulometría de la tercera muestra	29
Tabla 18 Límite líquido de la tercera muestra	30
Tabla 19 Límite plástico de la tercera muestra	30

Tabla 20 Límites de atterberg y variables de IG	31
Tabla 21 Determinación de humedad promedio primera muestra	34
Tabla 22 Densidad humedad y densidad seca primera muestra	34
Tabla 23 Determinación de contenido de humedad de la segunda muestra.....	36
Tabla 24 Densidad húmeda y densidad seca de la segunda muestra	36
Tabla 25 Curva de compactación de la segunda muestra	37
Tabla 26 Determinación de contenido de humedad de la segunda muestra.....	37
Tabla 27 Densidad húmeda y densidad seca de la segunda muestra	38
Tabla 28 Contenido de humedad y densidad húmeda-seca de la primera muestra	42
Tabla 29 Moldes y carga- deformación de la primera muestra	43
Tabla 30 Datos de esponjamiento de la primera muestra.....	43
Tabla 31 CBR corregido de la primera muestra.....	44
Tabla 32 CBR y densidad seca máxima de la primera muestra	45
Tabla 33 Contenido de humedad % y densidad húmeda-seca de la segunda muestra	45
Tabla 34 Carga- deformación de la segunda muestra	46
Tabla 35 Datos de esponjamiento de la segunda muestra	47
Tabla 36 CBR corregido de la segunda muestra	47
Tabla 37 Contenido de humedad % y densidad húmeda-seca de la tercera muestra	49

Tabla 38 Carga- Deformación de la tercera muestra	50
Tabla 39 Datos de esponjamiento de la tercera muestra	50
Tabla 40 CBR corregido de la tercera muestra.....	50
Tabla 41 Espesores recomendados para carpeta asfáltica y base granular	58
Tabla 42 Coeficientes estructurales	59
Tabla 43 Tipos de vehículos	63
Tabla 44 CBR del estudio de suelo	64
Tabla 45 Conteo de carros en subida (miércoles)	64
Tabla 46 Conteo de carros bajada miércoles	66
Tabla 47 Total de vehículos contabilizados	68
Tabla 48 Total de vehículos pesados contabilizados	69
Tabla 49 Conteo de carros de subida fin de semana.....	70
Tabla 50 Conteo de bajada fin de semana	72
Tabla 51 Total de vehículos contabilizados fin de semana	74
Tabla 52 Total de vehículos pesados fin de semana	75
Tabla 53 Tránsito actual	76
Tabla 54 Tránsito inducido	77
Tabla 55 TPDA en ida y vuelta	78
Tabla 56 Peso por vehículo pesado por eje	80
Tabla 57 Cambia dependiendo del tipo de eje	81

Tabla 58 Cálculo del factor de carga equivalente de todos los vehículos pesados	81
Tabla 59 Algunas variables para el número de ejes equivalentes.....	82
Tabla 60 Resultados de ensayo de CBR del estudio de suelo	83
Tabla 61 Valores para la gráfica de CBR.....	83
Tabla 62 Parámetros del Método de AASTHO 93	84
Tabla 63 Coeficientes estructurales, modulo resiliente y NE de diseño	85
Tabla 64 Verificación según AASTHO	89

INTRODUCCION

La Vía antigua del chorrillo se le evidencia problemas en su infraestructura, y el desarrollo correspondiente es un factor esencial para una movilidad segura y eficiente y sobre todo para el bienestar de su población. En este ámbito el diseño geométrico y estructural de un pavimento flexible equivale una etapa y planificación de proyectos viales ya que define características técnicas de la vía en función a factores externos ambientales y condiciones topográficas, de tránsito y geotécnicas. La correcta implementación de estos componentes garantiza una infraestructura con mayor seguridad, durabilidad durante el proyecto a futuro de diseño.

La utilización en base a criterios técnicos contribuye a optimizar mantenimientos y costos de construcción además de asegurar un desempeño eficaz a largo plazo y la necesidad en desarrollar un diseño geométrico y estructural de pavimento flexible se plantea como una respuesta y solución a situaciones que presenta esta vía que puede repercutir en la comunidad con seguridad, capacidad y demanda de la infraestructura para soportar las cargas de vehículos que normalmente transitan al día. Para esto es fundamental realizar estudios topográficos junto a los diseños viales, estudio de tránsito y estudio geotécnicos que permite definir una correcta estructura de pavimento en base a las características del suelo, volumen de vehículos y factores externos como las condiciones ambientales fuera del alcance humano por eso se trata de a través de esta investigación solventar los fallos necesidad de los principales usuarios de esta población por eso se busca garantizar condiciones óptimas de circulación y durabilidad del pavimento flexibles conformes a las normas MTOP y AASTHO 93.

OBJETIVOS

GENERAL

Diseñar geométricamente y estructuralmente la vía antigua del Chorrillo, garantizando condiciones óptimas de circulación y durabilidad del pavimento flexible, conforme a los lineamientos del MTOP y AASTHO 93.

ESPECIFICOS

- Establecer los parámetros de diseño geométrico conforme a la clasificación funcional de la vía.
- Clasificar el suelo según el estrato de la vía a través de la Granulometría por lavado
- Analizar el tránsito actual e inducido para determinar los ejes equivalentes (ESALs).
- Diseñar la estructura del pavimento flexible según las características del suelo y el tránsito.
- Levantar la información topográfica y geotécnica del tramo.

PROPUESTA

El presente trabajo propone realizar el diseño geométrico y estructural de pavimento flexible de la vía antigua del chorrillo para garantizar las mejores condiciones para la circulación, durabilidad y sobre todo seguridad. Para ello se desarrollará un levantamiento topográfico, la clasificación de suelos mediante las muestras correspondientes y el análisis del tránsito vehicular. Con esto se aplicarán diversas metodologías vigentes para el actual diseño, así proponiendo definir las secciones óptimas y espesores requeridos. Finalmente se cumplirá la propuesta incluyendo planos, especificaciones y recomendaciones para mejorar dicha infraestructura vial con recomendaciones constructivas y asegurar su desempeño a lo largo de los años

1. CAPITULO I: MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1. ANTECEDENTES

La vía antigua del Chorrillo, ubicada entre los cantones Montecristi y Manta, constituye una ruta de importancia para la movilidad de los habitantes y el desarrollo de las actividades comerciales, agrícolas y de servicios de la zona. El crecimiento urbano y el incremento del tránsito vehicular han generado mayores exigencias sobre la infraestructura vial, haciendo necesario implementar soluciones técnicas que garanticen condiciones adecuadas de seguridad, funcionalidad y durabilidad. En Ecuador, el Ministerio de Transporte y Obras Públicas establece que el diseño geométrico de las carreteras debe responder a criterios técnicos relacionados con la velocidad de diseño, las características del terreno, el volumen de tránsito y la seguridad vial, con el propósito de ofrecer una infraestructura eficiente y sostenible (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, tomado de (Públicas, Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2018).

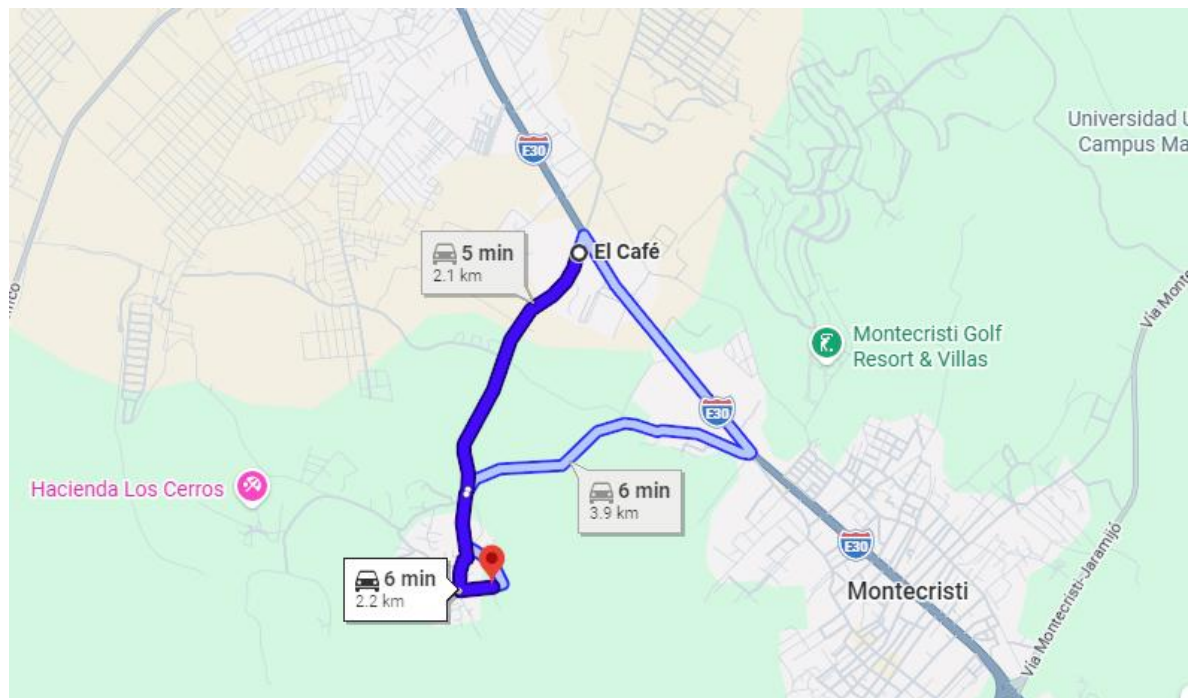
Asimismo, el diseño estructural de pavimentos flexibles constituye un elemento fundamental para garantizar la vida útil de una carretera, debido a que considera variables como el tránsito proyectado, la capacidad de soporte de la subrasante, las condiciones climáticas y la calidad de los materiales. En este contexto, diversos proyectos desarrollados en el país han demostrado que la aplicación de metodologías de diseño basadas en la normativa del MTOP y en el método AASHTO permite obtener estructuras de pavimento capaces de soportar las cargas del tránsito y reducir los costos de mantenimiento durante su período de servicio, tomado de (Loja Balarezo, 2018).

En el cantón Montecristi se han desarrollado investigaciones orientadas al diseño vial y estructural de pavimentos con el objetivo de mejorar la movilidad y las condiciones de circulación en diferentes sectores urbanos y rurales. Un estudio realizado en la comuna Bajos del Pechiche propuso el diseño de una vía urbana de pavimento flexible mediante levantamientos topográficos, estudios de suelos y

diseño geométrico, concluyendo que estas etapas son indispensables para garantizar una infraestructura segura, funcional y acorde con las necesidades de la población, tomado de (Anchundia Anchundia, 2024).

La investigación pretende contribuir al mejoramiento de la infraestructura vial, incrementar la seguridad de los usuarios y favorecer el desarrollo socioeconómico del sector mediante un diseño que responda a las condiciones reales del terreno y a la demanda de tránsito prevista.

Figura 1 Ubicación de la Vía antigua del chorrillo, tomado de (Google Maps)



Fuente: Google Maps

1.2. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo del diseño geométrico y estructural de pavimento flexible de la vía antigua del Chorrillo de Montecristi en Manta se justifica por la necesidad de mejorar las condiciones de movilidad, seguridad vial y conectividad entre sectores de importancia social y económica. Un diseño geométrico adecuado permite definir las características de la vía de acuerdo con el volumen de tránsito, la velocidad de diseño, la topografía y las condiciones del entorno, reduciendo el riesgo de accidentes y optimizando la circulación vehicular. De acuerdo con el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, (MTOP, 2018), el diseño geométrico de carreteras debe cumplir criterios técnicos que garanticen la seguridad, funcionalidad y eficiencia de la infraestructura vial durante su vida útil.

Asimismo, el diseño estructural del pavimento flexible resulta indispensable para asegurar que la vía soporte las cargas del tránsito proyectado y las condiciones ambientales propias de la zona, disminuyendo la aparición prematura de fallas y los costos de mantenimiento. La American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO, AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, 1993), establece que el diseño de pavimentos debe fundamentarse en estudios de tránsito, capacidad de soporte de la subrasante, propiedades de los materiales y condiciones de servicio, con el propósito de obtener estructuras duraderas y económicamente eficientes. En este contexto, la presente investigación proporcionará una propuesta técnica que contribuirá al mejoramiento de la infraestructura vial y al desarrollo económico y social de los cantones Montecristi y Manta.

1.3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO

Figura 2 El Chorrillo, Montecristi, Manabí, Ecuador



Fuente: Google Earth

Tabla 1 Coordenadas UTM y calicatas

Coordenadas UTM		
RANGO	ESTE	NORTE
INICIO TRAMO VIAL	536160	9886184
FINAL TRAMO VIAL	535545,3511	9885055,7457

Fuente:
Autoría
propia

Coordenadas de estudio de suelo (calicatas)		
RANGO	ESTE	NORTE
MUESTRA 1	535874,0154	9885911,5809
MUESTRA 2	535516,9451	9885259,5737
MUESTRA 3	535548,0662	9885165,3606

Tabla 2 antigua Características de la vía del chorrillo

Parámetro Geográfico Técnico	Detalle del Sector (El Chorrillo - Montecristi)
Nombre de la Entidad / Sector	Comuna El Chorrillo / Sector Urbano-Marginal de Montecristi
Base Legal / Reconocimiento	Acuerdo Ministerial N° 314 (21 de septiembre de 2001)
Ubicación Territorial	Suroccidente del cantón Montecristi, Provincia de Manabí, Ecuador. Conecta estratégicamente mediante corredores viales hacia la Av. Inter-barrial de Manta.
Límites Generales	Norte: Parroquia Colorado / Sur: Zona rural de Montecristi / Este: Cabecera Cantonal / Oeste: Cantón Manta.
Rango Altitudinal	Aproximadamente entre 60 y 150 m.s.n.m. (Zonas de planicie baja y estribaciones del Cerro Montecristi).
Rango Climático y Temperatura	Cálido seco / Tropical semiárido, con una temperatura media anual superior a los 24°C.
Precipitación / Clima	Precipitación media anual que oscila entre los 250 y 500 mm, influenciado por la estación pluviométrica local El Chorrillo.

Tipos de Vegetación / Suelo	Bosque seco tropical / Suelos de texturas variables con presencia de formaciones sedimentarias colinadas.
---	--

Fuente: (Montecristi., 2023)

1.4. CLIMATOLOGÍA

La vía antigua del Chorrillo se ubica en el cantón Montecristi, provincia de Manabí, una zona que presenta un clima tropical seco o semiárido, caracterizado por dos estaciones bien definidas: una lluviosa entre los meses de enero y abril y otra seca durante el resto del año. Según registros del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), el cantón registra una temperatura media anual aproximada de 25,6 °C, una precipitación promedio cercana a 418 mm y una humedad relativa del 75 %, condiciones climáticas que influyen directamente en el comportamiento de la subrasante y en el desempeño de los pavimentos flexibles, por lo que deben considerarse en el diseño geométrico y estructural de la vía para garantizar su durabilidad y adecuado funcionamiento, tomada de (INAMHI, s.f.).

La influencia de las condiciones climáticas sobre una estructura de pavimento flexible es un factor determinante durante su diseño, debido a que las variaciones de humedad y temperatura pueden modificar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales que conforman las diferentes capas de la vía. En zonas con periodos prolongados de sequía y presencia de lluvias intensas durante la época invernal, como ocurre en la región costera de Manabí, pueden presentarse cambios en la capacidad portante de la subrasante, procesos de erosión y disminución de la resistencia de los materiales granulares. Por esta razón, el diseño estructural del pavimento debe considerar las condiciones ambientales del sector, aplicando criterios técnicos que permitan garantizar un adecuado desempeño y prolongar la vida útil de la infraestructura vial, tomada de (AASHTO, AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, 1993).

2. CAPITULO II: DISEÑO GEOMÉTRICO

2.1. FUNDAMENTOS DEL DISEÑO GEOMÉTRICO

El diseño geométrico de carreteras constituye una de las etapas fundamentales en la planificación y construcción de una infraestructura vial, ya que define las características físicas que permitirán un desplazamiento seguro, cómodo y eficiente de los usuarios. Para ello, se establecen criterios técnicos relacionados con el alineamiento horizontal y vertical, las distancias de visibilidad, las secciones transversales y las pendientes, considerando aspectos como la velocidad de diseño, el volumen de tránsito, la topografía del terreno y la funcionalidad de la vía. Estos elementos buscan reducir el riesgo de accidentes y optimizar las condiciones de operación durante la vida útil de la carretera, tomada de (Cárdenas Grisales, 2013).

Asimismo, los fundamentos del diseño geométrico se sustentan en normas y criterios de ingeniería que permiten adaptar el trazado de una carretera a las condiciones del entorno, procurando un equilibrio entre la seguridad vial, la economía de construcción, la eficiencia operativa y el impacto ambiental. La correcta aplicación de estos principios facilita la circulación continua de los vehículos, mejora el nivel de servicio y contribuye al desarrollo económico y social mediante una infraestructura vial funcional y sostenible, tomada de (Comunicaciones, 2018).

2.2. NORMAS APLICABLES

El diseño se sustenta en la normativa vigente ecuatoriana e internacional:

- MTOP (2012, 2018): Manual de Carreteras – Sección Geometría y Pavimentos.
- AASHTO (1993): Guía para el Diseño de Pavimentos Flexibles.
- NEC-SE-GT (2015): Norma Ecuatoriana de la Construcción – Geotecnia.

- ASTM (2018): Normas para ensayos de materiales de suelo y agregados.

Estas normas constituyen la base técnica para la planificación, diseño y evaluación del proyecto

2.3. ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS

El estudio topográfico de una vía consiste en el levantamiento y análisis detallado de las características del terreno donde se proyectará la carretera, con el fin de obtener información precisa sobre las elevaciones, pendientes, accidentes geográficos y elementos naturales o artificiales presentes en la zona. Estos datos son fundamentales para definir el trazado más adecuado, minimizar los movimientos de tierra, optimizar los costos de construcción y garantizar la seguridad y estabilidad de la infraestructura vial. Asimismo, el estudio topográfico constituye la base para el diseño geométrico, permitiendo que la carretera se adapte de manera eficiente a las condiciones del terreno, tomada de (Comunicaciones, 2018).

2.3.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

El levantamiento topográfico de la Vía Antigua del Chorrillo consistió en la obtención de información planimétrica y altimétrica del terreno mediante la medición de distancias, ángulos y elevaciones con equipos topográficos de precisión. Esta información permitió determinar la ubicación de los puntos característicos del terreno, elaborar planos topográficos y generar los perfiles longitudinales y transversales necesarios para el diseño geométrico de la vía, constituyendo una base indispensable para el desarrollo de proyectos de ingeniería civil, tomado de (Wolf & Ghilani, 2012).

El estudio topográfico de una vía comprende el levantamiento detallado de las características del terreno mediante la medición de distancias, ángulos y diferencias de nivel, con el propósito de obtener información precisa sobre la configuración superficial del área donde se desarrollará el proyecto. Los datos obtenidos permiten elaborar planos, perfiles y modelos del terreno que sirven como base para el diseño

geométrico, el cálculo de movimientos de tierra y la planificación de las obras de infraestructura vial, tomado de (Wolf & Ghilani, 2012).

En el trabajo de campo realizado se usarán las computadoras ya sea para el proceso de información como la recopilación de datos con los siguientes:

- AutoCAD
- Microsoft Excel
- Google Earth
- Civil 3D

2.3.2. METODOLOGÍA DE LEVANTAMIENTO CON ESTACIÓN TOTAL

La metodología de levantamiento con estación total es uno de los procedimientos más utilizados en la topografía moderna debido a su alta precisión y eficiencia en la obtención de datos del terreno. Este método combina en un solo equipo un teodolito electrónico y un distanciómetro, permitiendo medir ángulos horizontales, ángulos verticales y distancias con gran exactitud. Gracias a estas características, la estación total facilita la determinación de coordenadas tridimensionales de los puntos levantados, proporcionando información confiable para el desarrollo de proyectos de ingeniería, construcción y diseño de infraestructura vial, tomada de (Wolf & Ghilani, 2012).

Antes de iniciar el levantamiento es necesario efectuar un reconocimiento del terreno para establecer los puntos de control y las estaciones desde las cuales se realizarán las observaciones. Posteriormente, la estación total se instala sobre un punto conocido, verificando su correcto centrado y nivelación. Una vez orientado el equipo mediante un punto de referencia, se procede a registrar las mediciones de los puntos de interés, garantizando la precisión requerida para el procesamiento de la información topográfica, tomado de (Wolf & Ghilani, 2012).

Una vez orientado el instrumento, se procede al levantamiento de los puntos de interés mediante la colocación de un prisma reflector sobre cada punto que se desea

registrar. La estación total emite un haz de luz hacia el prisma para medir la distancia y, simultáneamente, registra los ángulos horizontales y verticales necesarios para calcular las coordenadas de cada punto. Durante este proceso también se recopila información sobre elementos naturales y artificiales, como bordes de calzada, cunetas, edificaciones, árboles, postes y accidentes del terreno, obteniendo un registro detallado de las características del área de estudio, tomada de (Wolf & Ghilani, 2012).

Finalmente, la información obtenida en campo se descarga y procesa mediante programas especializados de topografía, los cuales permiten generar planos planimétricos, perfiles longitudinales y transversales, curvas de nivel y modelos digitales del terreno. Estos productos constituyen una base técnica indispensable para el diseño geométrico de carreteras, el cálculo de movimientos de tierra y la planificación de obras civiles. La aplicación de una metodología adecuada en el levantamiento con estación total garantiza la calidad de los datos obtenidos y contribuye a la correcta ejecución de los proyectos de infraestructura vial, tomada de (Wolf & Ghilani, 2012).

Figura 4 Tomando punto con la estación total



Fuente: Autoría propia

Figura 3 Tomando el norte



Fuente: Autoría propia

Figura 5 Estación total



Fuente: Autoría propia

2.3.3. PARÁMETROS DE DISEÑO

El diseño geométrico se realizó considerando una velocidad de diseño de 60 km/h, con tráfico medio y terreno ondulado. Se adoptó un TPDA de 188 vehículos/día en el tránsito actual y 196 vehículos/ día en el tránsito inducido, con 58,16% de vehículos pesados y un crecimiento anual del 4%. Estos valores se ajustan a los criterios de vías secundarias rurales del MTOP.

2.3.4. ALINEAMIENTO HORIZONTAL

El trazado busca mantener la armonía con el terreno natural, evitando movimientos de tierra excesivos. Se utilizaron radios mínimos de curvatura de 70 m y tangentes hasta 60m, con elevaciones de hasta 192m y longitudes de transición tipo clotoide, garantizando la comodidad y seguridad del conductor (AASHTO, 2011).

2.3.5. ALINEAMIENTO VERTICAL

El diseño vertical considera pendientes longitudinales entre 0.5% y 8%, compatibles con la topografía del sector. Las curvas verticales convexas y cóncavas fueron calculadas para asegurar visibilidad de parada y drenaje adecuado (MTOP, 2012).

2.3.6. SECCIÓN TRANSVERSAL TIPO

La sección transversal propuesta contempla una calzada de 7.20 m (dos carriles de 3.60 m), con bermas de 1.0 m por lado y taludes de corte 1:1.5 y relleno 1:2. Se incluyen cunetas trapezoidales para el drenaje y un espesor total de pavimento aproximado de 43 cm (MTOP, 2018).

2.3.7. DRENAJE VIAL

El sistema de drenaje contempla cunetas revestidas, alcantarillas de 600 mm de diámetro y subdrenes en las zonas de saturación. Un drenaje eficiente es indispensable para evitar el deterioro prematuro del pavimento (AASHTO, 1993).

3. CAPITULO III: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

3.1. ESTUDIO DE SUELOS

Se realizó **3 perforaciones** a la superficie del terreno con profundidades de 1.5m cada 500m de trayectoria de a lo largo de la vía proyectada. Adjuntando en fundas plásticas para que no existan pérdidas de humedad

3.1.1 ENSAYO DE GRANULOMETRÍA POR LAVADO

El ensayo de granulometría por lavado es un procedimiento de laboratorio utilizado para determinar la distribución del tamaño de las partículas finas presentes en un agregado, especialmente aquellas que pasan el tamiz N.º 200 (0,075 mm). Este método permite eliminar el material fino adherido a las partículas gruesas mediante el uso de agua, obteniendo una clasificación más precisa del suelo o agregado. Los resultados del ensayo son fundamentales para evaluar la calidad del material y verificar si cumple con las especificaciones técnicas requeridas para su utilización en obras de pavimentación, carreteras y otras estructuras de ingeniería civil, tomada de (ASTM, 2024).

Pasos del ensayo de granulometría por lavado

1. Preparación de la muestra. Se obtiene una muestra representativa del agregado y se registra su masa inicial seca (150 gr).
2. Colocación en el recipiente. La muestra se deposita en un recipiente adecuado y se adiciona agua suficiente para cubrir completamente el material.
3. Lavado del material. Se agita la muestra cuidadosamente para desprender las partículas finas adheridas a los agregados, vertiendo el agua a través del tamiz N.º 200 hasta que el agua salga prácticamente limpia.

Figura 6 Lavado del material



Fuente: Autoría propia

4. Secado de la muestra. El material retenido en el tamiz se seca en un horno a una temperatura aproximada de 110 ± 5 °C hasta alcanzar una masa constante.
5. Pesaje final. Una vez seca, la muestra se pesa nuevamente para determinar la masa retenida después del lavado.
6. Cálculo del porcentaje de material fino. La diferencia entre la masa inicial y la masa final corresponde al material que pasó el tamiz N.º 200 durante el lavado, expresándose como porcentaje del peso inicial.
7. Análisis de resultados. El porcentaje obtenido se compara con las especificaciones técnicas correspondientes, tomada de (ASTM, 2024).

Tabla 3 Tamices para estudio de suelo

Designación Estándar (Apertura)	Designación Alternativa (U.S.)	Uso Típico en Vías (Mecánica de Suelos)
75.0 mm	3 pulg.	Límite máximo para tamaño de piedra (Subbase/Base)
50.0 mm	2 pulg.	Control de tamaño máximo en Subrasante / Subbase
37.5 mm	1-1/2 pulg.	Tamaño máximo común para Base Granular
25.0 mm	1 pulg.	Caracterización de agregados gruesos
19.0 mm	3/4 pulg.	Preparación de muestras Proctor / Ensayo CBR
9.5 mm	3/8 pulg.	Clasificación de gravas finas

4.75 mm	N° 4	Límite Grava / Arena (Pasa Suelo Grueso)
2.00 mm	N° 10	Límite Arena Gruesa / Media (Separación para hidrómetro)
425 µm	N° 40	Determinación de Límites de Atterberg (LL y LP)
75 µm	N° 200	Límite Arena / Finos (Porcentaje de limos y arcillas)

Fuente: (Gilson, 2022)

3.1.2 LÍMITES DE ATTERBERG

Los límites de Atterberg son ensayos geotécnicos empleados para determinar el comportamiento de los suelos finos en función de su contenido de humedad. Estos ensayos permiten establecer el límite líquido (LL), que corresponde al contenido de humedad en el cual el suelo pasa del estado plástico al estado líquido, y el límite plástico (LP), que representa el contenido de humedad en el que el suelo cambia del estado semisólido al estado plástico. Ambos parámetros son fundamentales para la clasificación de suelos y la evaluación de sus propiedades de consistencia, plasticidad y comportamiento en obras de ingeniería civil, tomado de (ASTM, 2024)

Pasos del ensayo de Límites de Atterberg (ASTM International, 2020)

- Tamizar aproximadamente 200 g de la muestra a través del tamiz N.º 40 (0,425 mm) para obtener la fracción fina que será utilizada en los ensayos de límite líquido y límite plástico.
- Colocar la muestra tamizada en un recipiente y agregar agua gradualmente, mezclando hasta obtener una masa homogénea y plástica, adecuada para trabajar en la cuchara de Casagrande.

- Colocar una porción de la masa en la cuchara de Casagrande, distribuyéndola uniformemente con una espátula y formando una superficie lisa. Luego, realizar el surco con la herramienta ranuradora estándar.
- Accionar la manivela de la cuchara de Casagrande a una velocidad aproximada de dos golpes por segundo, hasta lograr que el surco se cierre en una longitud aproximada de 10 mm (1 cm). Ajustar el contenido de humedad de la muestra y repetir el procedimiento hasta obtener un cierre del surco entre 23 y 27 golpes, condición utilizada para determinar el límite líquido.
- Una vez alcanzado el rango de 23 a 27 golpes, extraer una porción de la muestra de la zona donde se cerró el surco y determinar su contenido de humedad mediante secado en horno.
- Para el límite plástico, tomar una porción de la misma muestra y amasarla con las manos hasta obtener una consistencia uniforme.
- Formar pequeños cilindros o "gusanitos" sobre una placa de vidrio o superficie lisa, haciéndolos rodar con la palma de la mano hasta alcanzar un diámetro aproximado de 3,2 mm (1/8 de pulgada).
- Cuando los gusanitos comiencen a agrietarse y desmoronarse al llegar al diámetro de 3,2 mm, recoger el material y determinar su contenido de humedad para obtener el límite plástico.
- Finalmente, calcular el Índice de Plasticidad (IP) mediante la expresión $IP = LL - LP$ y analizar los resultados para la clasificación del suelo, tomado de (ASTM, 2024).

3.1.3 CLASIFICACIÓN SUCS Y AASTHO

El **Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)** clasifica los suelos en función de la distribución del tamaño de las partículas y de sus características de plasticidad. Este sistema distingue inicialmente entre suelos de grano grueso y de grano fino, empleando como criterios principales el porcentaje de material que pasa el tamiz N.º 200 y los valores del límite líquido e índice de plasticidad. Los suelos se

identifican mediante símbolos como **GW, GP, GM, GC, SW, SP, SM, SC, ML, CL, MH, CH, OL, OH y PT**, los cuales describen el tipo de suelo y sus propiedades predominantes, tomado de (ASTM, 2024).

El sistema AASHTO clasifica los suelos de acuerdo con su comportamiento como material para subrasantes de carreteras. La clasificación se realiza considerando el porcentaje de material que pasa los tamices N.º 10, N.º 40 y N.º 200, así como los valores del límite líquido y del índice de plasticidad. Los suelos se agrupan en las categorías A-1 a A-8, siendo los grupos A-1 los de mejor calidad para la construcción de carreteras y los grupos A-7 y A-8 los que presentan un comportamiento menos favorable debido a su alta plasticidad y compresibilidad. Además, este sistema incorpora el Índice de Grupo (GI) para evaluar la calidad relativa del suelo como material de subrasante, tomada de (AASHTO, AASHTO M 145: Standard Specification for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes, 2020).

3.1.4 FÓRMULAS UTILIZADAS

Contenido de humedad

Peso de suelo seco $W_{\text{suelo seco}} = W_{\text{tara+suelo seco}} - W_{\text{tara}}$ (3.1)

Peso de suelo húmedo $W_{\text{suelo húmedo}} = W_{\text{tara+suelo húmedo}} - W_{\text{tara}}$ (3.2)

Contenido de humedad (%) $W = \frac{W_{\text{suelo húmedo}} - W_{\text{suelo seco}}}{W_{\text{suelo seco}}}$ (3.3)

Promedio de contenido de humedad $\bar{W} = \frac{w_1 + w_2 + \dots + w_n}{n}$ (3.4)

Granulometría por lavado

% Retenido $\% \text{ Retenido} = \frac{W_{\text{retenido}}}{W_{\text{total}}} \times 100$ (3.5)

% Pasa $\% \text{ Acumulado que pasa} = 100\% - \% \text{ Retenido acumulado}$ (3.6)

LÍMITE LÍQUIDO
$$LL = W^n \left[\frac{N}{25} \right]^{0,121} \quad (3.6.1)$$

LÍMITE PLÁSTICO = Contenido de humedad (%)

Clasificación SUCS

$$D_{10} = 10^{\log(D_1) + \left[\frac{\log(D_2) - \log(D_1)}{P_2 - P_1} \right] \times (10 - P_1)} \quad (3.7)$$

$$D_{30} = 10^{\log(D_1) + \left[\frac{\log(D_2) - \log(D_1)}{P_2 - P_1} \right] \times (30 - P_1)} \quad (3.8)$$

$$D_{60} = 10^{\log(D_1) + \left[\frac{\log(D_2) - \log(D_1)}{P_2 - P_1} \right] \times (60 - P_1)} \quad (3.9)$$

P_1 : Porcentaje acumulado que pasa inmediatamente menor al porcentaje buscado
(10%, 30%, 60%)

P_2 : Porcentaje acumulado que pasa inmediatamente mayor al porcentaje buscado
(10%, 30%, 60%)

D_1 : Abertura del tamiz (en mm) correspondiente a P_1 .

D_2 : Abertura del tamiz (en mm) correspondiente a P_2 .

Consideraciones en la clasificación de suelo

Para estar bien graduado el suelo:

- Coeficiente de uniformidad
$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4 \quad (3.10)$$

- Coeficiente de curvatura
$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}} \text{ entre } 1 \text{ y } 3 \quad (3.11)$$

Si el porcentaje acumulado que pasa por el tamiz N°200 es mayor al 50% es suelo fino y si es menor es suelo grueso

- El porcentaje retenido del tamiz N°4 indica el porcentaje de gravas

- La sumatoria del porcentaje retenido del tamiz N°10, N°40 y N°200 indica el porcentaje de arena
- El porcentaje acumulado que pasa en el tamiz N°4 indica el porcentaje de finos
- Si el porcentaje acumulado que pasa en el tamiz N°200 es mayor al 50% es arena, de lo contrario sería grava
- Si el porcentaje acumulado que pasa en el tamiz N°200 es menor al 5% trabajamos solo con **curva granulométrica**.
- Si el porcentaje acumulado que pasa en el tamiz N°200 es mayor al 12% se trabaja solo con **carta de plasticidad**

Simbología

Tabla 4 Sistema unificado de clasificación de suelos

Símbolo	Significado del Componente Principal	Símbolo	Significado de la Propiedad / Graduación
G	Grava (<i>Gravel</i>)	W	Bien graduado (<i>Well-graded</i>)
S	Arena (<i>Sand</i>)	P	Mal graduado (<i>Poorly-graded</i>)
M	Limo (<i>Silt / Mo</i>)	L	Baja plasticidad (<i>Low plasticity</i>)
C	Arcilla (<i>Clay</i>)	H	Alta plasticidad (<i>High plasticity</i>)
O	Orgánico (<i>Organic</i>)		

Fuente: (ASTM, 2024)

Clasificación AASTHO

ÍNDICE DE GRUPO $(IG) = 0.2 (a) + 0.005 (a)(c) + 0.01(b)(d) \quad (3.12)$

Figura 7 Parámetros de índice de grupo



Fuente: (M.Das, 2017)

Figura 8 Tabla AASTHO

Tabla 2.7: Clasificación de suelos sistema AASTHO. (a) Material granular; (b) Material fino.

DIVISIÓN GENERAL		Materiales Granulares (pasa menos del 35% por el tamiz ASTM #200)							Materiales Limo-arcillosos (más del 35% por el tamiz ASTM #200)					
GRUPO		A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7		
Subgrupo		A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (% que pasa por cada tamiz)														
Serie ASTM	#10	≤ 50												
	#40	≤ 30	≤ 50	≥ 51										
	#200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36
ESTADO DE CONSISTENCIA (de la fracción de suelo que pasa por el tamiz ASTM #40)														
Límite líquido		NP		≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41 (TP < LL-30)	≥ 41 (TP > LL-30)		
Índice de plasticidad				≤ 6	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≥ 11	
ÍNDICE DE GRUPO		0	0	0		≤ 4		≤ 8	≤ 12	≤ 20	≤ 20			
TIPOLOGÍA		Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos			
CALIDAD		EXCELENTE A BUENA						ACEPTABLE A MALA						

Fuente: Joyanne Cabellos

3.1.2. Cálculos de ensayo granulométrico del suelo

3.1.2.1 Primer muestra a 500m (Clasificación de suelos)

Contenido de humedad

Tabla 5 Tabla de contenido de humedad

# Tara	W de tara	W tara + suelo húmedo	W tara + suelo seco	W suelo seco	W suelo húmedo	Contenido de Humedad	Contenido de Humedad Promedio
	g	g	g	g	g	%	%
#3	8,33	32,49	28,88	20,55	24,16	17,57	17,50
#45	6,77	25,16	22,43	15,66	18,39	17,43	

Fuente: Autoría propia

Granulometría por lavado

Muestra Seca	unidad
150,0	gr

Tabla 6 Tabla de granulometría por lavado de la primera muestra

Tamiz	Abertura	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido acumulado	% Acumulado que pasa
N°	mm	g	%	%	%
#4	4,76	51,80	34,53	34,53	65,47
#10	2,00	16,40	10,93	45,47	54,53
#40	0,43	21,10	14,07	59,53	40,47
#200	0,07	28,70	19,13	78,67	21,33
FONDO	0,00	32,00	21,33	100,00	0,00

Fuente: Autoría Propia

- % Acumulado que pasa por tamiz N°200 mayor a 50% (**suelo fino**)
- % acumulado que pasa por tamiz N°200 mayor al 12% se trabaja solo con **carta de plasticidad**
- El % acumulado que pasa por tamiz N°4 es mayor al 50% es arena

LÍMITES DE ATTERBERG

Tabla 7 límite líquido de la primera muestra

# de Golpes (20-30)	W de tara	W tara + suelo húmedo	W tara + suelo seco	W suelo seco	W suelo húmedo	Contenido de Humedad	Promedio Humedad
	g	g	g	g	g	%	%
26	6,1	31,5	26,9	20,8	25,4	22,12	22,14
	6,4	31,2	26,7	20,3	24,8	22,17	

Fuente: Autoría propia

Utilizando la ecuación 3.6.1

$$LL = 22.25$$

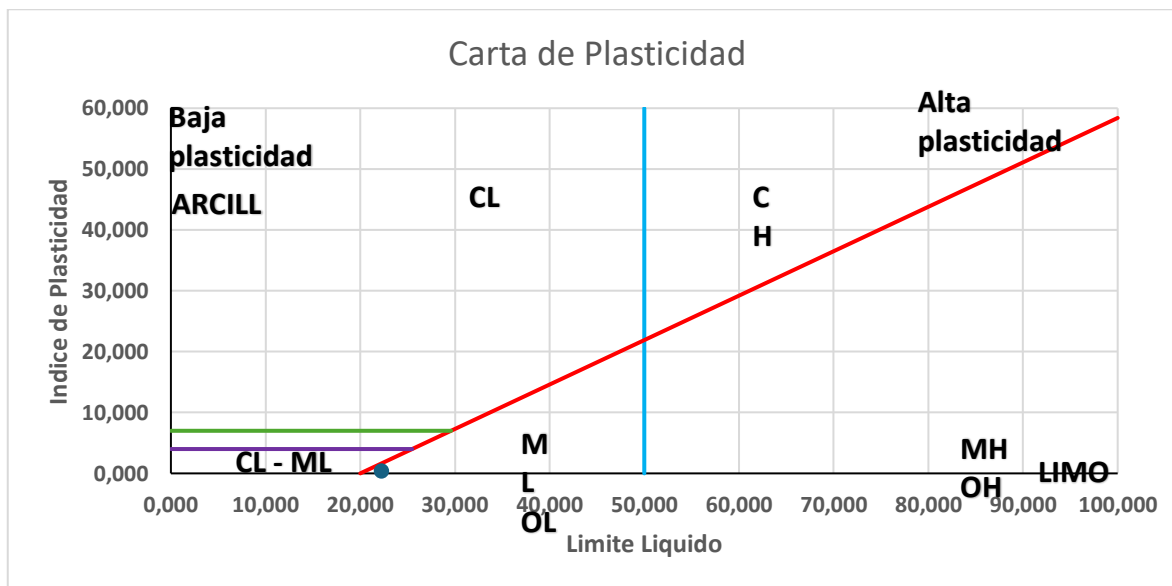
LÍMITE LÍQUIDO	22.25
LÍMITE PLÁSTICO	21,88
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	0,372

Tabla 8 Tabla de límite plástico de la primera muestra

Límite plástico						
# Tara	W de tara	W tara + suelo húmedo	W tara + suelo seco	W suelo seco	W suelo húmedo	Contenido de Humedad
	g	g	g	g	g	%
70	7,8	11,7	11	3,2	3,9	21,88
C1	6	9,9	9,2	3,2	3,9	21,88

Fuente: Autoría propia

Figura 9 Carta de plasticidad correspondiente a la primera muestra



Fuente: Autoría propia

Entra en la categoría de limo de baja plasticidad

Figura 10 Asignación del suelo

B.3) 12 % < Finos	
<u>Arenas</u>	<u>Gravas</u>
SM	GM
SC	GC

Fuente: CIVIL ENGINEERING TUTORIALES

CLASIFICACIÓN SUCS

Según la Figura 10 Asignación del suelo y de acuerdo a las consideraciones anteriores

SM (Arena limosa)

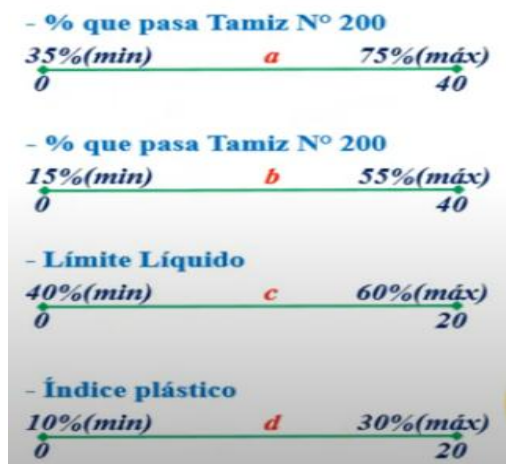
CLASIFICACIÓN AASTHO

Tabla 9 Límites de atterberg

LL	22,247
IP	0,372
N° 200	21,33

N° 200 entre 35 y 75%	-13,67
N° 200 entre 15 y 55%	6,33333333
LL entre 40 y 60%	-17,753
IP entre 10 y 30%	-9,628

Figura 11 Parámetros de IG



Fuente: CIVIL ENGINEERING TUTORIALES

Tabla 10 Parámetro de IG

a	0
b	6,33333333
c	0
d	0

Fuente: Autoría propia

De acuerdo a la fórmula 3.12

$$IG = 0$$

De acuerdo a la Figura 8 Tabla AASTHO y según la Figura 10 Asignación del suelo se orienta como:

Gravas y arenas limosas o arcillosas A-2-4 (0)

3.1.2.2 SEGUNDA MUESTRA a 1KM (Clasificación de suelos)

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tabla 11 Contenidos de humedad de la segunda muestra

# Tara	W de tara	W tara + suelo húmedo	W tara + suelo seco	W suelo seco	W suelo húmedo	Contenido de Humedad	Contenido de Humedad Promedio %
	g	g	g	g	g	%	
A3	7,8	30,54	26,56	18,76	22,74	21,22	20,96
A2	6,67	51,27	43,62	36,95	44,6	20,70	

Fuente: Autoría propia

Granulometría por lavado

Muestra Seca	unidad
150,0	gr

Tabla 12 Granulometría por lavado de la segunda muestra

Tamiz	Abertura	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido acumulado	% Acumulado que pasa
Nº	mm	g	%	%	%
#4	4,76	4,90	3,27	3,27	96,73
#10	2,00	2,70	1,80	5,07	94,93
#40	0,43	2,10	1,40	6,47	93,53
#200	0,07	3,70	2,47	8,93	91,07
FONDO	0,00	136,60	91,07	100,00	0,00

Fuente: Autoría propia

- % Acumulado que pasa por tamiz N°200 mayor a 50% (**suelo fino**)
- % acumulado que pasa por tamiz N°200 mayor al 12% se trabaja solo con **carta de plasticidad**
- El % acumulado que pasa por tamiz N°200 es mayor o igual al 50% no se considera suelo grueso

LÍMITES DE ATTERBERG

Tabla 13 Límite líquido de la segunda muestra

# de Golpes (20-30)	W de tara	W tara + suelo húmedo	W tara + suelo seco	W suelo seco	W suelo húmedo	Contenido de Humedad	Promedio Humedad
	g	g	g	g	g	%	%
25	8,3	22,1	17,1	8,8	13,8	56,82	56,74
	8,3	22,4	17,3	9	14,1	56,67	

Fuente: Autoría propia

Utilizando la ecuación 3.6.1

$$LL = 56,74$$

Tabla 14 Límite plástico de la segunda muestra

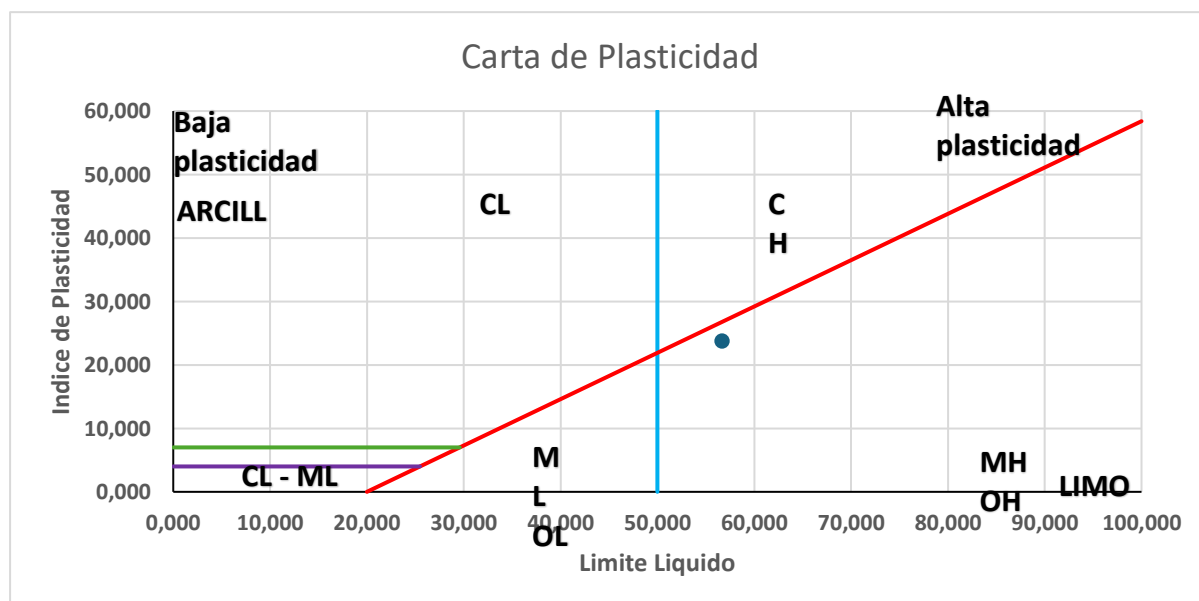
Límite plástico						
# Tara	W de tara	W tara + suelo húmedo	W tara + suelo seco	W suelo seco	W suelo húmedo	Contenido de Humedad
	g	g	g	g	g	%
A4	6,6	9,2	8,7	2,1	2,6	23,81
S2	6,7	9,4	8,6	1,9	2,7	42,11

Fuente: Autoría propia

De acuerdo a la fórmula 3.4 de contenido de humedad

LÍMITE PLÁSTICO	32,96
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	23,785

Figura 12 Carta de plasticidad de la segunda muestra



Fuente: Autoría propia

Entra en la categoría de limo de alta plasticidad

CLASIFICACIÓN SUCS

Según la Tabla 12 Granulometría por lavado de la segunda muestra el % acumulado que pasa en el tamiz N°200 es mayor al 50% se concluye la simbología así; ya que tiene cerca del 91% de suelo fino

MH (Limo de alta plasticidad)

CLASIFICACIÓN AASTHO

Tabla 15 Límites de Atteberg y variables de IG

LL	56,742
IP	23,785
N° 200	91,07

N° 200 entre 35 y 75%	56,07
N° 200 entre 15 y 55%	76,07
LL entre 40 y 60%	16,742
IP entre 10 y 30%	13,785

a	40
b	40
c	16,7424242
d	13,79

Fuente: Autoría propia

De acuerdo a la fórmula 3.12

$$IG = 16.86$$

De acuerdo a la Figura 8 Tabla AASTHO y según la Tabla 15 Límites de Atteberg y variables de IG y sobre todo índice de grupo se orienta como:

Suelo limosos A-7-5 (17)

3.1.2.3 TERCERA MUESTRA A 1.5KM (Clasificación de suelos)

Tabla 16 Contenido de humedad de la tercera muestra

# Tara	W de tara	W tara + suelo húmedo	W tara + suelo seco	W suelo seco	W suelo húmedo	Contenido de Humedad	Contenido de Humedad Promedio
	g	g	g	g	g	%	%
72	8,26	39,16	32,42	24,16	30,9	27,90	27,72
D2	6,74	25,31	21,3	14,56	18,57	27,54	

Fuente: Autoría propia

Granulometría por lavado

Muestra Seca	unidad
150,0	gr

Tabla 17 Granulometría de la tercera muestra

Tamiz	Abertura	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido acumulado	% Acumulado que pasa
N°	mm	g	%	%	%
#4	4,76	25,30	16,87	16,87	83,13
#10	2,00	13,10	8,73	25,60	74,40
#40	0,43	13,20	8,80	34,40	65,60
#200	0,07	7,70	5,13	39,53	60,47
FONDO	0,00	90,70	60,47	100,00	0,00

Fuente: Autoría propia

- % Acumulado que pasa por tamiz N°200 mayor a 50% (**suelo fino**)
- % acumulado que pasa por tamiz N°200 mayor al 12% se trabaja solo con **carta de plasticidad**
- El % acumulado que pasa por tamiz N°200 es mayor o igual al 50% no se considera suelo grueso

LÍMITES DE ATTERBERG

Tabla 18 Límite líquido de la tercera muestra

# de Golpes (20-30)	W de tara	W tara + suelo húmedo	W tara + suelo seco	W suelo seco	W suelo húmedo	Contenido de Humedad	Promedio Humedad
	g	g	g	g	g	%	%
25	6,7	25,3	20,2	13,5	18,6	37,78	37,91
	8,3	30,8	24,6	16,3	22,5	38,04	

Fuente: Autoría propia

Utilizando la ecuación 3.6.1

$$LL = 37,91$$

Tabla 19 Límite plástico de la tercera muestra

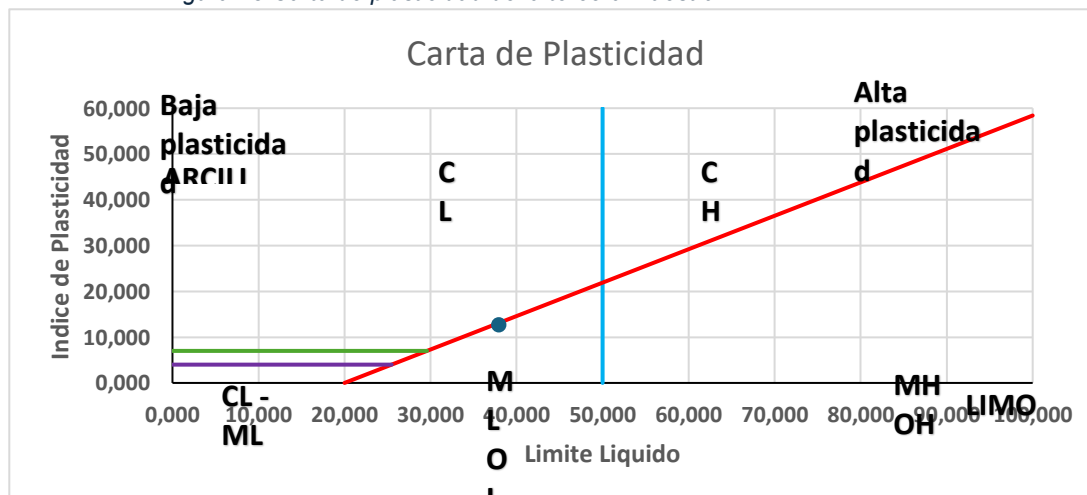
Límite plástico						
# Tara	W de tara	W tara + suelo húmedo	W tara + suelo seco	W suelo seco	W suelo húmedo	Contenido de Humedad
	g	g	g	g	g	%
71	6,6	11,6	10,6	4	5	25,00
BX	8,3	13,2	12,2	3,9	4,9	25,64

Fuente: Autoría propia

De acuerdo a la fórmula 3.4 de contenido de humedad

LÍMITE PLÁSTICO	25,32
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	12,587

Figura 13 Carta de plasticidad de la tercera muestra



Entra en la categoría de limo de baja plasticidad

Fuente: Autoría propia

CLASIFICACIÓN SUCS

Según la Tabla 17 Granulometría de la tercera muestra el % acumulado que pasa en el tamiz N°200 es mayor al 50% se concluye la simbología de esta manera y como el contenido de grava y arena es mayor al 15% según el % de peso retenido se concluye:

MH (Limo de baja plasticidad, arenoso y gravoso)

CLASIFICACIÓN AASTHO

Tabla 20 límites de atterberg y variables de IG

LL	37,907
IP	12,587
N° 200	60,47

N° 200 entre 35 y 75 %	25,47
N° 200 entre 15 y 55 %	45,47
LL entre 40 y 60 %	-2,093
IP entre 10 y 30 %	2,587

a	25,4666667
b	40
c	0
d	2,59

Fuente: Autoría propia

De acuerdo a la fórmula 3.12

$$\mathbf{IG = 6.13}$$

De acuerdo a la Figura 8 Tabla AASTHO y según la Tabla 20 límites de atterberg y variables de IG se orienta como:

Suelo limosos A-4 (6)

3.2. ENSAYO DE COMPACTACIÓN

El ensayo de compactación también llamado como Proctor es un procedimiento de laboratorio utilizado para determinar la relación entre el contenido de humedad y la densidad seca de un suelo sometido a un esfuerzo de compactación específico. Su principal objetivo es establecer el contenido de humedad óptimo (CHO) y la densidad seca máxima (DSM), parámetros esenciales para garantizar que los suelos utilizados en terraplenes, subrasantes y otras obras de infraestructura alcancen la resistencia y estabilidad requeridas. Este ensayo permite reproducir en laboratorio las condiciones de compactación que se aplicarán en campo, contribuyendo a mejorar la capacidad portante del suelo y a reducir los asentamientos y deformaciones futuras, tomado de (ASTM, 2024).

Pasos del ensayo de compactación (Proctor modificado)

- Preparar una muestra representativa del suelo, eliminando partículas de gran tamaño de acuerdo con el tamiz 3/4' y desintegrando los terrones sin alterar el tamaño natural de las partículas.
- Agregar una cantidad conocida de agua a la muestra y mezclar hasta obtener una humedad uniforme en todo el material
- Ensamblar y pesar el molde de compactación con su base, verificando que se encuentre limpio y en condiciones adecuadas para el ensayo.
- Colocar el suelo dentro del molde en **cinco capas de igual espesor**.
- Compactar cada capa aplicando **56 golpes** uniformemente distribuidos con un **martillo de 4,54 kg**, dejándolo caer desde una altura de **457 mm (18 pulgadas)**.
- Retirar el collar de extensión y enrasar la superficie del suelo compactado hasta dejarla al nivel del borde superior del molde.
- Pesar el molde con el suelo compactado para determinar la masa húmeda del material.

- Extraer una muestra representativa del suelo compactado y determinar su contenido de humedad mediante el ensayo correspondiente.
- Repetir el procedimiento con diferentes contenidos de humedad hasta obtener suficientes puntos para construir la curva de compactación.
- Calcular la **densidad seca** correspondiente a cada contenido de humedad y elaborar la curva de compactación, de la cual se determina la **densidad seca máxima (DSM)** y el **contenido de humedad óptimo (CHO)**, tomado de (ASTM, 2024)

3.2.1. Fórmulas a utilizar

Peso de agua $W_w = W_{tara+muestra\ húmeda} - W_{tara+muestra\ seca}$ (3.13)

Peso muestra seca $W_s = W_{tara+muestra\ seca} - W_{tara}$ (3.14)

% humedad $\%w = \frac{W_w}{W_s} \times 100$ (3.15)

Peso del suelo $W_m = W_{suelo+molde} - W_{molde}$ (3.16)

Densidad húmeda ($\frac{g}{cm^3}$) $\gamma_m = \frac{W_m}{V_{molde}}$ (3.17)

Densidad Seca γ_d ($\frac{g}{cm^3}$) $\gamma_d = \frac{\gamma_m}{100 + \%w} \times 100$ (3.18)

3.2.2. CÁLCULOS DE ENSAYO DE COMPACTACIÓN

3.2.2.1. PRIMER MUESTRA A 500M (Compactación)

Material:	Primer saco
Método:	ASTM D-1557
Peso del Pizon:	10,0 Lbs
Altura de caída:	18 Pulg
Numero de capas:	5
Nº de golpes por capas:	56

Datos de Molde	
Altura:	11,61 cm
Diámetro:	15,193 cm
Volumen:	2104,9733 cm ³
Peso del Molde:	6572 g

Determinación del contenido de humedad

De acuerdo a la fórmula 3.13 a la 3.15 se calcula el % de humedad

Tabla 21 Determinación de humedad promedio primera muestra

MUESTRA	1		2		3		4	
Peso de tara (g)	7,53	8,4	8,62	8,38	6,8	7,8	7,6	7
peso de tara + muestra Húmeda (g)	61,4	80	51,9	51,53	81,4	86,6	35,4	41,4
peso de tara + muestra seca (g)	58,4	76,4	49,27	48,73	75,3	80,2	32,7	38,1
peso de agua (g)	3	3,6	2,63	2,8	6,1	6,4	2,7	3,3
Peso muestra seca(g)	50,87	68	40,65	40,35	68,5	72,4	25,1	31,1
% humedad	5,90	5,29	6,47	6,94	8,91	8,84	10,76	10,61
% humedad promedio	5,60		6,70		8,87		10,68	

Fuente: Autoría propia

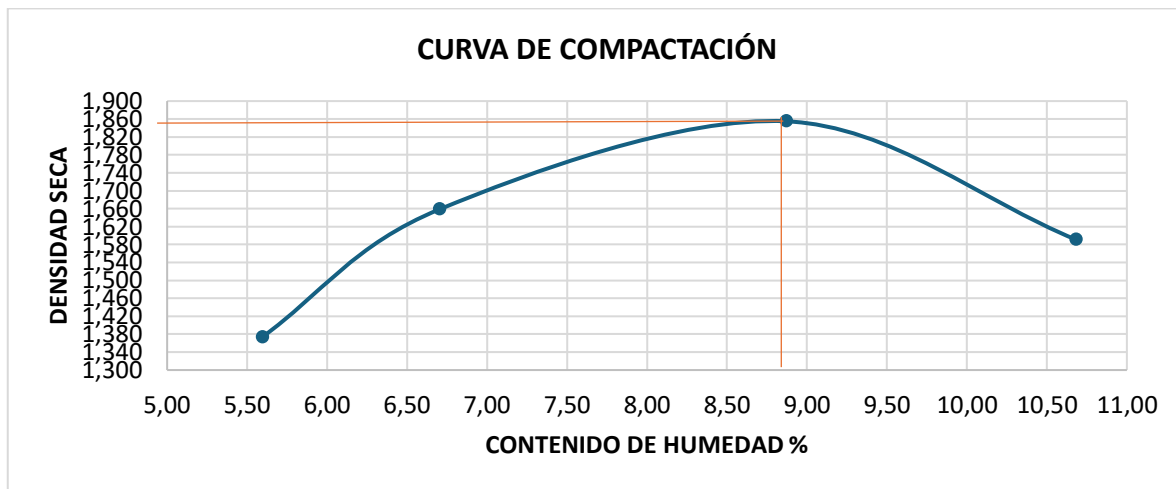
Datos para la curva

De acuerdo a las fórmulas 3.16 a la 3.18 se calcula la densidad húmeda y densidad seca

Tabla 22 Densidad humedad y densidad seca primera muestra

MUESTRA	1	2	3	4
Contenido de humedad %	5,60	6,70	8,87	10,68
Peso del suelo + molde (g)	9626 g	10298 g	10823 g	10278 g
Peso del molde (g)	6572,0 g	6572,0 g	6572,0 g	6572,0 g
peso del suelo (Wm) (g)	3054,0 g	3726,0 g	4251,0 g	3706,0 g
Densidad Húmeda γ_m (g/cm³)	1,451	1,770	2,020	1,761
Densidad Seca γ_d (g/cm³)	1,374	1,659	1,855	1,591

Figura 14 Curva de compactación



Fuente: Autoría propia

Según la curva de compactación se calcula:

Max Densidad Sc: 1,855 g/cm³

Hum Op: 8,9%

3.2.2.2. SEGUNDA MUESTRA A 1KM (Compactación)

Material:	Primer saco
Método:	ASTM D-1557
Peso del Pizon:	10,0 Lbs
Altura de caída:	18 Pulg
Numero de capas:	5
N° de golpes por capas:	56

Datos de Molde	
Altura:	11,61 cm
Diámetro:	15,193 cm
Volumen:	2104,9733 cm ³
Peso del Molde:	6066,2 g

Determinación del contenido de humedad

Tabla 23 Determinación de contenido de humedad de la segunda muestra

MUESTRA	1		2		3		4	
Peso de tara (g)	8,2	7	8,2	8,6	8,1	7,47	8,36	6,34
peso de tara + muestra Humeda (g)	75,6	94,4	89,4	85,8	42,76	41,46	41,68	42,32
peso de tara + muestra seca (g)	68,5	86,08	80,41	77,4	38,2	37,63	36,73	37,18
peso de agua (g)	7,1	8,32	8,99	8,4	4,56	3,83	4,95	5,14
Peso muestra seca(g)	60,3	79,08	72,21	68,8	30,1	30,16	28,37	30,84
% humedad	11,77	10,52	12,45	12,21	15,15	12,70	17,45	16,67
% humedad promedio	11,15		12,33		13,92		17,06	

Fuente: Autoría propia

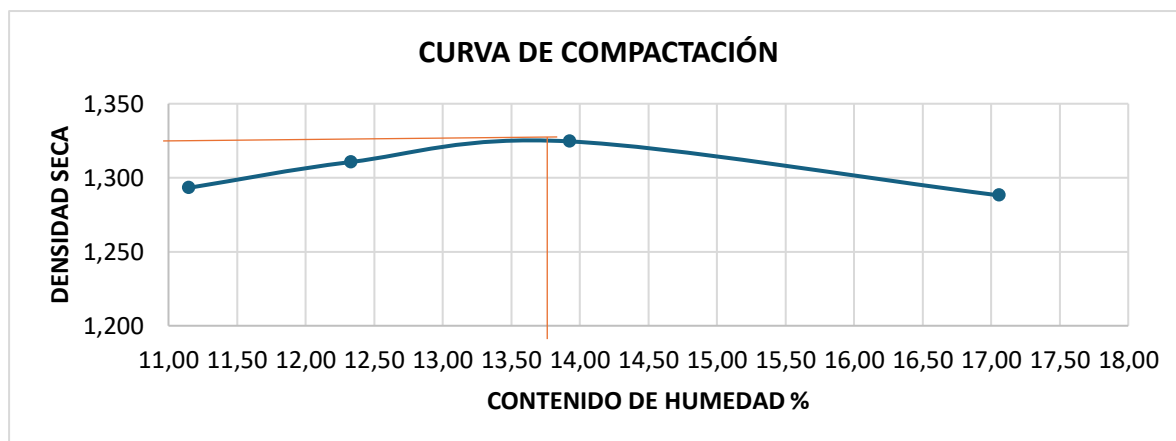
Datos para la curva

Tabla 24 Densidad húmeda y densidad secade la segunda muestra

MUESTRA	1	2	3	4
Contenido de humedad %	11,15	12,33	13,92	17,06
Peso del suelo + molde (g)	9092 g	9165 g	9243 g	9240 g
Peso del molde (g)	6066,2 g	6066,2 g	6066,2 g	6066,2 g
peso del suelo (Wm) (g)	3025,6 g	3099,0 g	3176,4 g	3173,9 g
Densidad Húmeda γ_m (g/cm³)	1,437	1,472	1,509	1,508
Densidad Seca γ_d (g/cm³)	1,293	1,311	1,325	1,288

Fuente: Autoría propia

Tabla 25 Curva de compactación de la segunda muestra



Fuente: Autoría propia

Max Densidad Sc: 1,325 g/cm³

Hum Op: 13,75 %

3.2.2.3. TERCER MUESTRA A 1.5KM (Compactación)

Material:	3er saco
Método:	ASTM D-1557
Peso del Pizon:	10,0 Lbs
Altura de caída:	18 Pulg
Numero de capas:	5
Nº de golpes por capas:	56

Datos de Molde	
Altura:	11,6 cm
Diámetro:	15,2 cm
Volumen:	2115,77 cm³
Peso del Molde:	6069,8 g

Determinación del contenido de humedad

Tabla 26 Determinación de contenido de humedad de la segunda muestra

MUESTRA	1		2		3		4		5	
Peso de tara (g)	6,22	7,74	6,23	7,52	6,39	8,39	7,96	8,22	7,53	6,48
peso de tara + muestra Húmeda (g)	44,27	39,69	42,38	46,66	53,33	49,5	48,75	52,58	43,91	51,71
peso de tara + muestra seca (g)	40,72	36,54	38,26	42,23	47,34	43,7	42,62	46,03	37,86	44,4
peso de agua (g)	3,55	3,15	4,12	4,43	5,99	5,8	6,13	6,55	6,05	7,31
Peso muestra seca(g)	34,5	28,8	32,03	34,71	40,95	35,31	34,66	37,81	30,33	37,92
% humedad	10,29	10,94	12,86	12,76	14,63	16,43	17,69	17,32	19,95	19,28
% humedad promedio	10,61		12,81		15,53		17,50		19,61	

Fuente: Autoría propia

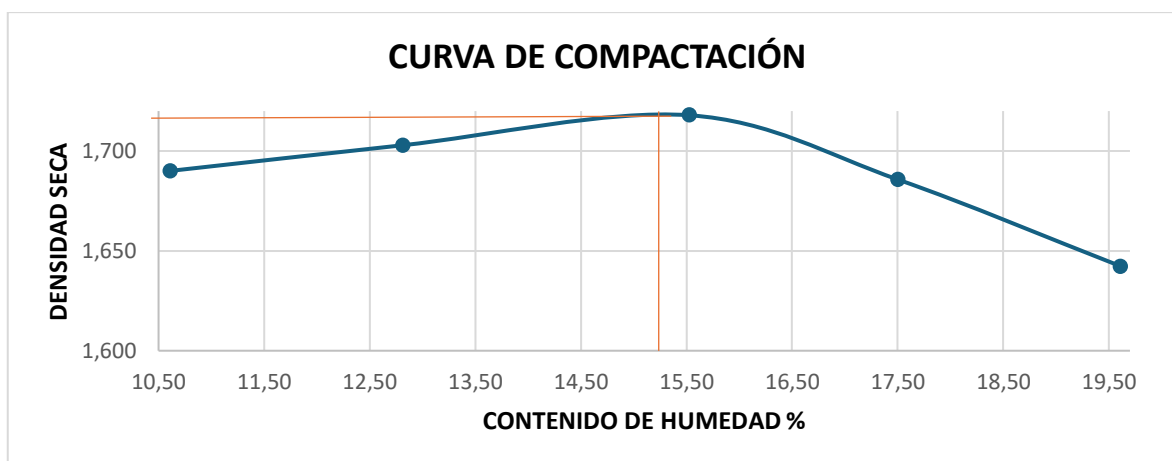
Datos para la curva

Tabla 27 Densidad húmeda y densidad seca de la segunda muestra

MUESTRA	1	2	3	4	5
Contenido de humedad %	10,61	12,81	15,53	17,50	19,61
Peso del suelo + molde (g)	10001 g	10110 g	10244 g	10236 g	10201 g
Peso del molde (g)	6066,2 g	6066,2 g	6066,2 g	6066,2 g	6066,2 g
peso del suelo (Wm) (g)	3935,1 g	4043,8 g	4177,6 g	4169,4 g	4135,0 g
Densidad Húmeda γ_m (g/cm ³)	1,869	1,921	1,985	1,981	1,964
Densidad Seca γ_d (g/cm ³)	1,690	1,703	1,718	1,686	1,642

Fuente: Autoría propia

Figura 15 Curva de compactación de la segunda muestra



Fuente: Autoría propia

Max Densidad Sc: 1,718 g/cm³

Hum Op: 15,30 %

3.3. ENSAYO DE PENETRACIÓN

El Ensayo de Relación de Soporte de California (California Bearing Ratio, CBR) es un método de laboratorio utilizado para evaluar la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo mediante la medición de la carga necesaria para que un pistón normalizado penetre una muestra compactada a una velocidad constante. El valor obtenido se expresa como un porcentaje al comparar la carga medida con una carga patrón establecida, constituyendo uno de los principales parámetros para el diseño de pavimentos flexibles, tomado de (ASTM, 2024)

3.4. PROCEDIMEINTOS DEL ENSAYO DE PENETRACIÓN

La preparación de las probetas para el ensayo CBR requiere compactar el suelo al contenido óptimo de humedad y a la densidad especificada mediante un procedimiento normalizado. Dependiendo del objetivo del ensayo, las muestras pueden ensayarse inmediatamente o someterse a un período de inmersión para evaluar el comportamiento del suelo bajo condiciones de saturación, tomado de (ASTM, 2024).

Una vez compactadas las probetas, los moldes se colocan en inmersión durante 96 horas (4 días) con las sobrecargas correspondientes para simular las condiciones más desfavorables de humedad que puede experimentar el suelo en servicio. Durante este período se registra la expansión de la muestra mediante un reloj comparador, permitiendo evaluar su comportamiento frente a la saturación, tomado de (ASTM, 2024).

Finalizado el período de inmersión, la muestra se somete al ensayo de penetración mediante un pistón de 50 mm de diámetro, el cual avanza a una velocidad constante de 1,27 mm/min. Durante la prueba se registran simultáneamente la penetración y la carga aplicada, datos con los cuales posteriormente se calcula el valor del CBR, tomado de (ASTM, 2024).

Figura 16 Dial y datos para esponjamiento



Fuente: Autoría propia

Figura 17 CBR tester para la lectura dial



Fuente: Autoría propia

3.4.1. FÓRMULAS PARA EL ENSAYO DE PENETRACIÓN

Se utiliza la fórmula 3.13 a la 3.18 para calcular el contenido de humedad, densidad seca y densidad húmeda.

La cantidad de agua requerida es la humedad óptima del Proctor.

El esfuerzo en los cálculos de carga- deformación está en base a la Figura 18
Esfuerzo en lb/in² en base al valor de la carga necesaria para el cálculo de %CBR

Figura 18 Esfuerzo en lb/in² en base al valor de la carga

Fuente: Load Mesuring Ring

$$\text{Esponjamiento mm} \quad \text{Esp (mm)} = \text{Dial (0,01")} \times 0,0254 \quad (3.19)$$

Altura de la muestra = 11.20cm para la muestra de 12 y 56 golpes, y 11.10cm para la muestra de 25 golpes

$$\text{Esponjamiento \%} \quad \text{Esp (\%)} = \frac{\text{Esp (mm)}}{\text{altura de la muestra}} \times 100 \quad (3.20)$$

3.4.1.1. VALOR DE CBR

El valor del CBR representa la relación porcentual entre la carga o el esfuerzo medido durante el ensayo y la carga patrón correspondiente a una penetración determinada. Habitualmente se calcula para penetraciones de 2,5 mm (0,1 in) y 5,0 mm (0,2 in), adoptándose generalmente el valor correspondiente a 2,5 mm, salvo que el obtenido a 5,0 mm sea mayor, tomado de (Villalaz C. C., 2004)

$$\% \text{ CBR} = \frac{\text{Carga o esfuerzo corregido}}{\text{Carga normal}} \times 100 \quad (3.21)$$

$$\%CBR \text{ CORREGIDO} = \frac{\text{Esfuerzo}}{\text{Penetración} \left(\frac{\text{lb}}{\text{in}}\right)} \times \text{Penetración (in)} \quad (3.22)$$

3.4.2. Cálculos de penetración

3.4.2.1 Cálculos de penetración para la primera muestra

Datos de Molde 12		Datos de Molde 25		Datos de Molde 56		Datos de muestra	
Altura:	11,20 cm	Altura:	11,10 cm	Altura:	11,20 cm	Peso Muestra seca:	18000 gr
Diámetro:	16,30 cm	Diámetro:	16,30 cm	Diámetro:	16,70 cm	Numero de capas:	5
Volumen:	2337,13 cm ³	Volumen:	2316,26 cm ³	Volumen:	2453,24 cm ³	% humedad óptima:	10,57%
Peso:	7591,6 gr	Peso:	7058,8 gr	Peso:	8039,0 gr	Cantidad de agua req.:	1902,60 cm ³

Tabla 28 Contenido de humedad y densidad húmeda-seca de la primera muestra

Contenido de Humedad %							DENSIDAD HUMEDA - SECA						
# de Golpes	12		25		56		# de Golpes	12		25		56	
Posición	Up	Down	Up	Down	Up	Down	Condición	Antes de sat.	Después de sat.	Antes de sat.	Después de sat.	Antes de sat.	Después de sat.
W de tara (g)	8,4	6,8	8,2	8,4	8,2	8,4	W del molde	7591,60	7591,60	7058,84	7058,84	8039,00	8039,00
W tara + suelo húmedo (g)	69,2	83,2	69,6	70,6	66,4	67,4	W molde + suelo húmedo	11500,00	11800,00	11500,00	11670	13150,00	13200
W tara + suelo seco (g)	62,93	77,05	63,98	64,96	61,49	61,07	W suelo húmedo	3908,40	4208,40	4441,16	4611,16	5111,00	5161,00
W suelo seco (g)	54,53	70,25	55,78	56,56	53,29	52,67	Volumen del suelo	2337,13	2337,13	2316,26	2316,26	2453,24	2453,24
W suelo húmedo (g)	60,8	76,4	61,4	62,2	58,2	59	Densidad Húmeda	1,67	1,80	1,92	1,99	2,08	2,10
peso del agua (g)	6,27	6,15	5,62	5,64	4,91	6,33	Densidad seca gr/cm ³	1,533	1,651	1,757	1,825	1,901	1,920
Contenido de Humedad %	9,05		9,11		9,59								

Fuente: Autoría propia

Nota: Es idéntico los cálculos de densidad húmeda y seca y contenido de humedad a la del Proctor.

Tabla 29 Moldes y carga- deformación de la primera muestra

CARGA - DEFORMACIÓN											
PENETRACION		Área del pistón (mm ²)	Molde 1			Molde 2			Molde 3		
Lectura de dial	Carga patrón		12 Golpes			25 Golpes			56 Golpes		
In	kLb/in		Lectura dial	Carga(kgf)	Esfuerzo (Lb/in ²)	Lectura dial	Carga(kgf)	Esfuerzo (Lb/in ²)	Lectura dial	Carga(kgf)	Esfuerzo (Lb/in ²)
0,025		1947,82	27	44,44	32,45	35	57,61	42,07	75	123,45	90,15
0,050			35	57,61	42,07	73	120,16	87,74	90	148,14	108,17
0,075			42	69,13	50,48	103	169,54	123,80	115	189,3	138,23
0,100	1,000		49	80,65	58,89	133	218,93	159,87	149	245,26	179,09
0,125			63	103,7	75,72	156	256,79	187,51	110	181,06	132,21
0,150			72	118,51	86,54	179	294,65	215,16	94	154,73	112,99
0,175			85	139,91	102,16	198	325,92	237,99	80	131,68	96,15
0,200	1,500		119	195,88	143,03	212	348,97	254,82	245	403,41	294,58
0,300			132	217,28	158,66	298	494,01	360,73	68	111,93	81,73
0,400			156	256,79	187,51	374	623,93	455,60	84	138,27	100,97
0,500			167	274,89	200,73	425	711,11	519,26	110	181,06	132,21

Fuente: Autoría propia

Nota: A partir de CBR Tester se toma la lectura dial y la carga y según la figura 3.4.3 salen los esfuerzos en lb/in²

Tabla 30 Datos de esponjamiento de la primera muestra

DATOS DE ESPONJAMIENTO													
Fecha	Tiempo (h)	Muestra de 12 Golpes				Muestra de 25 Golpes				Muestra de 56 Golpes			
		Altura de muestra	Dial (0,01")	Esponjamiento		Altura de muestra	Dial (0,01")	Esponjamiento		Altura de muestra	Dial (0,01")	Esponjamiento	
				mm	%			mm	%			mm	%
5/5/2026	1	11,20 cm	2,00	0,051	0,045	11,10 cm	0	0,000	0,000	11,20 cm	0	0,000	0,000
5/5/2026	2	11,20 cm	5,00	0,127	0,113	11,10 cm	0	0,000	0,000	11,20 cm	1,9	0,048	0,043
5/5/2026	4	11,20 cm	8,00	0,203	0,181	11,10 cm	0,00	0,000	0,000	11,20 cm	3,00	0,076	0,068
5/5/2026	8	11,20 cm	8,93	0,227	0,202	11,10 cm	0,475	0,012	0,011	11,20 cm	4,975	0,126	0,113
5/5/2026	12	11,20 cm	9,85	0,250	0,223	11,10 cm	0,95	0,024	0,022	11,20 cm	6,95	0,177	0,158
6/5/2026	24	11,20 cm	9,90	0,251	0,225	11,10 cm	1,00	0,025	0,023	11,20 cm	7,00	0,178	0,159
7/5/2026	48	11,20 cm	10,00	0,254	0,227	11,10 cm	1,10	0,028	0,025	11,20 cm	7,10	0,180	0,161
8/5/2026	72	11,20 cm	10,10	0,257	0,229	11,10 cm	2,2	0,056	0,050	11,20 cm	7,2	0,183	0,163
9/5/2025	96	11,20 cm	11,00	0,279	0,249	11,10 cm	3,3	0,084	0,076	11,20 cm	7,4	0,188	0,168

Fuente: Autoría propia

Nota: El Dial (0.01") son las tomas de lecturas cada cierto tiempo en horas de los 3 moldes sumergidos

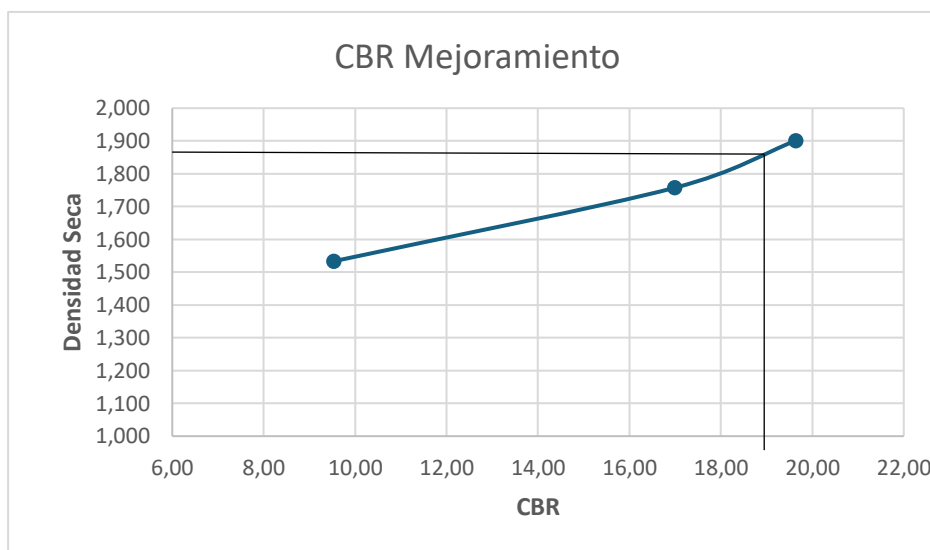
Tabla 31 CBR corregido de la primera muestra

CBR corregido							
PENETRACION		Molde 1		Molde 2		Molde 3	
		15 Golpes		25 Golpes		56 Golpes	
In	Lb/in	Lb/in ²	%	Lb/in ²	%	Lb/in ²	%
0,100	1,000	58,89	5,89	159,87	15,99	179,09	17,91
0,200	1,500	143,03	9,54	254,82	16,99	294,58	19,64
PROMEDIO		9,54		16,99		19,64	

Fuente: Autoría propia

Nota: Según la Tabla 31 CBR corregido de la primera muestra se escoge los esfuerzos a 1 lb/in y 1.5 lb/in de penetración y el % CBR corregido de cada molde con la fórmula (3.22). En el promedio se escoge el valor mayor en % CBR corregido

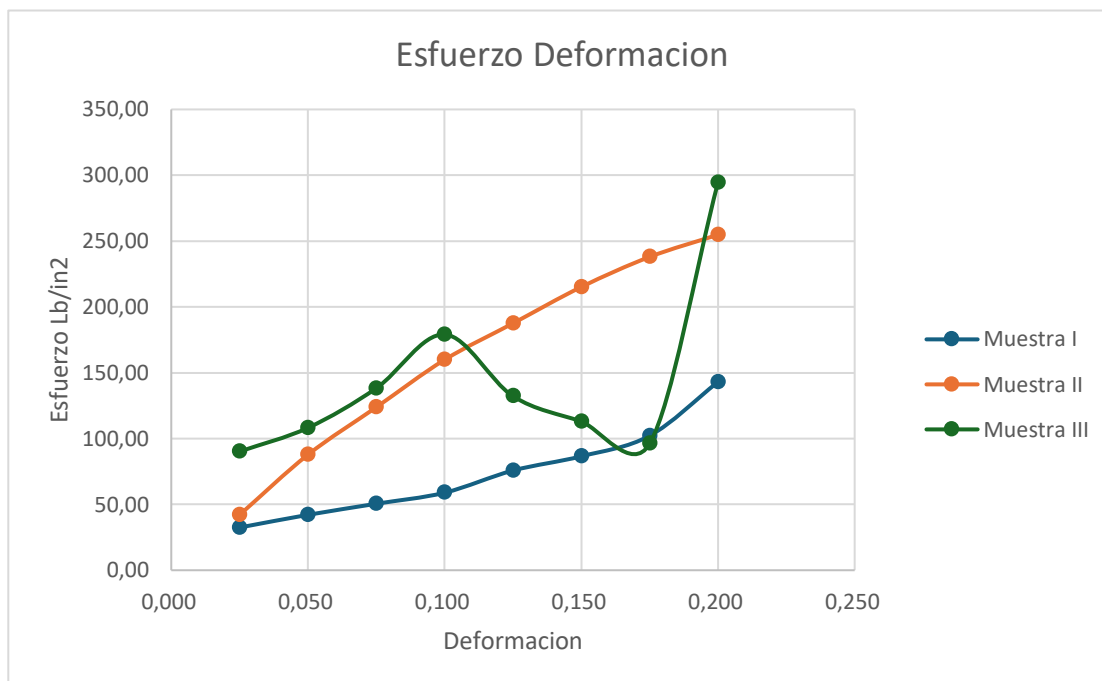
Figura 19 Elección de densidad seca máxima y CBR de la primera muestra



Fuente: Autoría propia

Nota: Tenemos la densidad seca máxima del Proctor que es 1.855. Con la curva se determina el CBR DE 18.87

Figura 20 Gráfica esfuerzo- deformación de la primera muestra



Fuente: Autoría propia

Tabla 32 CBR y densidad seca máxima de la primera muestra

Densidad seca	CBR	Densidad seca Máxima
gr/cm³	%	gr/cm³
1,533	9,54	1,855
1,757	16,99	CBR:
1,901	19,64	CBR (95%)
		18,87
		16,27

Fuente: Autoría propia

Nota: La densidad seca máxima de la Tabla 22 Densidad humedad y densidad seca primera muestra coincide con la densidad seca del Proctor

3.4.2.2 Cálculos de penetración para la segunda muestra

Tabla 33 Contenido de humedad % y densidad húmeda-seca de la segunda muestra

DATOS							
Datos de Molde 12		Datos de Molde 25		Datos de Molde 56		Datos de muestra	
Altura:	11,50 cm	Altura:	11,40 cm	Altura:	11,10 cm	Peso Muestra seca:	18500 gr
Diámetro:	16,70 cm	Diámetro:	16,10 cm	Diámetro:	16,10 cm	Numero de capas:	5
Volumen:	2518,96 cm³	Volumen:	2320,85 cm³	Volumen:	2259,77 cm³	% humedad óptima:	12,70%

Peso:	7846,6 gr	Peso:	6898,2 gr	Peso:	7998,8 gr	Cantidad de agua req.:	2349,50 cm ³
--------------	-----------	--------------	-----------	--------------	-----------	-------------------------------	-------------------------

Fuente: Autoría propia

Tabla 34 Carga- deformación de la segunda muestra

Contenido de Humedad %							DENSIDAD HUMEDA - SECA						
# de Golpes	12		25		56		# de Golpes	12		25		56	
Posición	Up	Down	Up	Down	Up	Down	Condición	Antes de sat.	Después de sat.	Antes de sat.	Después de sat.	Antes de sat.	Después de sat.
W de tara (g)	7	6,8	8,3	8,3	7	6,8	W del molde	7846,60	7846,60	6898,20	6898,20	7998,80	7998,80
W tara + suelo húmedo (g)	47,1	52,6	51,3	57,4	56,9	56,9	W molde + suelo húmedo	11555,20	12100,00	10441,80	10700	11555,20	11700
W tara + suelo seco (g)	36,2	40,2	39	47,1	45,1	52,35	W suelo húmedo	3708,60	4253,40	3543,60	3801,80	3556,40	3701,20
W suelo seco (g)	29,2	33,4	30,7	38,8	38,1	45,55	Volumen del suelo	2518,96	2518,96	2320,85	2320,85	2259,77	2259,77
W suelo húmedo (g)	40,1	45,8	43	49,1	49,9	50,1	Densidad Húmeda	1,47	1,69	1,53	1,64	1,57	1,64
peso del agua (g)	10,9	12,4	12,3	10,3	11,8	4,55	Densidad seca gr/cm ³	1,158	1,328	1,226	1,315	1,353	1,408
Contenido de Humedad %	27,12		24,54		16,35								

CARGA - DEFORMACIÓN										
PENETRACION		Área del pistón (mm ²)	Molde 1			Molde 2			Molde 3	
Lectura de dial	Carga patrón kLb/in		12 Golpes			25 Golpes			56 Golpes	
In			Lectura dial	Carga(kgf)	Esfuerzo (Lb/in ²)	Lectura dial	Carga(kgf)	Esfuerzo (Lb/in ²)	Lectura dial	Esfuerzo (Lb/in ²)
0,025		1947,82	7	11,52	8,41	16	26,33	19,23	12	19,75
0,050			9	14,81	10,81	17	27,98	20,43	16	26,33
0,075			11	18,1	13,22	18	29,62	21,63	18	29,62
0,100	1,000		13	21,39	15,62	19	31,27	22,83	20	32,92
0,125			16	26,33	19,23	22	36,21	26,44	24	39,5
0,150			21	34,56	25,24	24	39,5	28,84	26	42,79
0,175			23	37,86	27,65	26	42,79	31,25	28	46,09
										33,66

0,200	1,500		27	44,44	32,45	27	44,44	32,45	30	49,38	36,06
0,300			29	47,73	34,85	32	52,67	38,46	34	55,96	40,86
0,400			33	54,32	39,67	39	64,19	46,87	39	64,19	46,87
0,500			38	62,55	45,68	45	74,07	54,09	43	70,78	51,68

Fuente: Autoría propia

Tabla 35 Datos de esponjamiento de la segunda muestra

DATOS DE ESPONJAMIENTO													
Fecha	Tiempo (h)	Muestra de 12 Golpes				Muestra de 25 Golpes				Muestra de 56 Golpes			
		Altura de muestra	Dial (0,01")	Esponjamiento		Altura de muestra	Dial (0,01")	Esponjamiento		Altura de muestra	Dial (0,01")	Esponjamiento	
				mm	%			mm	%			mm	%
5/5/2026	1	11,50 cm	110,00	2,794	2,430	11,40 cm	114	2,896	2,540	11,10 cm	293	7,442	6,705
5/5/2026	2	11,50 cm	158,20	4,018	3,494	11,40 cm	162	4,115	3,609	11,10 cm	323,3	8,212	7,398
5/5/2026	4	11,50 cm	203,60	5,171	4,497	11,40 cm	228,22	5,797	5,085	11,10 cm	380,76	9,671	8,713
5/5/2026	8	11,50 cm	294,40	7,478	6,502	11,40 cm	360,67	9,161	8,036	11,10 cm	495,67	12,590	11,342
5/5/2026	12	11,50 cm	296,55	7,532	6,550	11,40 cm	364	9,246	8,110	11,10 cm	509,5	12,941	11,659
6/5/2026	24	11,50 cm	303,00	7,696	6,692	11,40 cm	374,00	9,500	8,333	11,10 cm	551,00	13,995	12,608
7/5/2026	48	11,50 cm	315,90	8,024	6,977	11,40 cm	394,00	10,008	8,779	11,10 cm	634,00	16,104	14,508
8/5/2026	72	11,50 cm	321,20	8,158	7,094	11,40 cm	400	10,160	8,912	11,10 cm	648,5	16,472	14,840
9/5/2026	96	11,50 cm	332,00	8,433	7,333	11,40 cm	413,5	10,503	9,213	11,10 cm	662	16,815	15,148

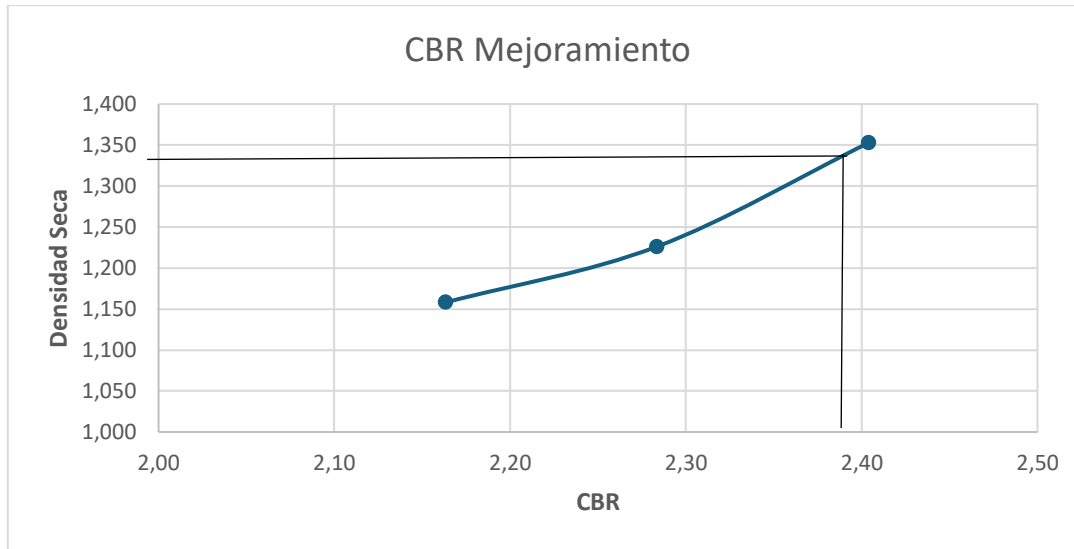
Fuente: Autoría propia

Tabla 36 CBR corregido de la segunda muestra

CBR corregido							
PENETRACION		Molde 1		Molde 2		Molde 3	
		15 Golpes		25 Golpes		56 Golpes	
In	Lb/in	Lb/in ²	%	Lb/in ²	%	Lb/in ²	%
0,100	1,000	15,62	1,56	22,83	2,28	24,04	2,40
0,200	1,500	32,45	2,16	32,45	2,16	36,06	2,40
PROMEDIO		2,16		2,28		2,40	

Fuente: Autoría propia

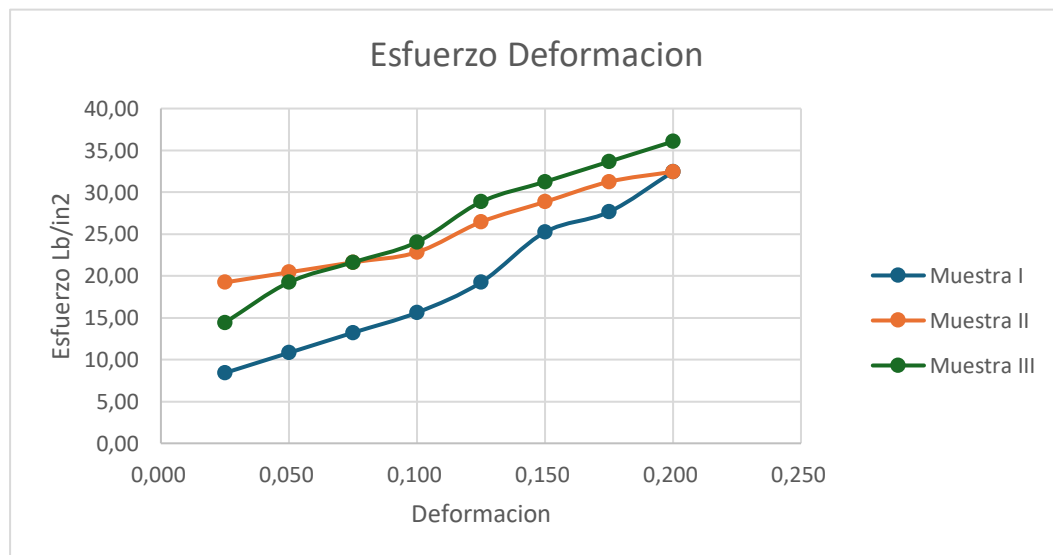
Figura 21 Elección de densidad seca máxima y CBR de la segunda muestra



Fuente: Autoría propia

Nota: Tenemos la densidad seca máxima en la Figura 23 y buscamos el valor de CBR en (x). Conforme a la curva se determina con un valor de 2.38

Figura 22 Gráfica Esfuerzo- Deformación de la segunda muestra



Fuente: Autoría propia

Figura 23 Densidad seca máxima y CBR de la segunda muestra

Densidad seca	CBR	Densidad seca Máxima
gr/cm³	%	gr/cm³

1,158	2,16	1,325	
1,226	2,28	CBR:	2,38
1,353	2,40	CBR (95%)	2,30

Fuente: Autoría propia

Nota: La densidad seca máxima coincide con la densidad seca máxima del Proctor

3.4.2.3 Cálculos de penetración para la tercera muestra

DATOS							
Datos de Molde 12		Datos de Molde 25		Datos de Molde 56		Datos de muestra	
Altura:	11,50 cm	Altura:	11,40 cm	Altura:	11,10 cm	Peso Muestra seca:	18000 gr
Diámetro:	16,70 cm	Diámetro:	16,10 cm	Diámetro:	16,10 cm	Numero de capas:	5
Volumen:	2518,96 cm ³	Volumen:	2320,85 cm ³	Volumen:	2259,77 cm ³	% humedad óptima:	15,70%
Peso:	7846,6 gr	Peso:	6898,2 gr	Peso:	7998,8 gr	Cantidad de agua req.:	2826,00 cm ³

Tabla 37 Contenido de humedad % y densidad húmeda-seca de la tercera muestra

Contenido de Humedad %							DENSIDAD HUMEDA - SECA						
# de Golpes	12		25		56		# de Golpes	12		25		56	
Posición	Up	Down	Up	Down	Up	Down	Condición	Antes de sat.	Despues de sat.	Antes de sat.	Despues de sat.	Antes de sat.	Despues de sat.
W de tara (g)	8,4	8	8,2	8,4	8,3	6,7	W del molde	7846,60	7846,60	6898,20	6898,20	7998,80	7998,80
W tara + suelo húmedo (g)	57,1	58,2	61,9	58,8	55,8	59,7	W molde + suelo húmedo	12391,80	12500,00	11402,00	11500	12572,00	12760
W tara + suelo seco (g)	48,9	49,9	52,8	49,9	47,6	50,8	W suelo húmedo	4545,20	4653,40	4503,80	4601,80	4573,20	4761,20
W suelo seco (g)	40,5	41,9	44,6	41,5	39,3	44,1	Volumen del suelo	2518,96	2518,96	2320,85	2320,85	2259,77	2259,77
W suelo húmedo (g)	48,7	50,2	53,7	50,4	47,5	53	Densidad Húmeda	1,80	1,85	1,94	1,98	2,02	2,11
peso del agua (g)	8,2	8,3	9,1	8,9	8,2	8,9	Densidad seca gr/cm ³	1,546	1,583	1,655	1,691	1,729	1,801
Contenido de Humedad %	16,68		17,29		17,01								

Fuente: Autoría propia

Tabla 38 Carga- Deformación de la tercera muestra

CARGA - DEFORMACIÓN											
PENETRACION		Área del pistón (mm ²)	Molde 1			Molde 2			Molde 3		
Lectura de dial	Carga patrón		12 Golpes			25 Golpes			56 Golpes		
In	kLb/in		Lectura dial	Carga(kgf)	Esfuerzo (Lb/in ²)	Lectura dial	Carga(kgf)	Esfuerzo (Lb/in ²)	Lectura dial	Carga(kgf)	Esfuerzo (Lb/in ²)
0,025		1947,82	17	27,98	20,43	12	19,75	14,42	60	98,76	72,12
0,050			27	44,44	32,45	16	26,33	19,23	95	156,37	114,18
0,075			36	59,25	43,27	23	37,86	27,65	116	190,94	139,43
0,100	1,000		45	74,07	54,09	35	57,61	42,07	138	227,16	165,88
0,125			53	87,24	63,70	60	98,76	72,12	155	255,14	186,31
0,150			62	102,05	74,52	89	146,5	106,98	163	268,31	195,92
0,175			70	115,22	84,14	105	172,83	126,20	170	279,83	204,34
0,200	1,500		81	133,33	97,36	120	197,53	144,24	175	288,06	210,35
0,300			116	190,94	139,43	152	250,2	182,70	202	332,51	242,80
0,400			153	251,85	183,91	172	283,12	206,74	223	367,07	268,04
0,500			174	286,41	209,14	185	304,52	222,37	238	391,76	286,07

Fuente: Autoría propia

Tabla 39 Datos de esponjamiento de la tercera muestra

DATOS DE ESPONJAMIENTO													
Fecha	Tiempo (h)	Muestra de 12 Golpes				Muestra de 25 Golpes				Muestra de 56 Golpes			
		Altura de muestra	Dial (0,01")	Esponjamiento		Altura de muestra	Dial (0,01")	Esponjamiento		Altura de muestra	Dial (0,01")	Esponjamiento	
				mm	%			mm	%			mm	%
5/5/2026	1	11,50 cm	42,40	1,077	0,936	11,40 cm	44	1,118	0,980	11,10 cm	6,5	0,165	0,149
5/5/2026	2	11,50 cm	46,00	1,168	1,016	11,40 cm	45	1,143	1,003	11,10 cm	11	0,279	0,252
5/5/2026	4	11,50 cm	47,00	1,194	1,038	11,40 cm	47,00	1,194	1,047	11,10 cm	13,67	0,347	0,313
5/5/2026	8	11,50 cm	49,00	1,245	1,082	11,40 cm	51	1,295	1,136	11,10 cm	19	0,483	0,435
5/5/2026	12	11,50 cm	49,50	1,257	1,093	11,40 cm	51,5	1,308	1,147	11,10 cm	19,5	0,495	0,446
6/5/2026	24	11,50 cm	51,00	1,295	1,126	11,40 cm	53,00	1,346	1,181	11,10 cm	21,00	0,533	0,481
7/5/2026	48	11,50 cm	54,00	1,372	1,193	11,40 cm	56,00	1,422	1,248	11,10 cm	24,00	0,610	0,549
8/5/2026	72	11,50 cm	55,00	1,397	1,215	11,40 cm	57	1,448	1,270	11,10 cm	24,5	0,622	0,561
9/5/2026	96	11,50 cm	56,00	1,422	1,237	11,40 cm	58	1,473	1,292	11,10 cm	26	0,660	0,595

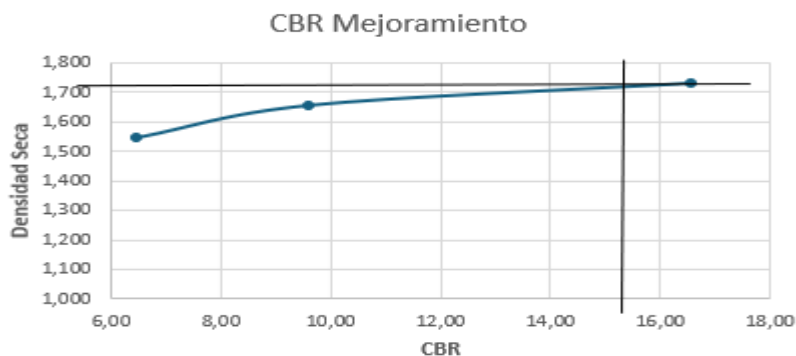
Fuente: Autoría propia

Tabla 40 CBR corregido de la tercera muestra

CBR corregido							
PENETRACION		Molde 1		Molde 2		Molde 3	
		15 Golpes		25 Golpes		56 Golpes	
In	Lb/in	Lb/in ²	%	Lb/in ²	%	Lb/in ²	%
0,100	1,000	54,09	5,41	42,07	4,21	165,88	16,59
0,200	1,500	97,36	6,49	144,24	9,62	210,35	14,02
PROMEDIO		6,49		9,62		16,59	

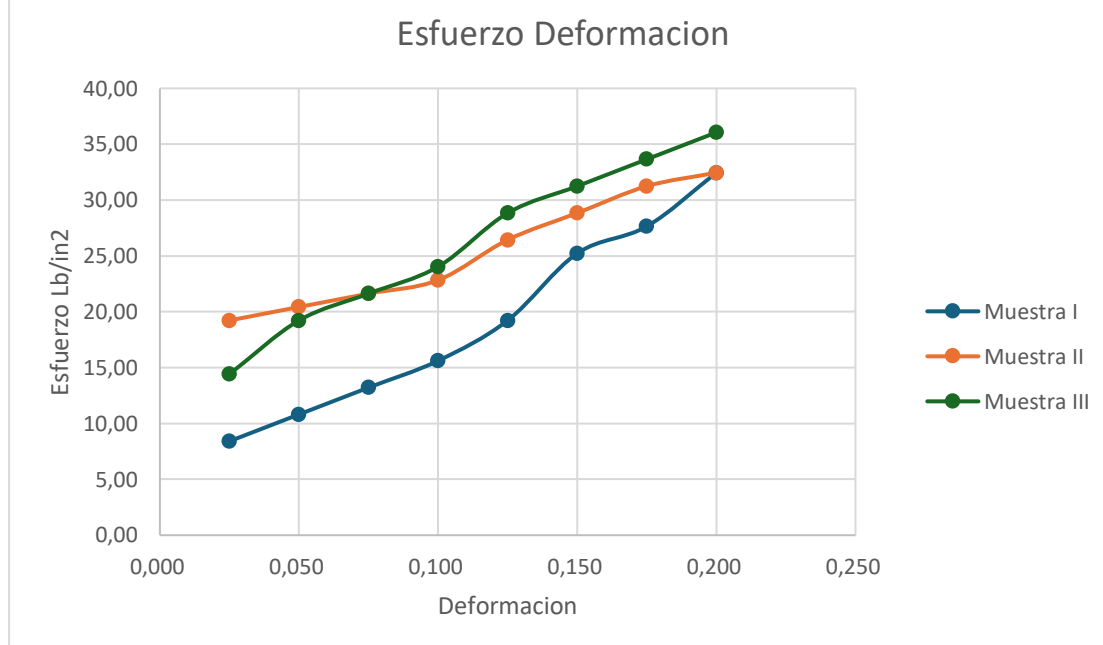
Fuente: Autoría propia

Figura 24 Elección de densidad seca máxima CBR de la tercera



Fuente: Autoría propia

Figura 25 Gráfica esfuerzo-deformación de la tercera muestra



Fuente: Autoría propia

Figura 26 Densidad seca máxima y CBR de la tercera muestra

Densidad seca	CBR	Densidad seca Máxima	
gr/cm ³	%	gr/cm ³	
1,546	6,49	1,718	
1,655	9,62	CBR:	14,87
1,729	16,59	CBR (95%)	10,29

Fuente: Autoría propia

CAPITULO IIII: PARTE 2 DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

4.1. MÉTODO DE DISEÑO AASHTO 93 PARA PAVIMENTO FLEXIBLE

4.1.1 Generalidades

El método **AASHTO 93** para el diseño de pavimentos flexibles constituye uno de los procedimientos más utilizados a nivel mundial para determinar el espesor de las capas que conforman una estructura de pavimento. Este método fue desarrollado por la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) a partir de los resultados obtenidos en el histórico AASHO Road Test, realizado en Ottawa, Illinois (Estados Unidos) entre 1958 y 1960. Su formulación integra variables relacionadas con el tránsito, la capacidad estructural del pavimento, las propiedades de los materiales, la confiabilidad del diseño y las condiciones de servicio, permitiendo proyectar estructuras capaces de soportar las cargas vehiculares durante el período de diseño previsto, tomado de (AASHTO, AASHTO guide for design of pavement structures., 1993).

4.1.2 Diseño estructural

El diseño estructural mediante el método AASHTO 93 se fundamenta en la capacidad del pavimento para resistir las cargas repetitivas del tránsito sin que su nivel de serviciabilidad disminuya por debajo del valor mínimo aceptable. Para ello, el método relaciona el comportamiento observado durante el ensayo vial AASHO con parámetros de diseño como el número acumulado de ejes equivalentes de 80 kN (ESAL), la confiabilidad del proyecto, la desviación estándar, el módulo resiliente del suelo de subrasante y el Número Estructural (SN). Esta metodología permite diseñar pavimentos con un adecuado equilibrio entre desempeño, seguridad y economía durante su vida útil, tomado de ((FHWA), 2006)

El método AASHTO 93 continúa siendo una de las metodologías más empleadas en proyectos de infraestructura vial debido a su confiabilidad y facilidad de aplicación. Aunque actualmente existen metodologías mecanicistas-empíricas más

avanzadas, la guía AASHTO 93 sigue siendo ampliamente utilizada en el diseño de carreteras de bajo, mediano y alto volumen de tránsito, especialmente en países de América Latina, donde constituye una referencia técnica para instituciones gubernamentales, consultoras y universidades. Su aplicación requiere la caracterización adecuada de los materiales, la estimación del tránsito futuro y la selección de parámetros de diseño que reflejen las condiciones reales del proyecto, tomado de (Yoder & Witczak, 1975).

4.1.3 PARÁMETROS DEL MÉTODO AASTHO 93

4.1.3.1 Estimación del Número acumulado de ejes equivalente (N)

El cálculo de las cargas acumuladas de tráfico esperadas durante el periodo de diseño se realiza transformando el volumen vehicular mixto a un número equivalente de pasadas de un eje simple patrón de 18,000 lb (8.2 toneladas o 80KN) Para ello, se emplea la siguiente formulación analítica de acumulación de tráfico con tasa de crecimiento continuo compuesta, tomada de (INVIAS, 2022).

$$N = TPD \times \frac{k_1}{100} \times \frac{k_2}{100} \times 365 \times FCT \times FC \quad (4.1)$$

$$FCT = \frac{(1+r)^n - 1}{In(1+r)} \quad (4.2)$$

$$FC = \sum \text{Carga equivalente por eje} \quad (4.3)$$

$$\text{Carga equivalente por eje} = \% VP \times FD \quad (4.4)$$

$$\% VP = \frac{\#VP}{VPT} \quad (4.5)$$

FCT = Factor de acumulación o crecimiento del tráfico continuo

FC = Factor de carga equivalente de todos los vehiculos pesados

k₁ = Porcentajes de vehículos pesados(buses + camiones)

k₂ = Porcentajes de vehículos que circulan por el carril de diseño

$TPD = \text{Tránsito promedio diario}$

$r = \text{porcentaje de crecimiento vehicular}$

$n = \text{número de años en el periodo de diseño}$

$\% VP = \text{Porcentaje por vehículos pesados}$

$\#VP = \text{Número de vehículos pesados}$

$VPT = \text{Número total de vehículos pesados}$

$FD = \text{Factor de carga equivalente por eje}$

Figura 27 Distribución de tránsito por carril

Número total de carriles en la vía	Carriles por sentido	Factor Direccional (DD)	Factor de Carril (DL)	Porcentaje de vehículos pesados en el carril de diseño (k ₂)
2 carriles	1	50	100%	50
4 carriles	2	50	90%	45
6 o más carriles	3	50	80%	40

Fuente: (INVIAS, 2022)

Nota: La Vía es de dos carriles de diseño

$n = 10$ (periodo de diseño en AASTHO 1993)

$r = 0.04$ (4% para vehículos pesados en AASTHO 1993)

4.1.3.2 Confiabilidad (R)

La confiabilidad (R) se define formalmente como la probabilidad de que la estructura diseñada permanezca en condiciones operativas aceptables y satisfaga la demanda de tráfico durante la totalidad de su vida útil, tomada de (AASHTO, AASHTO guide for design of pavement structures., 1993).

Figura 28 Confiabilidad

Clasificación Funcional	Urbana (R, %)	Rural (R, %)	ZR (R=80%)	ZR (R=90%)	ZR (R=95%)
Autopistas e Interestatales	85 - 99.9	80 - 99.9	-0.842	-1.282	-1.645
Arterias Principales	80 - 99	75 - 95	-0.842	-1.282	-1.645
Colectoras	80 - 95	75 - 95	-0.842	-1.282	-1.645
Locales	50 - 80	50 - 80	-0.842	-1.282	-1.645

Fuente: (AASHTO, AASHTO guide for design of pavement structures., 1993)

Nota: La Vía Antigua del Chorrillo es una vía colectora rural por eso se elige ese valor.

4.1.3.2 Desviación normal (Z_r)

La desviación normal estándar (ZR) es un parámetro estadístico utilizado en el método de diseño AASHTO 93 para representar el nivel de confiabilidad del pavimento frente a las incertidumbres asociadas al tránsito, las propiedades de los materiales y las condiciones de servicio. Este valor se obtiene a partir de la distribución normal estándar y se expresa mediante valores negativos, de modo que, a mayor nivel de confiabilidad, mayor será el valor absoluto de ZR, incrementando la capacidad estructural requerida para garantizar el desempeño esperado del pavimento durante su vida útil, tomada de (AASHTO, AASHTO guide for design of pavement structures., 1993).

Figura 29 Desviación normal estándar

Confiabilidad (%)	Desviación normal estándar (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

Fuente: (AASHTO, AASHTO guide for design of pavement structures., 1993)

Nota: Se eligió 85 de confiabilidad según la Figura 29 Desviación normal estándar y se elige -1.037

4.1.3.2 Índices de serviciabilidad

El Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) es un indicador que evalúa la capacidad funcional de un pavimento para proporcionar una circulación segura y cómoda a los usuarios. En el método AASHTO 93, el diseño se basa en la pérdida de serviciabilidad (ΔPSI), calculada como la diferencia entre la serviciabilidad inicial (PSI_0) y la serviciabilidad terminal (PSI_t). La guía recomienda seleccionar el valor terminal de acuerdo con la importancia funcional de la carretera y el volumen de tránsito esperado, de manera que el pavimento mantenga un nivel de servicio aceptable durante su vida útil, tomada de (AASHTO, AASHTO guide for design of pavement structures., 1993).

Figura 30 Índices de servicio para pavimento flexible

Tipo de carretera	PSI ₀ (Inicial)	PSI _t (Terminal)	ΔPSI recomendado
Autopistas e Interestatales	4.2	3.0 – 3.5	0.7 – 1.2
Carreteras arteriales principales	4.2	2.5 – 3.0	1.2 – 1.7
Carreteras colectoras	4.2	2.5	1.7
Carreteras locales o de bajo volumen	4.2	2.0 – 2.5	1.7 – 2.2

Fuente: (AASHTO, AASHTO guide for design of pavement structures., 1993)

4.1.3.2 Error normal combinado

El error normal combinado (S_o) representa la variabilidad conjunta asociada a la predicción del comportamiento del pavimento, considerando las incertidumbres relacionadas con el tránsito, las propiedades de los materiales, la construcción y el desempeño del pavimento durante su vida útil. En el método AASHTO 93, este parámetro se utiliza junto con el nivel de confiabilidad para incorporar un margen de seguridad en el diseño estructural, permitiendo que el pavimento mantenga un

desempeño adecuado bajo las condiciones previstas de servicio, tomado de (AASHTO, AASHTO guide for design of pavement structures., 1993).

Figura 31 Error normal combinado

Nivel de estudio	So recomendado
Diseño preliminar	0.50
Diseño definitivo (pavimento flexible)	0.45
Diseño definitivo (pavimento rígido)	0.35

Fuente: (AASHTO, AASHTO guide for design of pavement structures., 1993)

Nota: La Vía a diseñar es de pavimento flexible por eso se elige 0.45

4.3. CÁLCULO DE CBR DE DISEÑO

El CBR de diseño es el valor representativo de la capacidad de soporte de la subrasante que se emplea para el dimensionamiento estructural del pavimento. Su determinación se realiza a partir de los resultados obtenidos en los ensayos de California Bearing Ratio (CBR) efectuados sobre muestras representativas del suelo, seleccionando un valor que refleje de manera conservadora las condiciones del terreno. En el método AASHTO 1993, el CBR de diseño no interviene directamente en la ecuación de diseño, sino que se utiliza para estimar el módulo resiliente (MR) mediante correlaciones empíricas, siendo este último el parámetro incorporado en la ecuación de diseño del pavimento flexible, tomado de (AASHTO, AASHTO guide for design of pavement structures., 1993).

Figura 34 Basada para elegir el CBR de diseño

Límites para selección de resistencia			
Número de ejes de 8.2 tn en el carril de diseño (N)			Percentil a seleccionar para hallar la resistencia
<10 ⁴	o	10000	60.00%
10 ⁴ – 10 ⁶	o	10000 – 1000000	75.00%
>10 ⁶	o	1000000	87.50%

Fuente: (AASHTO, AASHTO guide for design of pavement structures., 1993)

Nota: En base a este percentil se elige el valor de CBR de diseño en gráfica

4.3. MODULO RESILIENTE

El módulo resiliente (MR) es una propiedad mecánica que representa la capacidad del suelo de subrasante para recuperar su deformación elástica después de la aplicación repetida de cargas vehiculares. En el método AASHTO 1993, este

parámetro constituye una de las principales variables de diseño, ya que refleja la rigidez del suelo y su influencia en el comportamiento estructural del pavimento. Cuando no se dispone de ensayos específicos de módulo resiliente, la guía AASHTO recomienda estimarlo mediante correlaciones empíricas basadas en el California Bearing Ratio (CBR), facilitando su aplicación en proyectos donde solo se cuenta con resultados del ensayo CBR, tomado de (AASHTO, AASHTO guide for design of pavement structures., 1993).

Figura 37 Modulo Resiliente

Rango de CBR	Ecuación
CBR < 10 %	$(MR = 1500(CBR))$
10 % < CBR ≤ 20 %	$(MR = 3000(CBR^{0.65}))$
CBR > 20 %	$(MR = 4326 \ln(CBR) + 241)$

Fuente: Adaptado de Heukelom y Klomp (1962), Council for Scientific and Industrial Research (CSIR) y American Association of State Highway and Transportation Officials (1993).

Nota: En base al CBR de diseño se calcular el módulo resiliente

4.4. ESPESORES MÍNIMOS RECOMENDADOS

Esta tabla se utiliza para establecer espesores mínimos constructivos de la carpeta asfáltica y la base granular, independientemente del espesor calculado por el Número Estructural (SN).

Tabla 41 Espesores recomendados para carpeta asfáltica y base granular

Número acumulado de ejes equivalentes (ESAL)	Carpeta asfáltica (pulg)	Base granular (pulg)
Menor de 50 000	1.0	4
50 001 – 150 000	2.0	4
150 001 – 500 000	2.5	4
500 001 – 2 000 000	3.0	6
2 000 001 – 7 000 000	3.5	6
Mayor de 7 000 000	4.0	6

Fuente: (AASHTO, AASHTO guide for design of pavement structures., 1993)

4.5. Coeficientes estructurales y coeficientes de drenajes

Los **coeficientes estructurales** a_i miden la capacidad relativa de cada capa del pavimento para distribuir las cargas de tráfico en función del tipo de material y su módulo de rigidez, tomado de (AASHTO, AASHTO guide for design of pavement structures., 1993).

Tabla 42 Coeficientes estructurales

Capa del Pavimento	Símbolo	Material de la Capa	Propiedad Mecánica / Referencia	Coeficiente Estructural (a_i)
Subrasante	—	Suelo de cimentación	—	—
Subbase Granular	a_3	Subbase granular	Módulo resiliente 14,000 PSI	0.108
Base Granular	a_2	Piedra / Grava triturada	Módulo resiliente 28,000 PSI	0.133
Capa de Rodadura	a_1	Concreto Asfáltico en Caliente	Módulo elástico 450,000 PSI	0.440

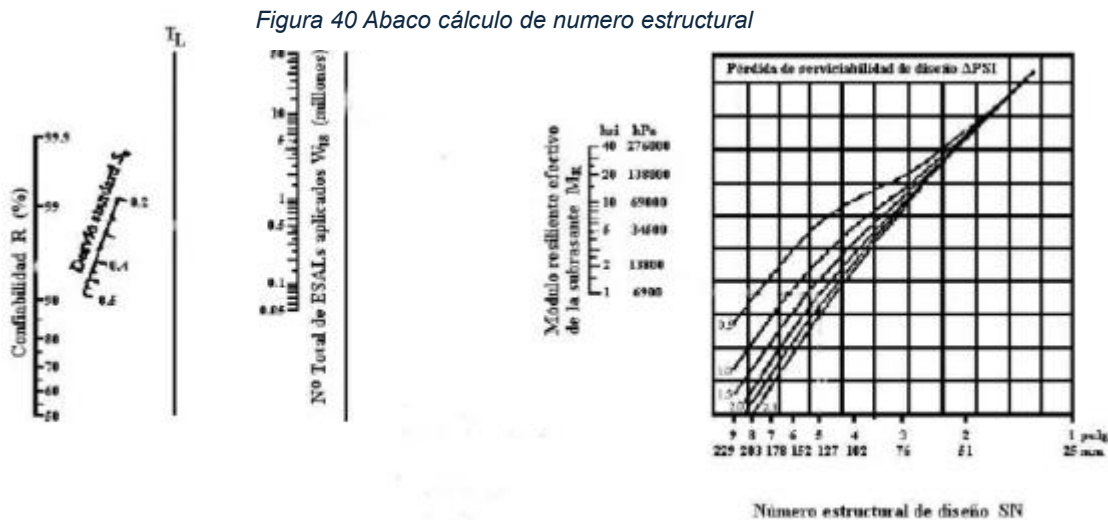
Fuente: (AASHTO, AASHTO guide for design of pavement structures., 1993)

El **coeficiente de drenaje** (m_i) es un factor de modificación que penaliza o premia la capacidad estructural de las capas granulares (base y subbase) en función de su velocidad de drenaje y de las condiciones climáticas del proyecto, tomado de (AASHTO, AASHTO guide for design of pavement structures., 1993).

De acuerdo con la tabla de la metodología AASHTO 93, cuando las capas granulares del pavimento están expuestas a niveles de humedad cercanos a la saturación durante más del 5% al 25% del tiempo al año, el coeficiente de drenaje debe castigarse asignándole valores entre 0.80 y 0.60; en nuestro caso tomamos para el peor caso $m_i = 0.80$

4.6. NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO

El número estructural de diseño (SN) también puede determinarse mediante el uso del ábaco de diseño AASHTO 1993, el cual constituye una representación gráfica de la ecuación general del método para pavimentos flexibles. Este procedimiento permite obtener el valor del SN a partir de la interacción de parámetros como el tránsito acumulado expresado en ejes equivalentes (ESAL), la confiabilidad, la desviación estándar combinada, la pérdida de serviciabilidad y el módulo resiliente de la subrasante, facilitando el proceso de diseño sin necesidad de resolver iterativamente la ecuación matemática. El valor del SN obtenido mediante el ábaco se utiliza posteriormente para definir los espesores de las capas estructurales del pavimento mediante los coeficientes estructurales y de drenaje correspondientes, tomado de (AASHTO, AASHTO guide for design of pavement structures., 1993).



Fuente: (AASHTO, AASHTO guide for design of pavement structures., 1993)

4.7. NÚMERO ESTRUCTURAL DE DISEÑO

El número estructural (NE) de cada capa representa el aporte individual que cada material proporciona a la capacidad estructural del pavimento flexible. Este valor se calcula multiplicando el coeficiente estructural del material (a_i) por el coeficiente de drenaje (m_i), cuando corresponda, y por el espesor de la capa (D_i) expresado en

pulgadas. La suma de los aportes estructurales de la carpeta asfáltica, la base y la subbase debe ser igual o superior al número estructural requerido por el diseño, garantizando que la estructura del pavimento soporte adecuadamente las cargas de tránsito durante su vida útil, tomado de (AASHTO, AASHTO guide for design of pavement structures., 1993).

$$NE = a_1(D_1) + a_2(D_2)(m_2) + a_3(D_3)(m_3) \quad (4.6)$$

NE = Número estructural total

a_i = Coeficiente estructural de la capa.

m_i = Coeficiente de drenaje de la capa granular.

D_i = Espesor de la capa (pulgadas).

4.8. NÚMERO ESTRUCTURAL (FÓRMULA)

El Número Estructural (SN) es un parámetro fundamental del método de diseño AASHTO 1993, el cual representa la capacidad estructural total que debe poseer un pavimento flexible para soportar las cargas de tránsito proyectadas durante su vida útil. Su determinación se realiza considerando variables como el número de ejes equivalentes (ESAL), la confiabilidad, la pérdida de serviciabilidad, la desviación estándar y el módulo resiliente de la subrasante. Una vez calculado, el SN se distribuye entre las diferentes capas del pavimento mediante coeficientes estructurales y de drenaje, permitiendo definir los espesores requeridos para garantizar un desempeño adecuado de la estructura, tomado de (AASHTO, AASHTO guide for design of pavement structures., 1993).

$$SN = (Z_r)S_o + (9.36)Log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{Log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.40+\frac{1.094}{(SN+1)}} + 2.32(Log_{10})(M_R) - 8.07 \quad (4.7)$$

SN = Número estructural requerido.

Z_r = Desviación normal estándar

S_0 = Error normal combinado

ΔPSI = Pérdida de serviciabilidad proyectada

M_r = Módulo resiliente de la subrasante

4.9. TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO (TPDA) , TRÁNSITO ACTUAL(TA) Y TRÁNSITO INDUCIDO (TI)

El **Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)** de diseño se determina considerando el tránsito actual y el tránsito inducido, con el propósito de representar de manera más precisa la demanda vehicular que circulará por la vía una vez ejecutado el proyecto. El **tránsito actual** corresponde al flujo existente antes de la intervención, mientras que el **tránsito inducido** representa el incremento de vehículos generado por la mejora de las condiciones de la infraestructura vial, debido a una mayor accesibilidad y mejores niveles de servicio. La suma de ambos componentes constituye la base para la proyección del tránsito futuro y el cálculo de las cargas de diseño del pavimento, tomado de (Institute, 1991).

Figura 43 Tasa de crecimiento para el tránsito inducido

Provincia	Período	Tasa de Crecimiento (%)		
		LIVIANO	BUS	CAMION
EL ORO	2.005 - 2.010	4,23	2,87	2,1
	2.010 - 2.015	3,65	2,55	1,87
	2.015 - 2.020	3,18	2,29	1,68
	2.020 - 2.030	2,8	2,08	1,53

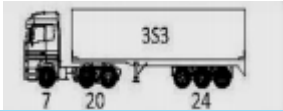
Fuente: Tabla del (MTOP, 2018)

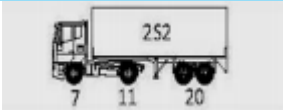
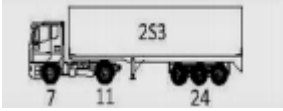
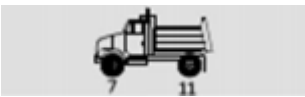
Nota: Se utiliza el del periodo de 2020-2030.

MTOP no proporciona en esa tabla una tasa específica para Manabí, se adoptó esta tabla como referencia técnica para la proyección del tránsito del proyecto ubicado en Manabí.

4.9.1 TIPOS DE VEHICULOS PRINCIPALES A CONSIDERAR EN EL TRÁNSITO ACTUAL E INDUCIDO

Tabla 43 Tipos de vehículos

VEHICULO	TIPO	Peso por eje
LIVIANO	-	
FURGONETA ESCOLAR	2D	
BUS	2DB	No se consideraron buses para esta vía en el tránsito inducido porque es una vía cerca de canteras y vehículos pesados
CAMIÓN	2DA	
CAMIÓN	2DB	
CAMIÓN	3-A	
CAMIÓN	3S3	
CAMIÓN	2S2	

		
CAMIÓN	2S3	
VOLQUETA	V3A	
VOLQUETA	V2DB	

Fuente: (AASHTO, AASHTO guide for design of pavement structures., 1993)

4.10. CÁLCULOS DE ESTUDIO DE TRÁNSITO

La Muestra 1 corresponde a la tabla 3.4.2.2.7. La Muestra 2 a la Tabla 3.4.2.3.7 y la Muestra 3 a la tabla 3.4.2.1.7

Tabla 44 CBR del estudio de suelo

Muestra	CBR	%	%
		95%	100%
1	Muestra 1	16,27	18,87
2	Muestra 2	2,3	2,38
3	Muestra 3	10,29	14,87

Día entre semana (Miércoles)

Tabla 45 Conteo de carros en subida (miércoles)

SUBIDA													
CÓDIGO	HORA	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	TOTAL	

		MOTOS	1	0	0	0	3	2	0	0	0	0	6
		AUTOMÓVIL	1	0	0	0	1	2	0	0	0	0	4
		CAMIONETA	2	0	1	0	3	1	0	0	0	0	7
	2D	BUSETA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2DA	CAMIÓN LIGERO	4	1	2	3	4	6	1	2	0	0	23
	2DB	BUSES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2DB	C2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3-A	C3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2S2	C2S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3-A	3-A	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	V3A	V3A	9	5	3	4	0	1	0	0	0	0	22

	V2DB	VOLQUETA	4	1	2	1	3	5	0	0	0	0	16
	2DB	EXCAVADORA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2S3	TRAILER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3-A	TANQUERO	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	3-A	HORMIGONERO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3S3	C3S3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	2DB	TRACTOR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			21	7	8	8	15	19	1	2	0	0	81

Fuente: Autoría propia

Tabla 46 Conteo de carros bajada miércoles

BAJADA													
CÓDIGO	HORA	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	TOTAL	

		MOTOS	1	0	0	0	2	2	0	0	0	0	5
		AUTOMÓVIL	8	3	2	3	4	3	2	0	0	0	25
		CAMIONETA	2	0	0	1	3	2	1	0	0	0	9
	2D	BUSETA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2DA	CAMIÓN LIGERO	0	2	3	2	10	4	1	0	0	0	22
	2DB	BUSES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2DB	C2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3-A	C3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2S2	C2S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3-A	3-A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	V3A	V3A	4	1	1	2	7	3	1	0	0	0	19

	V2DB	VOLQUETA	5	2	2	1	4	3	1	0	0	0	18
	2DB	EXCAVADORA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2S3	TRAILER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3-A	TANQUERO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3-A	HORMIGONERO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3S3	C3S3	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	2DB	TRACTOR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			21	8	8	9	31	17	6	0	0	0	98

Fuente: Autoría propia

Tabla 47 Total de vehículos contabilizados

TOTAL DE VEHICULOS CONTABILIZADOS					
VEHICULO	TIPO	IDA	REGRESO	TOTAL	%
LIVIANO	-	17	39	56	31,285
FURGONETA ESCOLAR	2D	0	0	0	0,000
BUS	2DB	0	0	0	0,000

CAMIÓN	2DA	23	22	45	25,140
CAMIÓN	2DB	0	0	0	0,000
CAMIÓN	3-A	2	0	2	1,117
CAMIÓN	3S3	1	0	1	0,559
CAMIÓN	2S2	0	0	0	0,000
CAMIÓN	2S3	0	0	0	0,000
VOLQUETA	V3A	22	19	41	22,905
VOLQUETA	V2DB	16	18	34	18,994
			TOTAL	179	100,00

Fuente: Autoría propia

Tabla 48 Total de vehículos pesados contabilizados

TOTAL DE VEHICULOS PESADOS CONTABILIZADOS					
VEHICULO	TIPO	IDA	REGRESO	TOTAL	%
FURGONETA ESCOLAR	2D	0	0	0	0,000
BUS	2DB	0	0	0	0,000
CAMIÓN	2DA	23	22	45	36,585
CAMIÓN	2DB	0	0	0	0,000
CAMIÓN	3-A	2	0	2	1,626
CAMIÓN	3S3	1	0	1	0,813

CAMIÓN	2S2	0	0	0	0,000
CAMIÓN	2S3	0	0	0	0,000
VOLQUETA	V3A	22	19	41	33,333
VOLQUETA	V2DB	16	18	34	27,642
			TOTAL	123	100,00

Fuente: Autoría propia

Día entre semana (sábado)

Tabla 49 Conteo de carros de subida fin de semana

SUBIDA													
	CÓDIGO	HORA	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	TOTAL
	,	MOTOS	2	0	1	0	2	2	3	2	2	3	17
	,	AUTOMÓVIL	1	1	0	0	3	2	3	3	3	2	18
	,	CAMIONETA	1	1	2	1	3	2	2	3	1	1	17
	2D	BUSETA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	2DA	CAMIÓN LIGERO	5	3	3	4	0	0	0	0	0	0	15
	2DB	BUSES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2DB	C2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3-A	C3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2S2	C2S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3-A	3-A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	V3A	V3A	6	4	4	5	0	0	0	0	0	0	19
	V2DB	VOLQUETA	4	2	3	2	0	0	0	0	0	0	11
	2DB	EXCAVADORA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2S3	TRAILER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3-A	TANQUERO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	3-A	HORMIGONERO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3S3	C3S3	0	1	0	1	0	0		0	0	0	2
	2DB	TRACTOR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			19	12	13	13	8	6	8	8	6	6	99

Fuente: Autoría propia

Tabla 50 Conteo de bajada fin de semana

BAJADA													
	CÓDIGO	HORA	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	TOTAL
		MOTOS	1	0	1	1	2	2	2	1	2	1	13
		AUTOMÓVIL	4	3	3	2	3	2	2	1	2	2	24
		CAMIONETA	2	3	1	2	3	2	2	1	2	2	20
	2D	BUSETA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	2DA	CAMIÓN LIGERO	2	3	3	5	2	0	0	0	0	0	15
	2DB	BUSES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2DB	C2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3-A	C3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2S2	C2S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3-A	3-A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	V3A	V3A	6	2	3	2	0	0	0	0	0	0	13
	V2DB	VOLQUETA	3	4	2	1	0	0	0	0	0	0	10
	2DB	EXCAVADORA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2S3	TRAILER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3-A	TANQUERO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	3-A	HORMIGONERO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3S3	C3S3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	2DB	TRACTOR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			18	15	13	14	10	6	6	3	6	5	95

Fuente: Autoría propia

Tabla 51 Total de vehículos contabilizados fin de semana

TOTAL DE VEHICULOS CONTABILIZADOS					
VEHICULO	TIPO	IDA	REGRESO	TOTAL	%
LIVIANO	-	52	57	109	56,186
FURGONETA ESCOLAR	2D	0	0	0	0,000
BUS	2DB	0	0	0	0,000
CAMIÓN	2DA	15	15	30	15,464
CAMIÓN	2DB	0	0	0	0,000
CAMIÓN	3-A	0	0	0	0,000
CAMIÓN	3S3	2	0	2	1,031
CAMIÓN	2S2	0	0	0	0,000
CAMIÓN	2S3	0	0	0	0,000

VOLQUETA	V3A	19	13	32	16,495
VOLQUETA	V2DB	11	10	21	10,825
			TOTAL	194	100,00

Fuente: Autoría propia

Tabla 52 Total de vehículos pesados fin de semana

TOTAL DE VEHICULOS PESADOS CONTABILIZADOS					
VEHICULO	TIPO	IDA	REGRESO	TOTAL	%
FURGONETA ESCOLAR	2D	0	0	0	0,000
BUS	2DB	0	0	0	0,000
CAMIÓN	2DA	15	15	30	35,294
CAMIÓN	2DB	0	0	0	0,000
CAMIÓN	3-A	0	0	0	0,000
CAMIÓN	3S3	2	0	2	2,353
CAMIÓN	2S2	0	0	0	0,000
CAMIÓN	2S3	0	0	0	0,000
VOLQUETA	V3A	19	13	32	37,647
VOLQUETA	V2DB	11	10	21	24,706
			TOTAL	85	100,00

Fuente: Autoría propia

4.10.1 TPDA DE TRÁNSITO ACTUAL Y TRÁNSITO INDUCIDO

Fórmula a utilizar

$$TPDS = TVCM * 5 + TVCS * 2 \quad (4.8)$$

$TVCM$ = Total de vehículos contabilizados días laborables

$TVCS$ = Total de vehículos contabilizados fines de semana

Con los valores la Tabla 51 Total de vehículos contabilizados fin de semana como $TVCM$ y los valores de la Tabla 52 Total de vehículos pesados fin de semana. Con la fórmula 4.8 se calcula para cada celda en color azul, se redondea al valor entero más cercano.

$$TPDA_{TI} = \sum TPDA_0 \times i \quad (4.9)$$

$TPDA_{TI}$ = TPDA de tránsito inducido

i = Tasa de crecimiento anual

Tabla 53 Tránsito actual

VEHICULO	TIPO	IDA	REGRESO	TOTAL	
LIVIANO	-	27	45	72	
FURGONETA ESCOLAR	2D	0	0	0	
BUS	2DB	0	0	0	
CAMIÓN	2DA	21	20	41	
CAMIÓN	2DB	0	0	0	
CAMIÓN	3-A	2	0	2	
CAMIÓN	3S3	2	0	2	
CAMIÓN	2S2	0	0	0	
CAMIÓN	2S3	0	0	0	
VOLQUETA	V3A	22	18	40	
VOLQUETA	V2DB	15	16	31	
			TOTAL	188	$TPDA_0$

Fuente: Autoría propia

Tabla 54 Tránsito inducido

VEHICULO	TIPO	IDA	REGRESO	TOTAL	TASA DE CRECI	TOTALC
LIVIANO	-	27	45	72	1,028	75
FURGONETA ESCOLAR	2D	0	0	0	1,0208	0
BUS	2DB	0	0	0	1,0208	0
CAMIÓN	2DA	21	20	41	1,0153	42
CAMIÓN	2DB	0	0	0	1,0153	0
CAMIÓN	3-A	2	0	2	1,0153	3
CAMIÓN	3S3	2	0	2	1,0153	3
CAMIÓN	2S2	0	0	0	1,0153	0
CAMIÓN	2S3	0	0	0	1,0153	0
VOLQUETA	V3A	22	18	40	1,0153	41
VOLQUETA	V2DB	15	16	31	1,0153	32
			TOTAL	188	$TPDA_{TI}$	196

Fuente: Autoría propia

Nota: A partir de la Figura 43 Tasa de crecimiento para el tránsito inducido

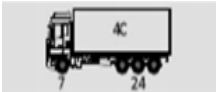
Figura 44 Selección del CBR por gráficaFigura 45 Tasa de crecimiento para el tránsito inducido se asume un periodo de 2020 a 2030 con la tasa de crecimiento de 2,8% vehículos livianos, 1,53% se aumentan al TPDA de la Tabla 53 Tránsito actual .Dando como resultado un total de 196 vehículos/día (8 vehículo al día más por la tasa de crecimiento). Para la sumatoria de $TPDA_{TI}$ se utiliza la fórmula (4.9).

4.10.2 CÁLCULO DEL FACTOR DE CARGA EQUIVALENTE

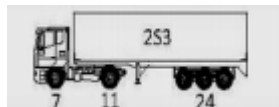
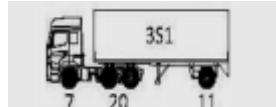
Tabla 55 TPDA en ida y vuelta

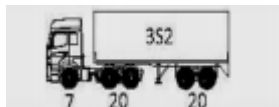
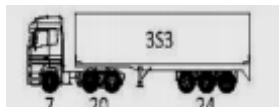
Sentido	Año	Mes	Día	Descripción	Tramo + Distancia	LIVIANOS 	
Ida	2026	julio	10	Intersección A		27	
Vuelta	2026	julio	10	Intersección B		45	
Total						72	36,73%

Buses 		 Camiones 2 ejes pequeños (2D)		 Camiones 2 ejes medianos (2DA)		 Camiones 2 ejes grandes (2DB)	
0		0		21		0	
0		0		20		0	
0	0,00%	0	0,00%	41	20,92%	0	0,00%

 Camiones de 3 ejes (3A)		 Camiones de 4 ejes (4C)		 Volqueta 2 ejes (V2DB)		 Volqueta 3 ejes (V3A)	
--	--	--	--	--	--	--	--

2				15		22	
0		0		16		18	
2	1,02%	0	0,00%	31	15,82%	40	20,41%

			
Tracto camión de 2 ejes y semirremolque de 1 eje (2S1)	Tracto camión de 2 ejes y semirremolque de 2 ejes (2S2)	Tracto camión de 2 ejes y semirremolque de 3 ejes (2S3)	Tracto camión de 3 ejes y semirremolque de 1 ejes (3S1)
0	0	0	
0	0	0	
00,00%	00,00%	00,00%	00,00%

 Tracto camión de 3 ejes y semirremolque de 2 ejes (3S2)		 Tracto camión de 3 ejes y semirremolque de 3 ejes (3S3)		TRAYECTORIA	Total	Volumen de Tráfico
		2		IDA	89	196
		0		REGRESO	99	
				Tasa de crecimiento	8	
0	0,00%	2	1,02%		196	100,00%

Fuente: Autoría propia

Nota: Igual que en la Tabla 54 Tránsito inducido los mismos resultados con un TPDA de 196 considerando 8 vehículos la tasa de crecimiento.

A continuación, vamos a calcular el factor de Carga equivalente de todos los vehículos pesados.

Tabla 56 Peso por vehículo pesado por eje

		Tipo	Cantidad	Peso por V. Pesado	Explicación	Peso por V. Pesado por eje (Tn)	N° Total de Vehículos Pesados	N° Total Vehículos Pesados (Buses y Camiones)
Pesados	Bus	Buses (2DB)	0	18	SIMPLE: 1 eje simple rueda simple	7	114	0
					SIMPLE: 1 eje simple rueda doble	11		
	Camiones	2DA	41	10	SIMPLE: 1 eje simple rueda simple	3		114
					SIMPLE: 1 eje simple rueda doble	7		
		2DB	0	18	SIMPLE: 1 eje simple rueda simple	7		
					SIMPLE: 1 eje simple rueda doble	11		
		3A	2	27	SIMPLE: 1 eje simple rueda simple	7		
					TÁNDEM: 1 eje doble, doble rueda	20		
		2S2	0	38	SIMPLE: 1 eje simple rueda simple	7		
					SIMPLE: 1 eje simple rueda doble	11		
					TÁNDEM: 1 eje doble, doble rueda	20		
		V3A	40	27	SIMPLE: 1 eje simple rueda simple	7		
					TÁNDEM: 1 eje doble, doble rueda	20		
		V2DB	31	18	SIMPLE: 1 eje simple rueda simple	7		
					SIMPLE: 1 eje simple rueda doble	11		

Fuente: Autoría propia

Nota: La columna de Peso por V. Pesado por eje (Tn) son los valores de los ejes de camión que se indica en la Tabla 55 TPDA en ida y vuelta en las imágenes del vehículo. La columna Peso por V. Pesado corresponde a la sumatoria del valor entre los dos ejes simples.

$$FD = \left(\frac{P_e}{P_s}\right)^4 \quad (4.10)$$

P_e =Peso por V. Pesado por eje (Tn)

P_s =Peso del eje estándar (Tn)

FD =factor de equivalencia de carga

Tabla 57 Cambia dependiendo del tipo de eje

Tipo de eje	Expresión
Eje simple rueda simple	$\left(\frac{P}{6.6}\right)^4$
Eje simple rueda doble	$\left(\frac{P}{8.2}\right)^4$
Eje tándem rueda doble	$\left(\frac{P}{15.1}\right)^4$
Eje trídem rueda doble	$\left(\frac{P}{22.9}\right)^4$

Fuente: (Corredor M., 2010)

Nota: La expresión de FD (factor equivalencia de carga) cambia por el peso del eje estándar señalando el tipo de eje

Tabla 58 Cálculo del factor de carga equivalente de todos los vehículos pesados

N° de Vehículos Pesados (Buses y Camiones)	% Por V. Pesados	% Total de Pesados	Factor de carga equivalente por eje	Factor de carga equivalente por vehículos	Carga equivalente por eje	Carga equivalente por vehículos
0	0,00%	100,00%	1,265	4,504	0,0000	0,0000
	0,00%		3,238		0,0000	
41	35,96%		0,043	0,574	0,0154	0,2063
	35,96%		0,531		0,1910	
0	0,00%		1,265	4,504	0,0000	0,0000
	0,00%		3,238		0,0000	
2	1,75%		1,265	4,343	0,0222	0,0762
	1,75%		3,078		0,0540	

0	0,00%		1,265	7,581	0,0000	0,0000
	0,00%		3,238		0,0000	
	0,00%		3,078		0,0000	
40	35,09%		1,265	4,343	0,4440	1,5238
	35,09%		3,078		1,0799	
31	27,19%		1,265	4,504	0,3441	1,2247
	27,19%		3,238		0,8806	
Factor de Carga equivalente de todos los vehículos pesados					3,0311	3,0311

Fuente: Autoría propia

Nota: El % Por V. Pesados se especifica en la fórmula (4.5). La columna Factor de carga equivalente por eje sale de la fórmula (4.10) cambiando la expresión según la Tabla 57 Cambia dependiendo del tipo de eje. La columna Carga equivalente por eje sale de la fórmula (4.4)

4.10.3 Cálculo de Número acumulado de ejes equivalente (N)

El valor de n es según el periodo de diseño de AASTHO 93 para vialidad segura.

El valor de r es el porcentaje para vehículos pesados según AASTHO 93.

Tabla 59 Algunas variables para el número de ejes equivalentes

n=	10
r=	0,04
k2=	50

Fuente: Autoría propia

Nota: El valor 50 de k_2 es según Figura 27 Distribución de tránsito por carril. Las 3 variables para calcular el número de ejes equivalentes.

En base a la fórmula (4.2) se calcula el factor de carga o factor de acumulación o crecimiento del tráfico continuo

FCT=	12,2447
-------------	----------------

Con FCT (factor de carga) Y FC (Factor de Carga equivalente de todos los vehículos pesados) y la Tabla 59 Algunas variables para el número de ejes equivalentes con la fórmula (4.1) se justifica el siguiente resultado:

N=	772163,81	$10^4 - 10^6$
-----------	------------------	---------------------------------

Nota: Para el CBR de diseño necesitamos el intervalo del valor de N (eje equivalente)

4.10.4 Cálculo de CBR de diseño

Según la Figura 34 Basada para elegir el CBR de diseño

Figura 35 Basada para elegir el CBR de diseño y el intervalo de valor de N se elige el 75%

Tabla 60 Resultados de ensayo de CBR del estudio de suelo

Vía antigua del chorrillo			
#Sondeos	1	2	3
Muestras	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Resultados de ensayo de CBR	18,87%	2,38%	14,87%

Fuente: Autoría propia

Nota: Todo esto en base a los cálculos finales del ensayo de penetración

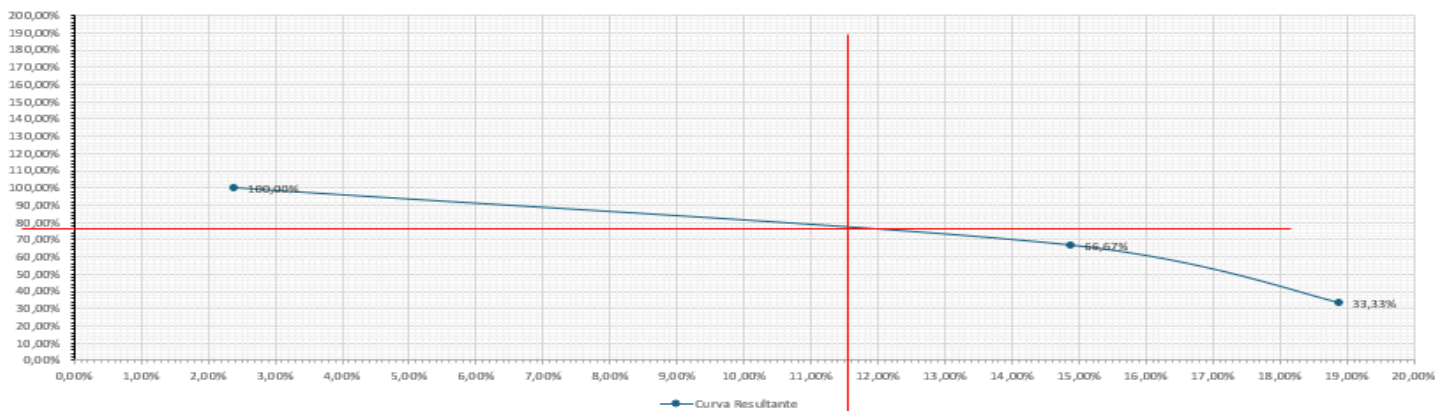
Tabla 61 Valores para la gráfica de CBR

CBR	Número de valores iguales o mayores	% de valores iguales o mayores
2,38%	3	100,00%
14,87%	2	66,67%
18,87%	1	33,33%

Fuente: Autoría propia

Figura 46 Selección del CBR por gráfica

Selección del CBR de diseño para la unidad típica



CBR=	11,58
------	-------

La tabla En base a los Parámetros del método AASTHO 93 del apartado 4.1.3.

4.10.5 Cálculo de Módulo resiliente

Tabla 62 Parámetros del Método de AASTHO 93

Zr (variable normal estándar)	-1,037
Período de diseño	10
N	772163,80791
R	85
So	0,45
Po	4,2
Pt	2,5
$\Delta \text{PSI} = (P_o - P_t) =$	1,7
CBR (subrasante original)	11,58
MR	14741,16537

Fuente: Autoría propia

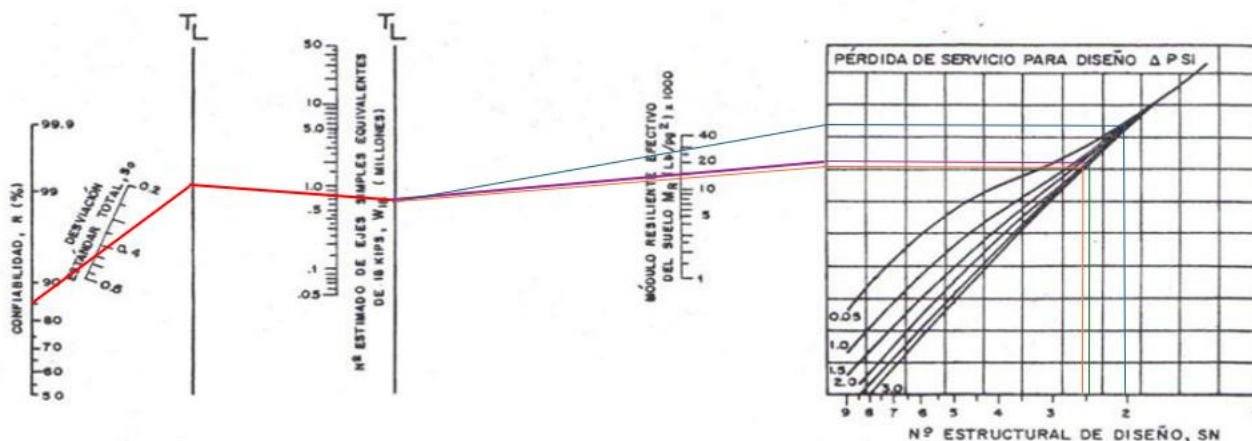
Nota: Esta en base a la ecuación de la Figura 37 Modulo Resiliente

Figura 38 Abaco cálculo de numero estructuralFigura 39 Modulo Resiliente

4.10.6 Cálculo de Número estructural requerido

En base a la confiabilidad, N° estimado de ejes equivalente y módulo resiliente para cada capa según la tabla 4.10.3.2. se halla el NE requerido

Figura 49 Ábaco para el NE de diseño



Fuente: Autoría propia

Tabla 63 Coeficientes estructurales, modulo resiliente y NE de diseño

Capa	a	MR	NE (requerido)
Sub rasante	-	14742	
Sub base	0,108	14900	2,6
Base G.	0,133	27500	2,45
Carpeta A.	0,44	45000	2

Fuente: Autoría propia

Nota: Están en base a la Tabla 42 Coeficientes estructurales

4.10.7. Cálculo del número estructural de diseño

4.10.7.1 Fórmulas y condiciones de espesores de capa

$$D_1 = \frac{SN_1}{a_1} \quad (4.11)$$

$$SN_{d1} \geq D_1 \times a_1 \quad (4.12)$$

$$D_2 = \frac{SN_2 - SN_{1c}}{a_2 \times m_2} \quad (4.13)$$

$$SN_{2c} = a_2 \times D_2 \times m_2 \quad (4.14)$$

$$SN_{d2} = SN_{2c} + SN_{1c} \quad (4.15)$$

$$SN_{d2} \geq SN_2 \quad (4.16)$$

$$D_3 = \frac{SN_3 - (SN_{1c} + SN_{2c})}{a_3 \times m_3} \quad (4.17)$$

$$SN_{3c} = a_3 \times D_3 \times m_3 \quad (4.18)$$

$$SN_d = SN_{3c} + SN_{2c} + SN_{1c} \quad (4.19)$$

$$SN_d \geq SN_3 \quad (4.20)$$

Donde:

D_1 = Espesor de la carpeta asfáltica

a_1 = Coeficiente estructural de la carpeta asfáltica

SN_1 = Número estructural de la carpeta asfáltica

SN_{d1} = Número estructural de diseño de la carpeta asfáltica corregido

D_2 = Espesor de la base granular

a_2 = Coeficiente estructural de la base granular

m_2 = Coeficiente de drenaje de la base granular

SN_2 = Número estructural de la base granular

SN_{2c} = Número estructural de la base granular corregido

SN_{d2} = Número estructural de diseño entre la carpeta asfáltica y la base

D_3 = Espesor de la sub-base granular

a_3 = Coeficiente estructural de la base granular

m_3 = Coeficiente de drenaje de la sub-base granular

SN_3 = Número estructural de la sub-base granular

SN_{3c} = Número estructural de la sub-base granular corregido

SN_d = Número estructural diseño final

4.10.7.2 Solución del número estructural de diseño

Figura 52 Espesores mínimos recomendados para carpeta asfáltica y base granular

Nota: En Figura 52	Número acumulado de ejes equivalentes (ESAL)	Carpeta asfáltica (pulg)	Base granular (pulg)	a r
	Menor de 50 000	1.0	4	
	50 001 – 150 000	2.0	4	
	150 001 – 500 000	2.5	4	
	500 001 – 2 000 000	3.0	6	
	2 000 001 – 7 000 000	3.5	6	
	Mayor de 7 000 000	4.0	6	

Figura 53 Clasificación de suelos
Figura 54 Los espesores mayores o iguales que deben ser para esas capas (3 ln) para carpeta asfáltica y (6 ln) para base.

Los coeficientes de drenajes que se utilizaron 0.8 tanto para base como sub-base y en el apartado 4.5 se explicó la razón

En base a los datos de la Tabla 63 se trabaja

NE1	Carpeta asfáltica	2
-----	-------------------	---

Para los espesores de la capa solo se trabaja con números enteros por precisión constructiva.

Se utiliza la fórmula (4.11) para el espesor de capa de la carpeta asfáltica

$$D_1 = \frac{SN_1}{a_1} = \frac{2}{0.44} = 4.545 \text{ pulg} = 11.545 \text{ cm} \approx 12 \text{ cm} = 4.7244 \text{ pulg}$$

Se toma 12cm que equivale a 4.724 pulgadas

En base a la fórmula (4.12)

$$SN_{d1} \geq SN_1$$

$$SN_{d1} = 0.44 \times 4.7244 \text{ pulg}$$

$$SN_{d1} = 2.079$$

$$2.079 \geq 2 \quad \text{ok}$$

NE2	Base Granular	2.45
-----	---------------	------

En base a la fórmula (4.13) se calcula el espeso de la base

$$D_2 = \frac{SN_2 - SN_{1c}}{a_2 \times m_2} = \frac{2.45 - 2.079}{0.133 \times 0.8} = 3.489 \text{ pulg} = 8.863 \text{ cm} \approx 16 \text{ cm} = 6.2992 \text{ pulg}$$

Se adopta 6.2992 pulgadas que son 16cm

En base a la fórmula (4.14) se calcula el número estructural corregido para esa capa:

$$SN_{2c} = 0.133 \times 6.2992 \times 0.8 = 0.670$$

En base a la fórmula (4.15) se calcula el número estructural de diseño de la base

$$SN_{d2} = 2.079 + 0.670 = 2.749$$

Se comprueba con la fórmula (4.16)

$$2.749 \geq 2.45 \quad \text{ok}$$

Nota: El número estructural de diseño ya superó al número estructural requerido de la sub-base por lo que no sería necesario de una sub-base porque ya soportaría todos los esfuerzos del NE, pero se lo considera para mayor seguridad y para distribuir mejor las cargas hacia la subrasante. También se lo considera para facilitar el drenaje.

NE3	Sub-Base Granular	2.6
-----	-------------------	-----

Se utiliza la fórmula (4.17) para el espesor de la sub-base

$$D_3 = \frac{2.6 - (2.079 + 0.670)}{0.108 \times 0.8} = -1.72454 \text{ pulg}$$

Nota: Es evidente sale negativo porque ya había superado el número estructural de diseño al número estructura requerido de la sub-base. La sub-base está construida con un material de menor calidad y para compensar esa menor capacidad se necesita un espesor igual o mayor.

$$D_3 = 16 \text{ cm} = 6.2992 \text{ pulg}$$

Se utiliza la fórmula (4.18) para el corregido

$$SN_{3c} = 0.108 \times 6.2992 \times 0.8 = 0.544$$

Se utiliza la fórmula 4.19 para Número estructural de diseño final

$$SN_d = 0.544 + 0.670 + 2.079 = \mathbf{3.293}$$

$$NE \text{ (calculado por capas)} = NE1 + NE2 + NE3$$

Tabla 64 Verificación según AASTHO

	NE (calculado por capas)	Espesor (pulg)	Espesor (cm)	
	2,079	4,7244	12,00	Carpeta asfáltica
	0,670	6,2992	16,00	base
	0,544	6,2992	16,00	Sub-base
				Subrasante
NE (diseño)	3,293	17,3228	44,00	
NE(requerido)	2,6			
NE (diseño) > NE(requerido)	Cumple			

Fuente: Autoría propia

Nota: Con eso comprueba que los espesores proporcionan la capacidad estructural necesaria

4.10.8. NÚMERO ESTRUCTURAL (FÓRMULA)

$$\text{Log}_{10}(N) = (Z_r)S_o + (9.36)\text{Log}_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)}} + 2.32(\text{Log}_{10})(M_R) - 8.07$$

$$\text{Log}_{10}(N) = (Z_r)S_o + (9.36)\text{Log}_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)}} + 2.32(\text{Log}_{10})(M_R) - 8.07$$

En base a la fórmula 4.7 calculamos el SN requerido con la fórmula utilizando el número de ejes equivalentes que es 772163,80791 de la Tabla 4.10.5.1.

$$\text{Log}_{10}(772163,80) = (Z_r)S_o + (9.36)\text{Log}_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)}} + 2.32(\text{Log}_{10})(M_R) - 8.07$$

$$\text{Log}_{10}(772163,80) = (Z_r)S_o + (9.36)\text{Log}_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)}} + 2.32(\text{Log}_{10})(M_R) - 8.07$$

$$5.8877 = -1,037(0,45) + (9.36)\text{Log}_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{1.7}{4.2-1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)}} + 2.32(\text{Log}_{10})(14741.16537) - 8.07$$

Resolviendo la ecuación:

$$SN_{req}(fórmula) = 2.4613$$

$$SN_d > SN_{req}(fórmula)$$

$$3.293 > 2.4613 \quad \text{ok}$$

Cumple

Cumple es decir que la estructura de pavimento diseñada su capacidad estructural es superior a la mínima que exige AASTHO 1993 es decir que puede soportar el tránsito previsto.

5. CONCLUSIONES

- El diseño geométrico se consideró una velocidad de diseño de 60 km/h, con tráfico medio y terreno ondulado. Con un radio mínimo de curvas

circulares de 70m. Una acera de 0.20m, 2 carriles de 3.60m. Con una pendiente máxima longitudinal de cerca del 8% con elevaciones de hasta 192m y longitudes de transición tipo clotoide, garantizando la comodidad y seguridad del conductor. Estos valores se ajustan a los criterios de vías secundarias rurales del MTOP.

- La granulometría por lavado permite eliminar el material fino adherido a las partículas gruesas mediante el uso de agua, obteniendo una clasificación más precisa del suelo o agregado. Los resultados del ensayo son fundamentales para evaluar la calidad del material y verificar si cumple con las especificaciones técnicas requeridas para su utilización en obras de pavimentación, carreteras y otras estructuras de ingeniería civil. Se clasificó el suelo la primera muestra como Arena Limosa (SM) por un porcentaje de finos de 21.33% y 78.67% de suelo grueso (44,14% de arena), un índice de grupo, clasificada en AASTHO como A-2-4(0). La segunda muestra como un limo de alta plasticidad (MH) con un límite líquido de 56.742 e índice de plasticidad de 23.785; fue el suelo con más porcentajes de finos con 91.07% en su totalidad. En AASTHO clasificada como A-7-5 (17). La tercera muestra como un limo de baja plasticidad (ML) con un porcentaje de finos de 60.47% y en AASTHO clasificada como A-4 (6).
- Para el cálculo de ejes equivalentes emplea a el tránsito de diseño que abarca al tránsito actual, crecimiento de tránsito normal y tránsito inducido. El tránsito inducido dio 196 veh/día una tasa de crecimiento de 8 veh/ día a diferencia del tránsito actual. Este incremento influye directamente en los ejes equivalentes. El factor de carga de carga equivalente es directamente proporcional a los ejes equivalentes el cual no depende tanto del tránsito actual o inducido sino de la mayor cantidad de vehículos pesados con ejes de mayor peso. El año de diseño también repercute
- Se diseñó la estructura de pavimento flexible con espesores de 12 cm para la carpeta asfáltica, 16cm para la base y 16cm para la sub-base. El CBR de

las muestras de suelo grueso nos ayudó a tener un mayor CBR de diseño lo que corresponde a necesitar menos espesor en cada capa ya que son mejores resistiendo esfuerzos que los suelos finos que en los estudios de suelo se verificó que absorben demasiada agua y eso disminuye la resistencia de las capas granulares haciendo que ocurran mayores deformaciones en la vía. Si fuera mayor el CBR de diseño tendría mayor capacidad de soportar cargas.

- Se levantó la información topográfica y geotécnica del tramo de estudio con el propósito de obtener los datos necesarios para el diseño geométrico y estructural del pavimento. El levantamiento topográfico permitió definir la configuración del terreno mediante la obtención de coordenadas, cotas, perfiles longitudinales y secciones transversales, mientras que la investigación geotécnica comprendió la ejecución de calicatas, la identificación de los estratos del suelo, el muestreo y la realización de ensayos de laboratorio para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante, información indispensable para el diseño del pavimento.

6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda ejecutar el diseño considerando el mejoramiento de la subrasante, en caso de que las condiciones del suelo existente así lo requieran
- Ejecutar la estructura del pavimento respetando los espesores establecidos en el diseño.
- Implementar señalizaciones conforme a la normativa vigente.
- Efectuar controles de calidad durante la construcción.
- Realizar aforos vehiculares para evaluar el crecimiento de tránsito a futuro.

7. Referencias bibliográficas

- (FHWA), F. H. (2006). *Geotechnical Aspects of Pavements – Reference Manual*.
Obtenido de Federal Highway Administration:
<https://www.fhwa.dot.gov/engineering/geotech/pubs/05037/>
- AASHTO. (1993). *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*. Washington,
D. C.: AASHTO.
- AASHTO. (1993). *AASHTO guide for design of pavement structures*. Washington,
D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- AASHTO. (2020). *AASHTO M 145: Standard Specification for Classification of Soils
and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes*.
Washington, D.C.: American Association of State Highway and Transportation
Officials (AASHTO).
- Agency., U. E. (2020). *EPANET*. Obtenido de <https://www.epa.gov/water-research/epanet>
- Anchundia Anchundia, J. S. (2024). *Diseño vial urbano del pavimento para mejorar
la movilidad en las calles de la ciudadela El Bosque, comuna Bajos del
Pechiche, cantón Montecristi*. Jipijapa.
- Arizmendi Barnés, L. J. (2007). *Cálculo y normativa básica de las instalaciones en
los edificios* (septima ed., Vol. Vol: 1). EUNSA.
- ASTM. (2024). *ASTM D1883 – Standard Test Method for California Bearing Ratio
(CBR) of Laboratory-Compacted Soils*. West Conshohocken, Pennsylvania:
ASTM International.
- Bowles, J. E. (1997). *Foundation Analysis and Design*. New York: McGraw-Hill.
- Cárdenas Grisales, J. (2013). *Diseño geométrico de carreteras*. Bogotá: Ecoe
Ediciones.

- Co, C. (2011). *Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías (Documento Técnico No. 410)*. McGraw-Hill Interamericana.
- Comunicaciones, M. d. (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018*. Obtenido de Ministerio de Transportes y Comunicaciones: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf
- Corredor M., G. (2010). *Apuntes de Pavimentos. Volumen 3: Método AASHTO para Diseño de Pavimentos Flexibles*. Caracas: Universidad Santa María – Universidad Católica Andrés Bello.
- Das, B. M., & Sobhan, K. (2018). *Principles of Geotechnical Engineering*. Boston: Cengage Learning.
- Debem. (20 de abril de 2023). Obtenido de <https://www.debem.com/es/curva-caracteristica-de-bomba-centrifuga/>
- Gilson, G. (2022). *Test Sieves: Coarse and Fine Aggregate Sieve Sizes*. Obtenido de <https://www.globalgilson.com/blog/sieve-sizes>
- Hidrología, I. N. (s.f.).
- INAMHI. (s.f.). *Clima*. Obtenido de <https://servicios.inamhi.gob.ec/clima/>
- Institute, T. A. (1991). *MS-1 Thickness Design – Asphalt Pavements for Highways and Streets*. Lexington, Kentucky: The Asphalt Institute.
- INVIAS. (2022). *Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos para Vías de Bajo Volumen de Tránsito*. Bogotá D.C.: Instituto Nacional de Vías, Ministerio de Transporte de Colombia.
- Loja Balarezo, R. A. (2018). *Diseño geométrico y de pavimentos de la vía Camino a Ucholoma de la parroquia Baños, cantón Cuenca*. Cuenca.

M.Das, B. (2017). *Fundamentos de ingeniería Geotécnica*.

Marcelo, M. T. (2017). *Análisis sobre la recurrencia de terremotos severos en Ecuador*. Recuperado el 29 de marzo de 2025, de <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/prisma/article/view/1526/2266>

Montecristi., G. A. (2023). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) del Cantón Montecristi*. Montecristi.

MTOP. (2018). *Norma Ecuatoriana Vial. Volumen 3: Diseño geométrico de carreteras*. Quito.

Normalización, S. E. (1984). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 440: Colores de identificación de tuberías*.

Normalizacion, S. E. (2014). Obtenido de Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 094: Eficiencia energética de bombas y conjunto motor-bomba, para bombeo de agua limpia, en potencias de 0,187 kW a 0,746 kW y etiquetado: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/reglamentos/RTE-094.pdf>

Normalización., S. E. (2013). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2517: Bombas centrífugas. Eficiencia energética y etiquetado*.

PIARC. (s. f.). *Diccionario Vial – Levantamiento topográfico*. Obtenido de PIARC: <https://www.piarc.org/es/actividades/Diccionario-Vial-Terminologia-Transporte-Carretera/ficha-termino/68526-es-levantamiento%20topogr%C3%A1fico>

Públicas, M. d. (2018). *Ministerio de Transporte y Obras Públicas*. Quito: Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

Públicas, M. d. (2018). *Norma Ecuatoriana Vial. Volumen 3: Diseño geométrico de carreteras*. Quito: Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

- Públicas, M. d. (2018). *Norma Ecuatoriana Vial. Volumen 3: Diseño geométrico de carreteras*. Quito: Ministerio de Transporte y Obras Públicas.
- Pumps, D. (29 de julio de 2023). Obtenido de <https://dynaproco.com/technical-support-resources/partes-de-una-bomba-centrifuga-una-guia-completa>
- Rodríguez Díaz, H. A. (2005). *Diseños hidráulicos, sanitarios y de gas en edificaciones*. Escuela Colombiana de Ingeniería.
- S.p.A., P. (s.f.). *HF: High flow rates*. Recuperado el 20 de 06 de 2025, de https://www.pedrollo.com/public/allegati/HF_EN_60Hz.pdf
- Saldarriaga, J. (2019). *Hidráulica de tuberías: Abastecimiento de agua, redes, riego* (cuarta ed.). Alfaomega.
- Sotelo Ávila, G. (1997). *Hidráulica general: Fundamentos* (Vol. 1). Limusa.
- Swamee, P. K. (1976). *Explicit equations for pipe-flow problems*. *Journal of the Hydraulics Division*, 102(5), 657-664. Obtenido de <https://doi.org/10.1061/JYCEAJ.0004542>
- Systems, P. W. (s.f.). *CQPH: High-flow centrifugal pumps*. Recuperado el 20 de 06 de 2025, de <https://pearlwatersystems.com/catalogs>
- Villalaz, C. C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. México, D.F.: Limusa.
- Villalaz, C. C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. Limusa.
- Vivienda, M. d. (2011). Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec>
- Wolf, P. R., & Ghilani, C. D. (2012). *Elementary Surveying: An Introduction to Geomatics*. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Yoder, E. J., & Witczak, M. W. (1975). *Principles of Pavement Design*. New York: John Wiley & Sons.

ANEXOS

Figura 55 Clasificación de suelos

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION SUCS - ASTM D2487

GRUPOS			SÍMBOLO DE GRUPO	NOMBRE DE GRUPO	CRITERIOS DE CLASIFICACION		
SUELOS DE GRANO GRUESO (mas del 50 % es retenido en el tamiz No 200) > 50% Ret. Nº 200	GRAVAS (mas de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz No 4)	Gravas Limpias (menos de 5% de finos)	GW	Grava bien gradada	<i>solo Granulometría</i>	$Cu > 4$ y $1 < Cc < 3$	
			GP	Grava pobremente gradada		$Cu < 4$ y/o $1 > Cc > 3$	
		Gravas con finos (mas de 12% de finos)	GM	Grava limosa	Los finos se ubican en la zona de LIMOS (ML) en la Carta de Plasticidad de Casagrande		
			GC	Grava arcillosa	Los finos se ubican en la zona de ARCILLA (CL) en la Carta de Plasticidad de Casagrande		
			GC-GM	Grava limosa arcillosa	Símbolo dual: Finos se ubican en la zona de signo doble (CL-ML) de la carta de plasticidad de Casagrande.		
		Gravas con 5 a 12% de finos (símbolo dual)	GW-GM GW-GC GP-GM GP-GC	Grava bien gradada con limo Grava bien gradada con arcilla Grava pobremente gradada con limo Grava pobremente gradada con arcilla	Granulometria(Cc, Cu) y plasticidad (Carta de Plasticidad) Símbolo dual		
	ARENAS (mas de la mitad de la fracción gruesa es menor que el tamiz No 4)		Arenas Limpias (poco o ningún fino)	SW	Arena bien gradada	<i>solo Granulometría</i>	$Cu > 6$ y $1 < Cc < 3$
				SP	Arena pobremente gradada		$Cu < 6$ y/o $1 > Cc > 3$
			Arenas con finos (mas de 12% de finos)	SM	Arena limosa	Los finos se ubican en la zona de LIMOS (ML) en la Carta de Plasticidad de Casagrande	
		SC		Arena arcillosa	Los finos se ubican en la zona de ARCILLA (CL) en la Carta de Plasticidad de Casagrande		
		SC-SM		Arena limosa arcillosa	Símbolo dual: Finos se ubican en la zona de signo doble (CL-ML) de la carta de plasticidad de Casagrande.		
		Arenas con 5 a 12 % de finos (símbolo dual)	SW-SM SW-SC SP-SM SP-SC	Arena bien gradada con limo Arena bien gradada con arcilla Arena pobremente gradada con limo Arena pobremente gradada con arcilla	Granulometria(Cc, Cu) y plasticidad (Carta de Plasticidad) Símbolo dual		
	SUELOS DE GRANO FINO (50 % ó mas pasa el tamiz No 200) ≥ 50% Pasa Nº 200		LIMOS Y ARCILLAS Limite Líquido < 50%	CL	Arcilla de baja plasticidad	IP > 7 y cae en ó sobre la línea A	
				ML	Limo	IP < 4 ó cae bajo la línea A	
				CL-ML	Arcilla limosa	$4 \leq IP \leq 7$, Símbolo dual: Finos se ubican en la zona de signo doble (CL-ML).	
		OL		arcilla ó limo orgánico	Ubicar IP en Carta Plasticidad y verificar que : LL (secado al horno) / LL (sin secado al horno) < 0.75		
LIMOS Y ARCILLAS Limite Líquido ≥ 50%		CH	Arcilla de alta plasticidad	IP cae en ó sobre la línea A			
		MH	Limo elástico	IP cae bajo de la línea A			
		OH	arcilla ó limo orgánico	Ubicar IP en Carta Plasticidad y verificar que : LL (secado al horno) / LL (sin secado al horno) < 0.75			
Suelos altamente orgánicos			PI	Turba	Patrón principal de identificación: color oscuro a negro, olor orgánico, textura fibrosa e amorfa. No aplican ensayos		

Autor: Myzael Valdivia

Figura 58 Peso máximo permitido de eje de vehículos

CUADRO DEMOSTRATIVOS 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				CAMIÓN DE 2 EJES PEQUEÑO	7	5,00	2,60	3,00
2DA				CAMIÓN DE 2 EJES MEDIANOS	10	7,50	2,60	3,50
2DB				CAMIÓN DE 2 EJES GRANDES	18	12,20	2,60	4,10
3-A				CAMIÓN DE 3 EJES	27	12,20	2,60	4,10
4-C				CAMIÓN DE 4 EJES	31	12,20	2,60	4,10
4-0 OCTOPUS				CAMIÓN CON TÁNDEM DIRECCIONAL Y TÁNDEM POSTERIOR	32	12,20	2,60	4,10
V2DB				VOLQUETA DE DOS EJES 8 m³	18	12,20	2,60	4,10
V3A				VOLQUETA DE TRES EJES 10-14 m³	27	12,20	2,60	4,10
VZS				VOLQUETA ZS DE 3 EJES 16 m³	27	12,20	2,60	4,10
T2				TRACTO CAMIÓN DE 2 EJES	18	8,50	2,60	4,10
T3				TRACTO CAMIÓN DE 3 EJES	27	8,50	2,60	4,10
S3				SEMIREMOLQUE DE 3 EJES	24	13,00	2,60	4,10
S2				SEMIREMOLQUE DE 2 EJES	20	13,00	2,60	4,10
S1				SEMIREMOLQUE DE 1 EJE	11	13,00	2,60	4,10
R2				REMOLQUE DE 2 EJES	22	10,00	2,60	4,10
R3				REMOLQUE DE 3 EJES	31	10,00	2,60	4,10
B1				REMOLQUE BALANCEADO DE 1 EJE	11	10,00	2,60	4,10
B2				REMOLQUE BALANCEADO DE 2 EJES	20	10,00	2,60	4,10
B3				REMOLQUE BALANCEADO DE 3 EJES	24	10,00	2,60	4,10

Para las unidades de carga (Remolques, semiremolques y remolques balanceados) en la combinación se restará el largo del trasape.

Figura 61 Factores equivalente de carga eje TANDEM

Tabla IV.10. Factores equivalentes de carga, ejes tandem, $p_t = 2,0$

Carga/eje		SN pulg (mm)					
(kpi)	(kN)	1,0 (25,4)	2,0 (50,8)	3,0 (76,2)	4,0 (101,6)	5,0 (127,0)	6,0 (152,4)
2	8,9	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	17,8	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002
6	26,7	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
8	35,6	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002
10	44,5	0,007	0,008	0,008	0,007	0,006	0,006
12	53,4	0,013	0,016	0,016	0,014	0,013	0,012
14	62,3	0,024	0,029	0,029	0,026	0,024	0,023
16	71,2	0,041	0,048	0,050	0,046	0,042	0,040
18	80,0	0,066	0,077	0,081	0,075	0,069	0,066
20	89,0	0,103	0,117	0,124	0,117	0,109	0,105
22	97,9	0,156	0,171	0,183	0,174	0,164	0,158
24	106,8	0,227	0,244	0,260	0,252	0,239	0,231
26	115,7	0,322	0,340	0,360	0,353	0,338	0,329
28	124,6	0,447	0,465	0,487	0,481	0,466	0,455
30	133,5	0,607	0,623	0,646	0,643	0,627	0,617
32	142,4	0,810	0,823	0,843	0,842	0,829	0,819
34	151,3	1,06	1,07	1,08	1,08	1,08	1,07
36	160,0	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38
38	169,1	1,76	1,75	1,73	1,72	1,73	1,74
40	178,0	2,22	2,19	2,15	2,13	2,16	2,18
42	186,9	2,77	2,73	2,64	2,62	2,66	2,70
44	195,8	3,42	3,36	3,23	3,18	3,24	3,31
46	204,7	4,20	4,11	3,92	3,83	3,91	4,02
48	213,6	5,10	4,98	4,72	4,58	4,68	4,83
50	222,5	6,15	5,99	5,64	5,44	5,56	5,77
52	231,4	7,37	7,16	6,71	6,43	6,56	6,83
54	240,3	8,77	8,51	7,93	7,55	7,69	8,03
56	249,2	10,4	10,1	9,3	8,8	9,0	9,4
58	258,1	12,2	11,8	10,9	10,3	10,4	10,9
60	267,0	14,3	13,8	12,7	11,9	12,0	12,6
62	275,9	16,6	16,0	14,7	13,7	13,8	14,5
64	284,7	19,3	18,6	17,0	15,8	15,8	16,6
66	293,6	22,2	21,4	19,6	18,0	18,0	18,9
68	302,5	25,5	24,6	22,4	20,6	20,5	21,5
70	311,4	29,2	28,1	25,6	23,4	23,2	24,3
72	320,3	33,3	32,0	29,1	26,5	26,2	27,4
74	329,2	37,8	36,4	33,0	30,0	29,4	30,8
76	338,1	42,8	41,2	37,3	33,8	33,1	34,5
78	347,0	48,4	46,5	42,0	38,0	37,0	38,6
80	355,9	54,4	52,3	47,2	42,5	41,3	43,0
82	364,8	61,1	58,7	52,9	47,6	46,0	47,8
84	373,7	68,4	65,7	59,2	53,0	51,2	53,0
86	382,6	76,3	73,3	66,0	59,0	56,8	58,6
88	391,5	85,0	81,6	73,4	65,5	62,8	64,7
90	400,4	94,4	90,6	81,5	72,6	69,4	71,3

Figura 64 Factores equivalentes de carga eje tridem

Tabla IV.11. Factores equivalentes de carga, ejes tridem, $p_t = 2,0$

Carga/eje		SN pulg (mm)					
(kpi)	(kN)	1,0 (25,4)	2,0 (50,8)	3,0 (76,2)	4,0 (101,6)	5,0 (127,0)	6,0 (152,4)
2	8,9	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	17,8	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
6	26,7	0,0004	0,0004	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
8	35,6	0,0009	0,0010	0,0009	0,0008	0,0007	0,0007
10	44,5	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
12	53,4	0,004	0,004	0,004	0,003	0,003	0,003
14	62,3	0,006	0,007	0,007	0,006	0,006	0,005
16	71,2	0,010	0,012	0,012	0,010	0,009	0,009
18	80,0	0,016	0,019	0,019	0,017	0,015	0,015
20	89,0	0,024	0,029	0,029	0,026	0,024	0,023
22	97,9	0,034	0,042	0,042	0,038	0,035	0,034
24	106,8	0,049	0,058	0,060	0,055	0,051	0,048
26	115,7	0,068	0,080	0,083	0,077	0,071	0,068
28	124,6	0,093	0,107	0,113	0,105	0,098	0,094
30	133,5	0,125	0,140	0,149	0,140	0,131	0,126
32	142,4	0,164	0,182	0,194	0,184	0,173	0,167
34	151,3	0,213	0,233	0,248	0,238	0,225	0,217
36	160,0	0,273	0,294	0,313	0,303	0,288	0,279
38	169,1	0,346	0,368	0,390	0,381	0,364	0,353
40	178,0	0,434	0,456	0,481	0,473	0,454	0,443
42	186,9	0,538	0,560	0,587	0,580	0,561	0,548
44	195,8	0,662	0,682	0,710	0,705	0,686	0,673
46	204,7	0,807	0,825	0,852	0,849	0,831	0,818
48	213,6	0,976	0,992	1,015	1,014	0,999	0,987
50	222,5	1,17	1,18	1,20	1,20	1,19	1,18
52	231,4	1,40	1,40	1,42	1,42	1,41	1,40
54	240,3	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66
56	249,2	1,95	1,95	1,93	1,93	1,94	1,94
58	258,1	2,29	2,27	2,24	2,23	2,25	2,27
60	267,0	2,67	2,64	2,59	2,57	2,60	2,63
62	275,9	3,10	3,06	2,98	2,95	2,99	3,04
64	284,7	3,59	3,53	3,41	3,37	3,42	3,49
66	293,6	4,13	4,05	3,89	3,83	3,90	3,99
68	302,5	4,73	4,63	4,43	4,34	4,42	4,54
70	311,4	5,40	5,28	5,03	4,90	5,00	5,15
72	320,3	6,15	6,00	5,68	5,52	5,63	5,82
74	329,2	6,97	6,79	6,41	6,20	6,33	6,56
76	338,1	7,88	7,67	7,21	6,94	7,08	7,36
78	347,0	8,88	8,63	8,09	7,75	7,90	8,23
80	355,9	9,98	9,69	9,05	8,63	8,79	9,18
82	364,8	11,2	10,8	10,1	9,6	9,8	10,2
84	373,7	12,5	12,1	11,2	10,6	10,8	11,3
86	382,6	13,9	13,5	12,5	11,8	11,9	12,5
88	391,5	15,5	15,0	13,8	13,0	13,2	13,8
90	400,4	17,2	16,6	15,3	14,3	14,5	15,2

Figura 67 Factores equivalentes ejes simples

Tabla IV.12. Factores equivalentes de carga, ejes simples, $p_t = 2,5$

Carga/eje		SN pulg (mm)					
(kps)	(kN)	1,0 (25,4)	2,0 (50,8)	3,0 (76,2)	4,0 (101,6)	5,0 (127,0)	6,0 (152,4)
2	8,9	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
4	17,8	0,003	0,004	0,004	0,003	0,002	0,002
6	26,7	0,011	0,017	0,017	0,013	0,010	0,009
8	35,6	0,032	0,047	0,051	0,041	0,034	0,031
10	44,5	0,078	0,102	0,118	0,102	0,088	0,080
12	53,4	0,168	0,198	0,229	0,213	0,189	0,176
14	62,3	0,328	0,358	0,399	0,388	0,360	0,342
16	71,2	0,591	0,613	0,646	0,645	0,623	0,606
18	80,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
20	89,0	1,61	1,57	1,49	1,47	1,51	1,55
22	97,9	2,48	2,38	2,17	2,09	2,18	2,30
24	106,8	3,69	3,49	3,09	2,89	3,03	3,27
26	115,7	5,33	4,99	4,31	3,91	4,09	4,48
28	124,6	7,49	6,98	5,90	5,21	5,39	5,98
30	133,5	10,3	9,5	7,9	6,8	7,0	7,8
32	142,4	13,9	12,8	10,5	8,8	8,9	10,0
34	151,3	18,4	16,9	13,7	11,3	11,2	12,5
36	160,0	24,0	22,0	17,7	14,4	13,9	15,5
38	169,1	30,9	28,3	22,6	18,1	17,2	19,0
40	178,0	39,3	35,9	28,5	22,5	21,1	23,0
42	186,9	49,3	45,0	35,6	27,8	25,6	27,7
44	195,8	61,3	55,9	44,0	34,0	31,0	33,1
46	204,7	75,5	68,8	54,0	41,4	37,2	39,3
48	213,6	92,2	83,9	65,7	50,1	44,5	46,5
50	222,5	112	102	79	60	53	55,0

ANEXOS EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS

Figura 70 Extracción de muestras para estudio de suelos en la Vía Antigua del Chorrillo



Fuente: Autoría propia

Figura 73 Obtención de puntos para levantamiento topográfico con la ayuda del GAD MONTECRISTI



Fuente: Autoría propia

Figura 76 Estudios de suelo con supervisión del tutor



Fuente: Autoría propia

ANEXOS PLANOS

UNIVERSIDAD LAICA ELOY
ALFARO DE MANABI

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
ARQUITECTURA

PROYECTO:
DISEÑO GEOMÉTRICO VIAL PARA
CHORRILLO

AUTOR:
GUERRERO CALET

UBICACIÓN:
El Chorrillo, Montecristi, Manabí, Ecuador



TEMA: DISEÑO VIAL

CONTENIDO:
PERFILES TRANSVERSALES

FORMATO:

A2

FECHA:

14/05/2026

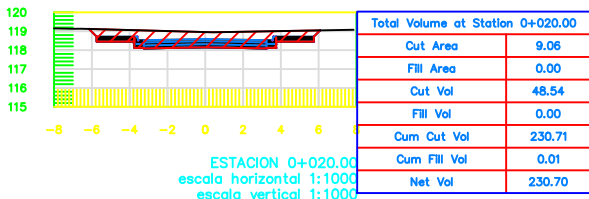
ESCALA:

1/400

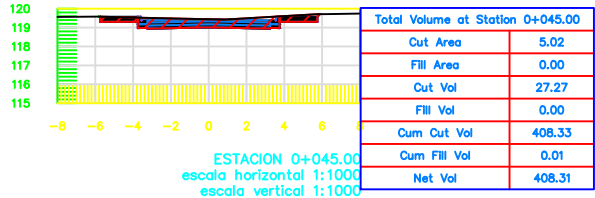
LÁMINA:

L1

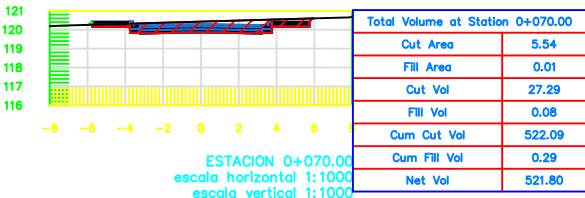
CT=118.15
CSR=118.15



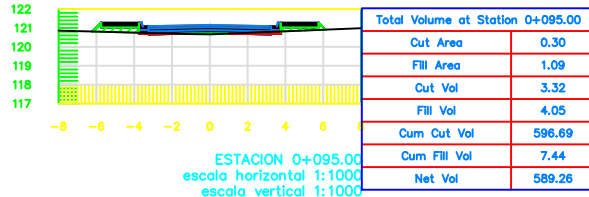
CT=119.01
CSR=119.01



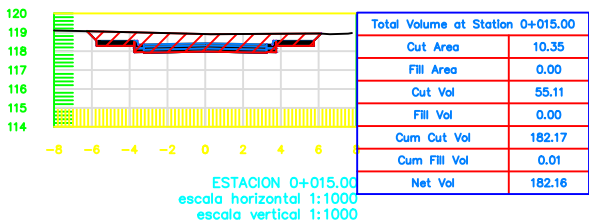
CT=119.86
CSR=119.86



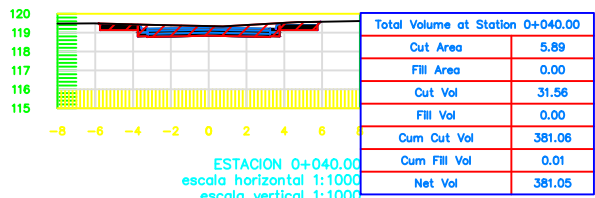
CT=120.72
CSR=120.72



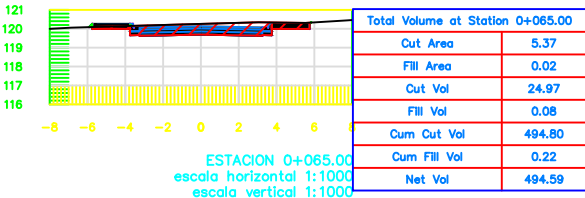
CT=117.98
CSR=117.98



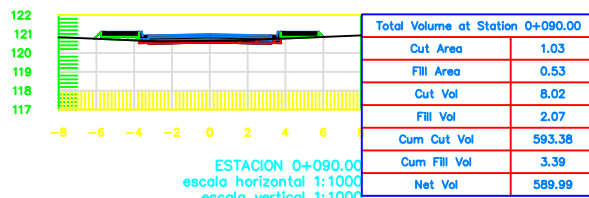
CT=118.84
CSR=118.84



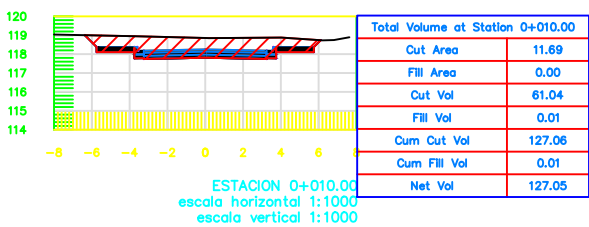
CT=119.69
CSR=119.69



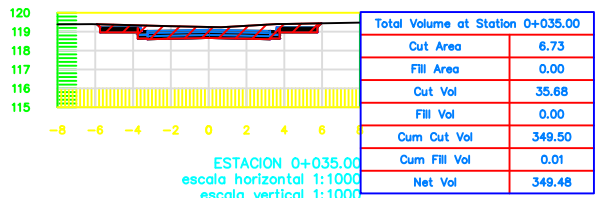
CT=120.55
CSR=120.55



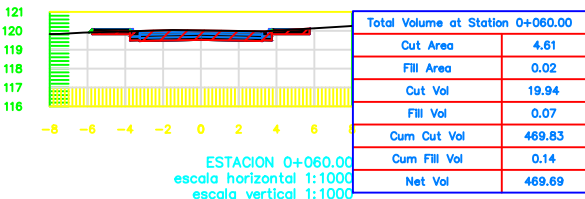
CT=117.81
CSR=117.81



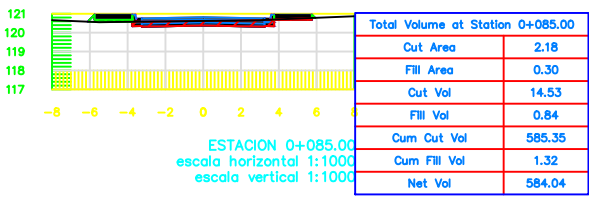
CT=118.67
CSR=118.67



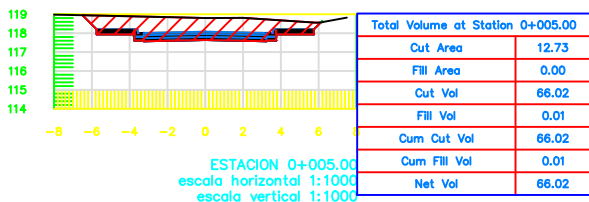
CT=119.52
CSR=119.52



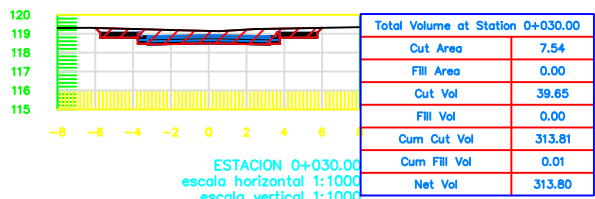
CT=120.38
CSR=120.38



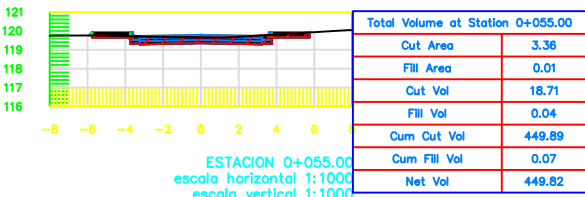
CT=117.64
CSR=117.64



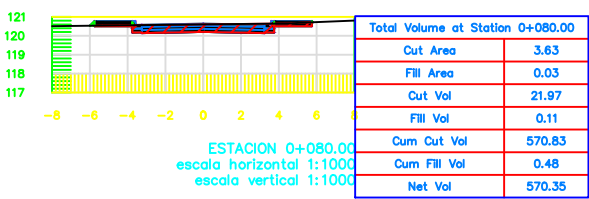
CT=118.49
CSR=118.49



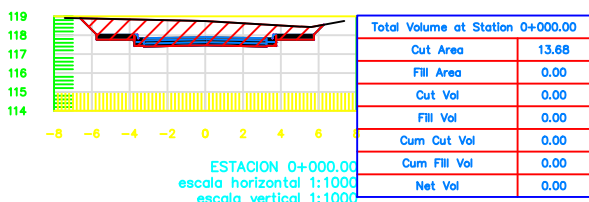
CT=119.35
CSR=119.35



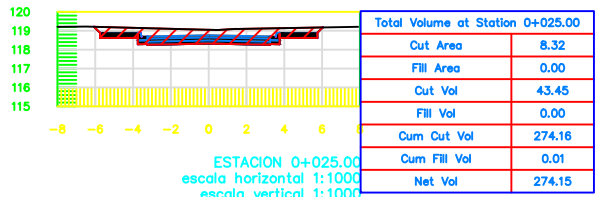
CT=120.21
CSR=120.21



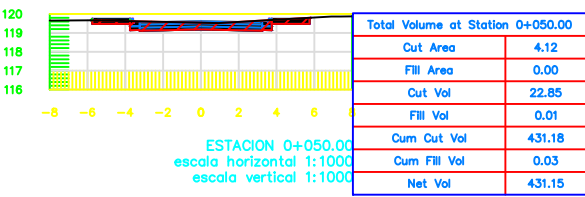
CT=117.47
CSR=117.47



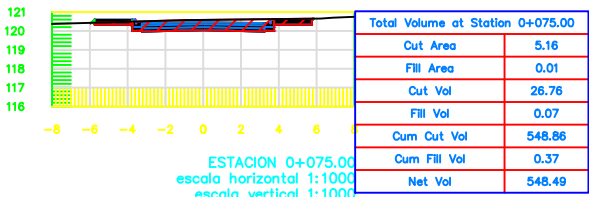
CT=118.32
CSR=118.32



CT=119.18
CSR=119.18



CT=120.04
CSR=120.04



UNIVERSIDAD LAICA ELOY
ALFARO DE MANABI

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
ARQUITECTURA

PROYECTO:
DISEÑO GEOMÉTRICO VIAL PARA
CHORRILLO

AUTOR:
GUERRERO CALET

UBICACIÓN:
El Chorrillo, Montecristi, Manabí, Ecuador



TEMA: DISEÑO VIAL

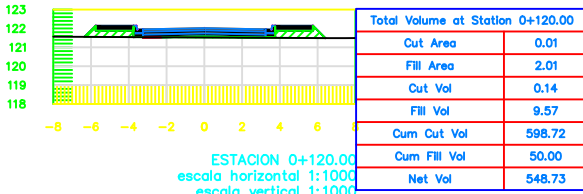
CONTENIDO:
PERFILES TRANSVERSALES

FORMATO:
A2
FECHA:
14/05/2026
ESCALA:
1/400

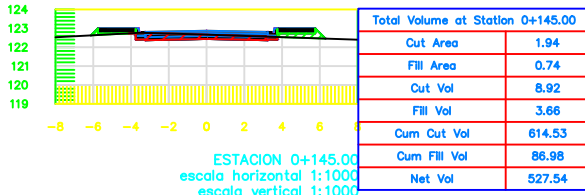
LÁMINA:

L2

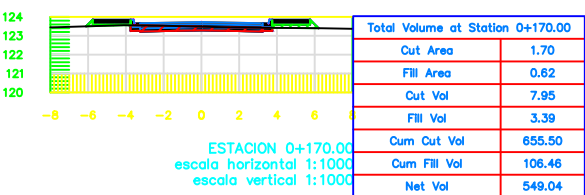
CT=121.58
CSR=121.58



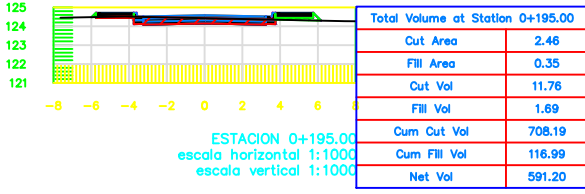
CT=122.43
CSR=122.43



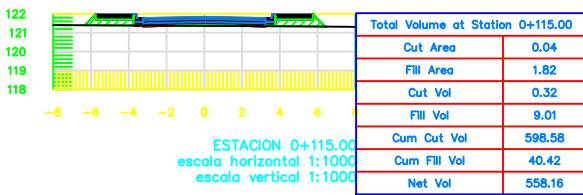
CT=123.29
CSR=123.29



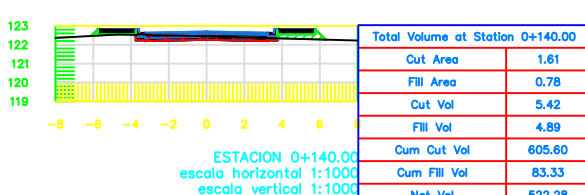
CT=124.15
CSR=124.15



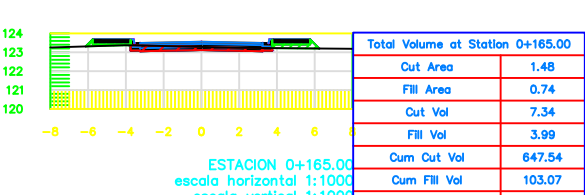
CT=121.41
CSR=121.41



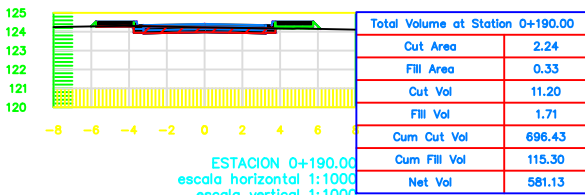
CT=122.26
CSR=122.26



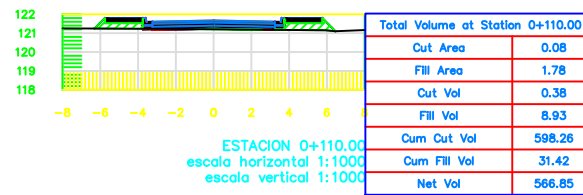
CT=123.12
CSR=123.12



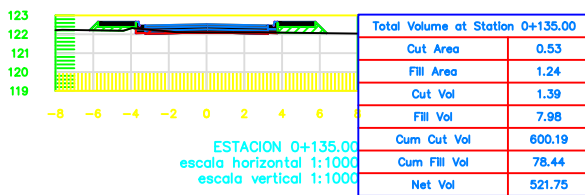
CT=123.97
CSR=123.97



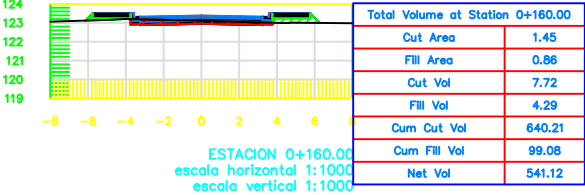
CT=121.23
CSR=121.23



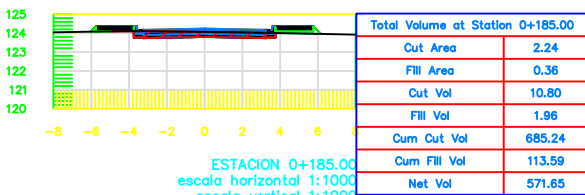
CT=122.09
CSR=122.09



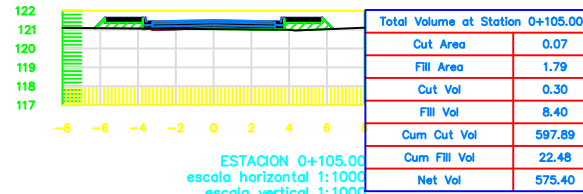
CT=122.95
CSR=122.95



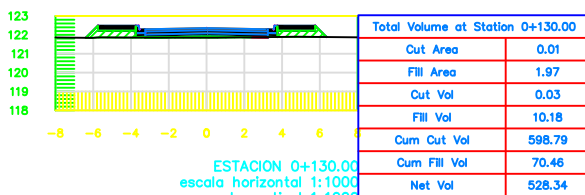
CT=123.80
CSR=123.80



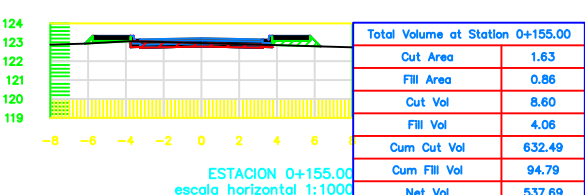
CT=121.06
CSR=121.06



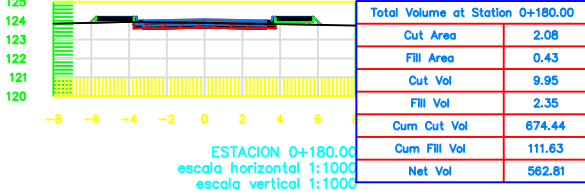
CT=121.92
CSR=121.92



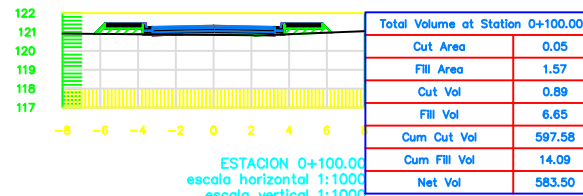
CT=122.78
CSR=122.78



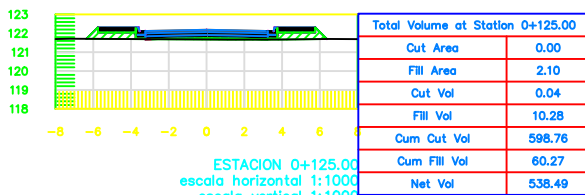
CT=123.63
CSR=123.63



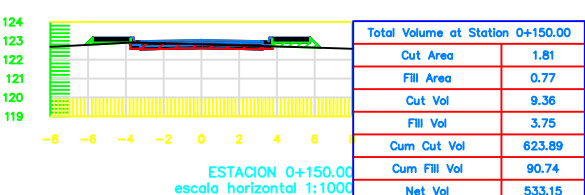
CT=120.89
CSR=120.89



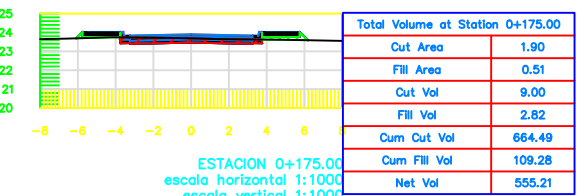
CT=121.75
CSR=121.75



CT=122.60
CSR=122.60



CT=123.46
CSR=123.46



UNIVERSIDAD LAICA ELOY
ALFARO DE MANABI

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
ARQUITECTURA

PROYECTO:
DISEÑO GEOMÉTRICO VIAL PARA
CHORRILLO

AUTOR:
GUERRERO CALET

UBICACIÓN:
El Chorrillo, Montecristi, Manabí, Ecuador



TEMA: DISEÑO VIAL

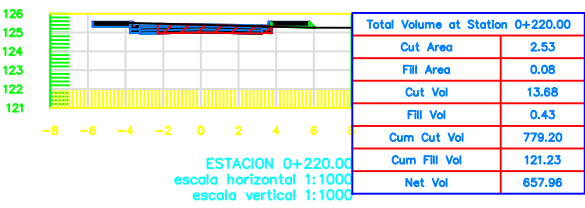
CONTENIDO:
PERFILES TRANSVERSALES

FORMATO:
A2
FECHA:
14/05/2026
ESCALA:
1/400

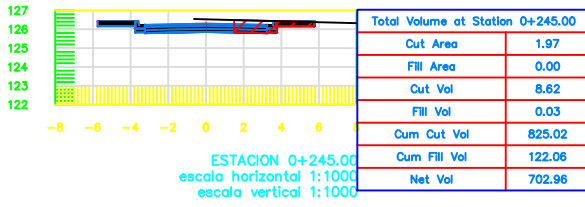
LÁMINA:

L3

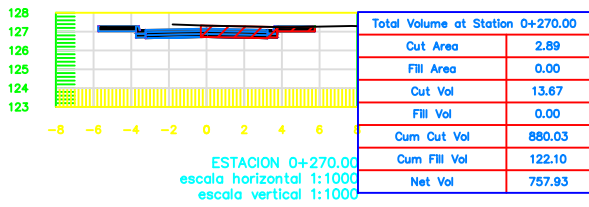
CT=125.00
CSR=125.00



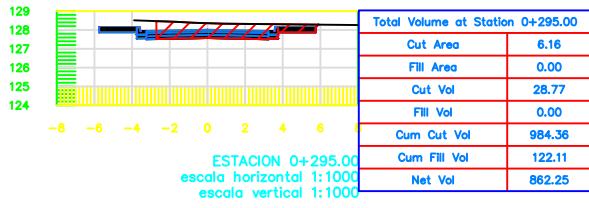
CT=
CSR=



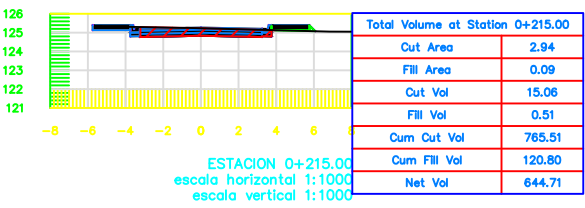
CT=126.72
CSR=126.72



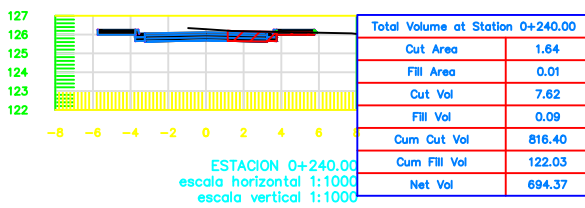
CT=127.57
CSR=127.57



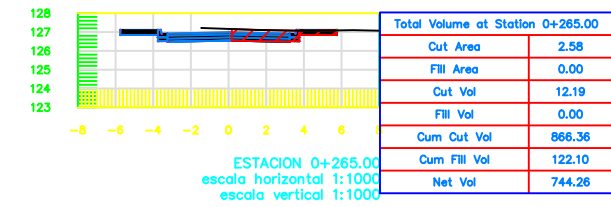
CT=124.83
CSR=124.83



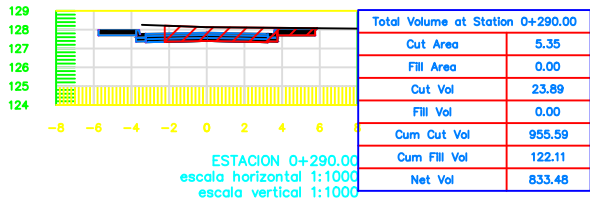
CT=
CSR=



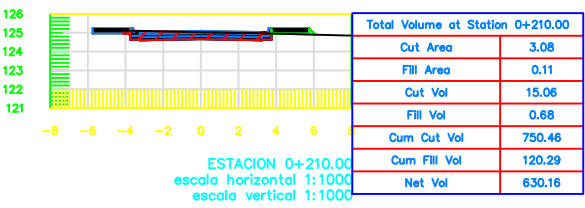
CT=
CSR=



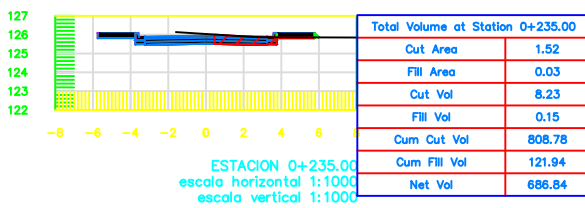
CT=127.40
CSR=127.40



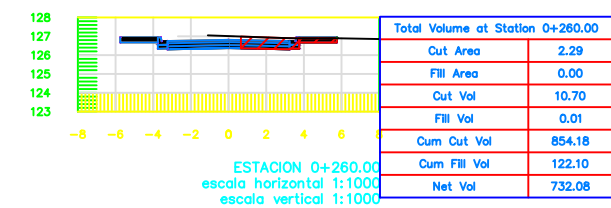
CT=124.66
CSR=124.66



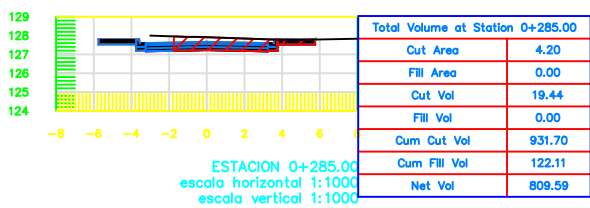
CT=
CSR=



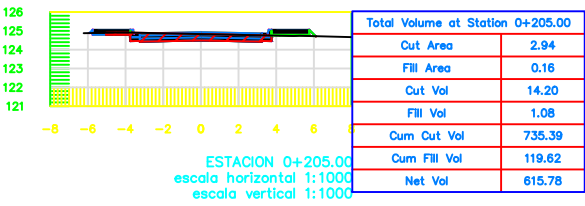
CT=
CSR=



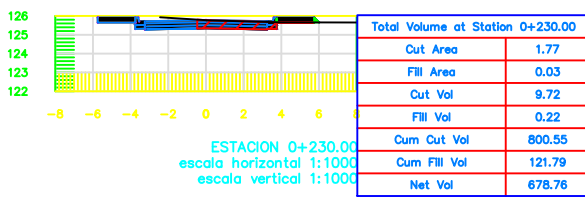
CT=127.23
CSR=127.23



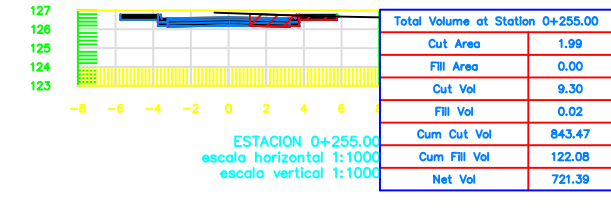
CT=124.49
CSR=124.49



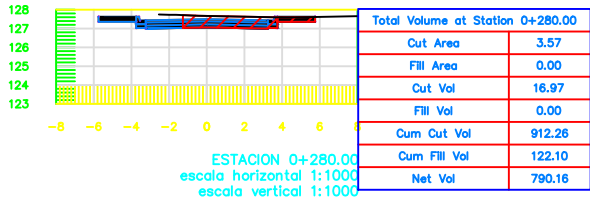
CT=125.35
CSR=125.35



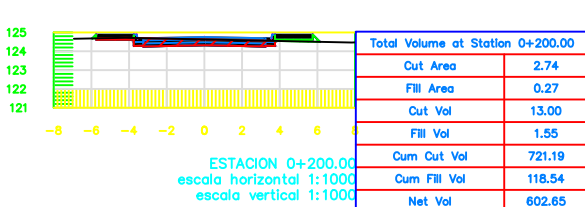
CT=
CSR=



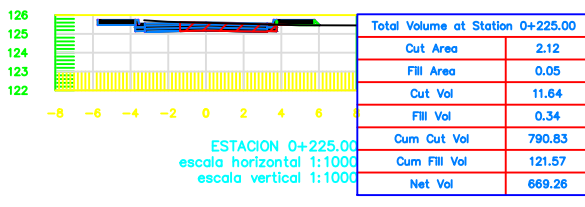
CT=127.06
CSR=127.06



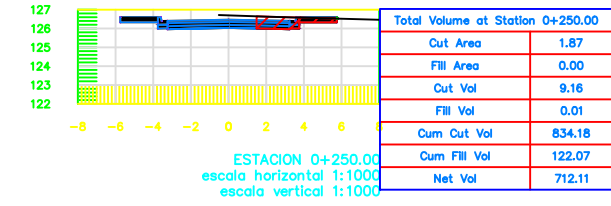
CT=124.32
CSR=124.32



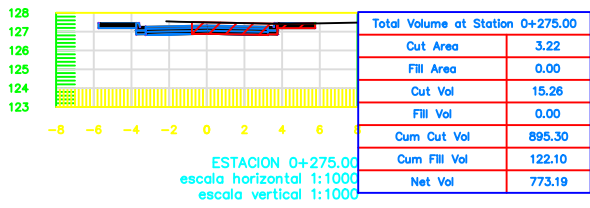
CT=125.17
CSR=125.17



CT=
CSR=



CT=126.89
CSR=126.89



UNIVERSIDAD LAICA ELOY
ALFARO DE MANABI

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
ARQUITECTURA

PROYECTO:
DISEÑO GEOMÉTRICO VIAL PARA
CHORRILLO

AUTOR:
GUERRERO CALET

UBICACIÓN:
El Chorrillo, Montecristi, Manabí, Ecuador



TEMA: DISEÑO VIAL

CONTENIDO:
PERFILES TRANSVERSALES

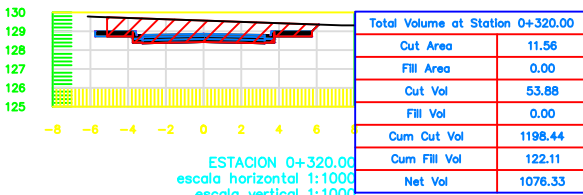
FORMATO:
A2

FECHA:
14/05/2026
ESCALA:
1/400

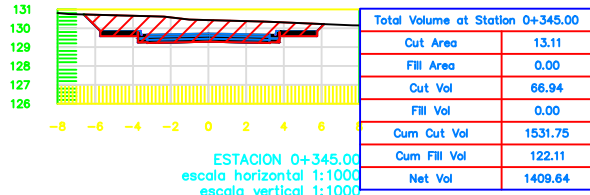
LÁMINA:

L4

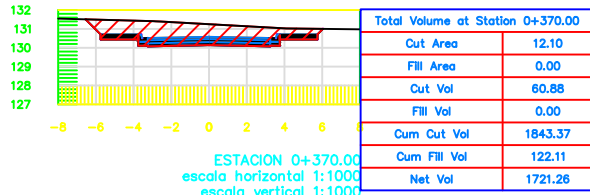
CT=128.43
CSR=128.43



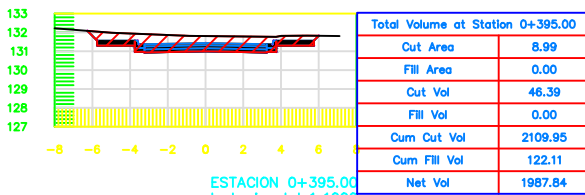
CT=129.28
CSR=129.28



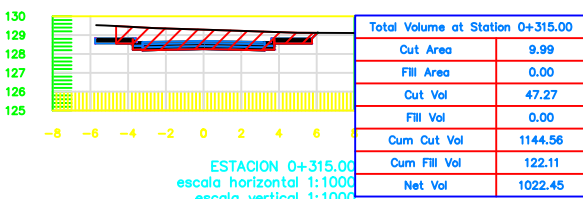
CT=130.14
CSR=130.14



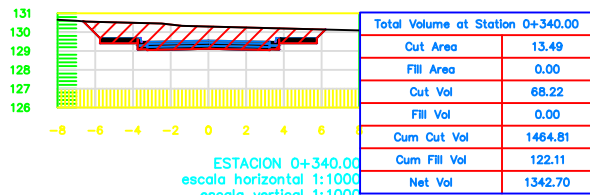
CT=131.00
CSR=131.00



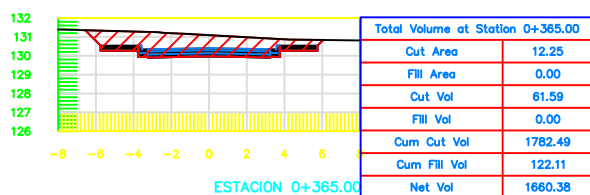
CT=128.26
CSR=128.26



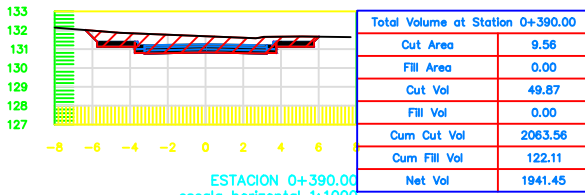
CT=129.11
CSR=129.11



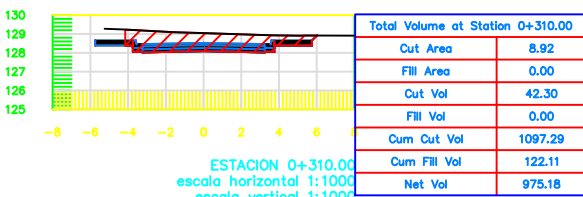
CT=129.97
CSR=129.97



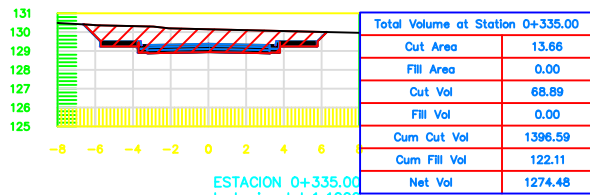
CT=130.83
CSR=130.83



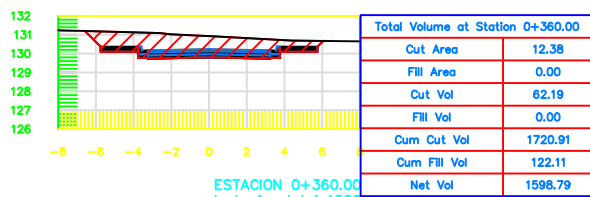
CT=128.09
CSR=128.09



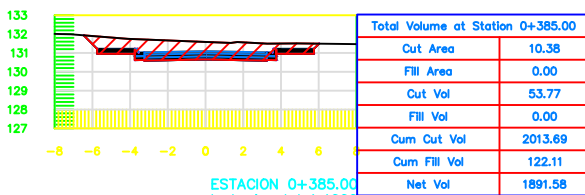
CT=128.94
CSR=128.94



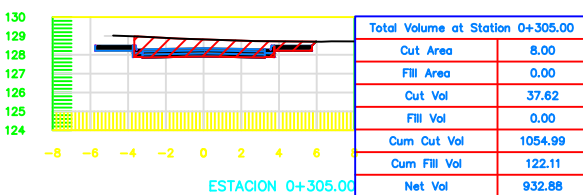
CT=129.80
CSR=129.80



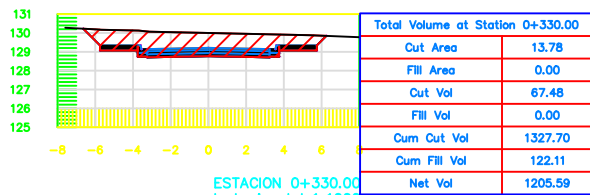
CT=130.66
CSR=130.66



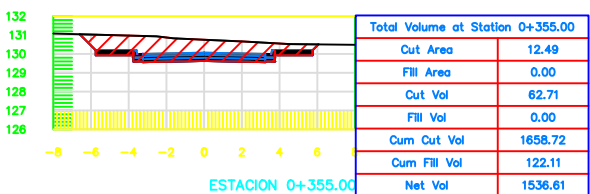
CT=127.91
CSR=127.91



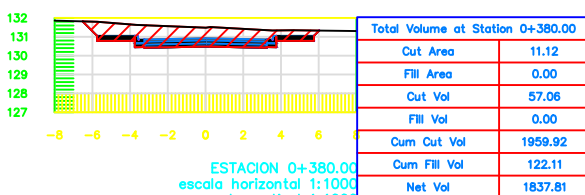
CT=128.77
CSR=128.77



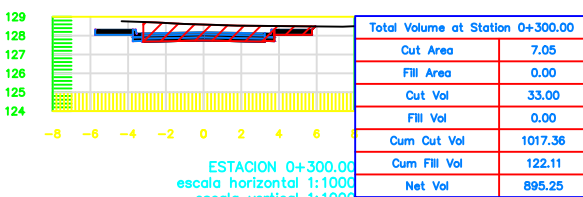
CT=129.63
CSR=129.63



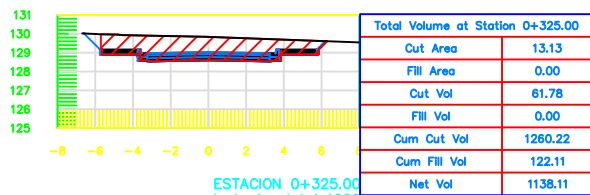
CT=130.48
CSR=130.48



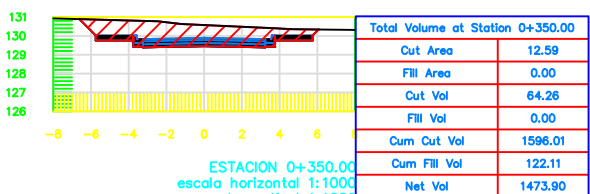
CT=127.74
CSR=127.74



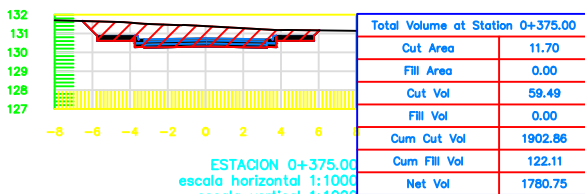
CT=128.60
CSR=128.60



CT=129.46
CSR=129.46



CT=130.31
CSR=130.31



UNIVERSIDAD LAICA ELOY
ALFARO DE MANABI

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
ARQUITECTURA

PROYECTO:
DISEÑO GEOMÉTRICO VIAL PARA
CHORRILLO

AUTOR:
GUERRERO CALET

UBICACIÓN:
El Chorrillo, Montecristi, Manabí, Ecuador



TEMA: DISEÑO VIAL

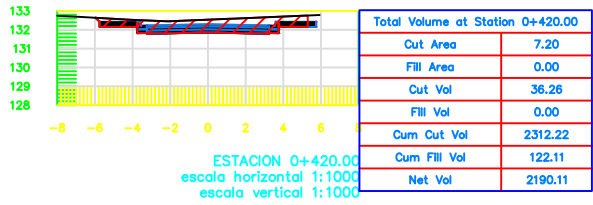
CONTENIDO:
PERFILES TRANSVERSALES

FORMATO:
A2
FECHA:
14/05/2026
ESCALA:
1/400

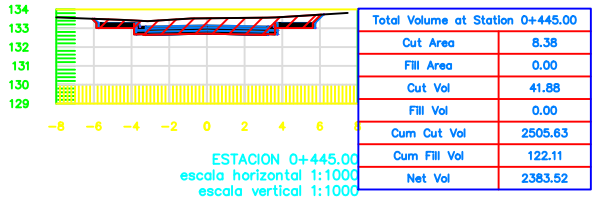
LÁMINA:

L5

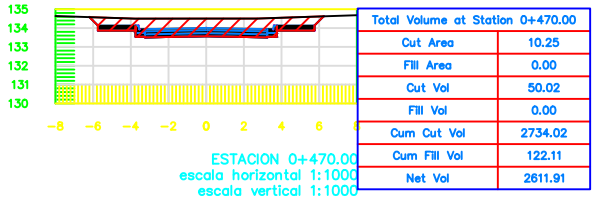
CT=131.85
CSR=131.85



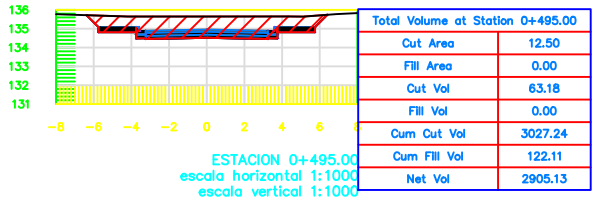
CT=132.71
CSR=132.71



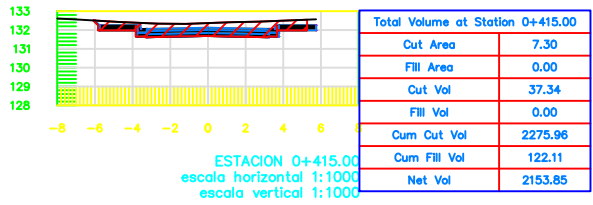
CT=133.57
CSR=133.57



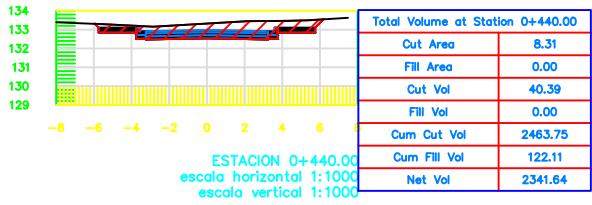
CT=134.52
CSR=134.52



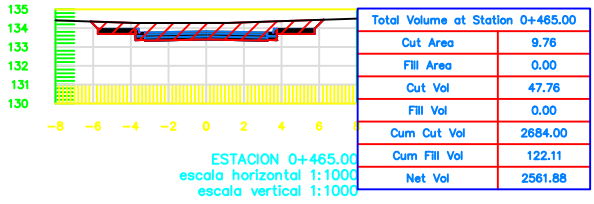
CT=131.68
CSR=131.68



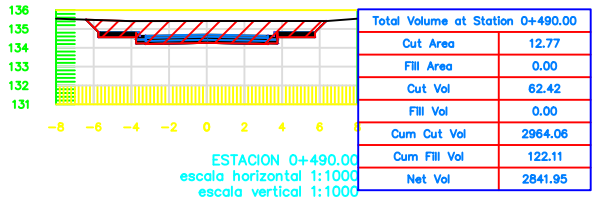
CT=132.54
CSR=132.54



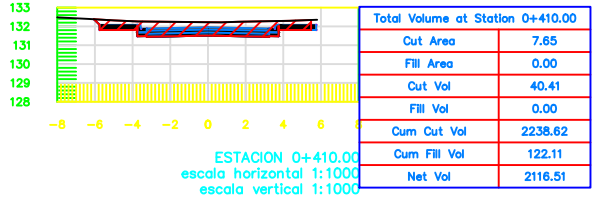
CT=133.40
CSR=133.40



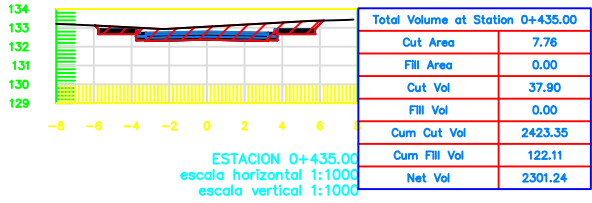
CT=134.26
CSR=134.26



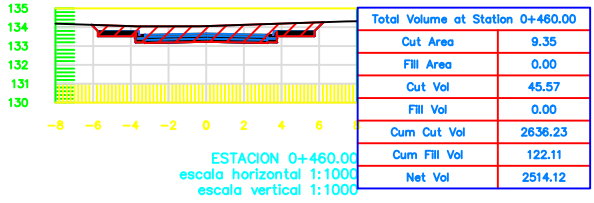
CT=131.51
CSR=131.51



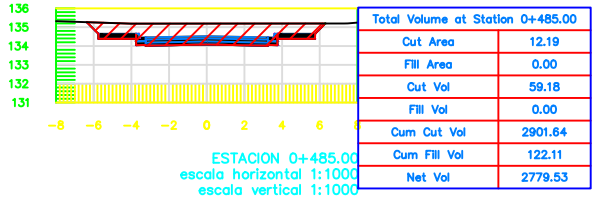
CT=132.37
CSR=132.37



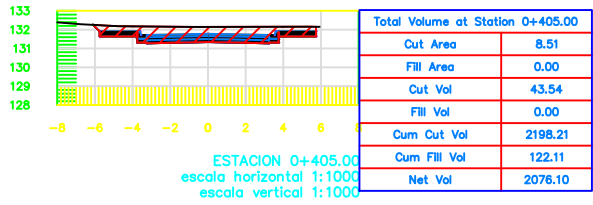
CT=133.22
CSR=133.22



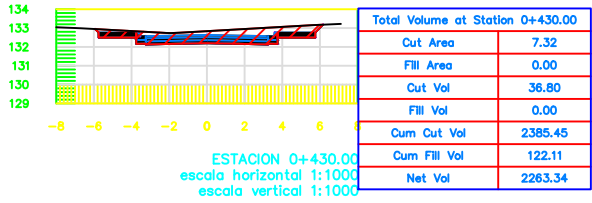
CT=134.08
CSR=134.08



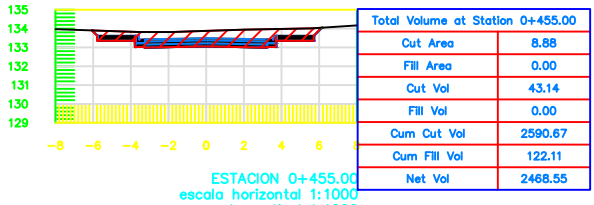
CT=131.34
CSR=131.34



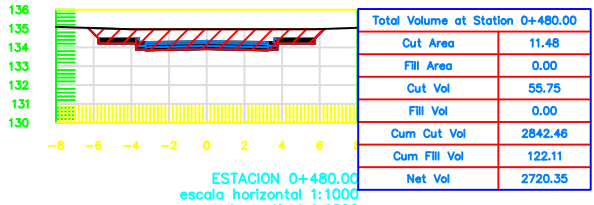
CT=132.20
CSR=132.20



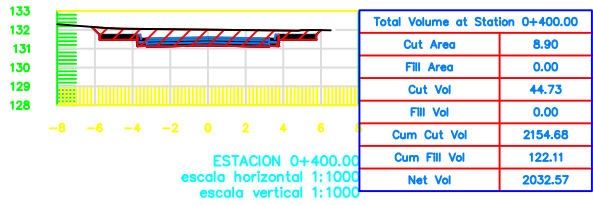
CT=133.05
CSR=133.05



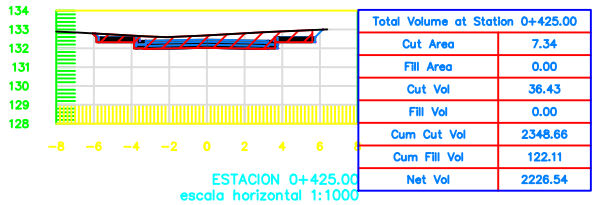
CT=133.91
CSR=133.91



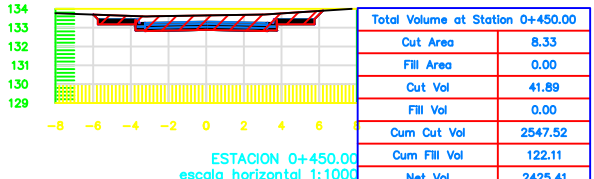
CT=131.17
CSR=131.17



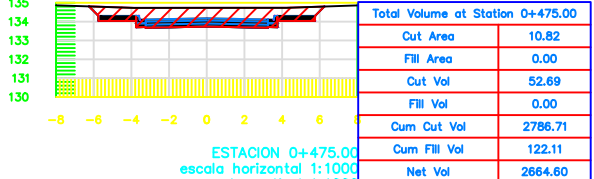
CT=132.02
CSR=132.02



CT=132.88
CSR=132.88



CT=133.74
CSR=133.74



UNIVERSIDAD LAICA ELOY
ALFARO DE MANABI

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
ARQUITECTURA

PROYECTO:
DISEÑO GEOMÉTRICO VIAL PARA
CHORRILLO

AUTOR:
GUERRERO CALET

UBICACIÓN:
El Chorrillo, Montecristi, Manabí, Ecuador



TEMA: DISEÑO VIAL

CONTENIDO:
PERFILES TRANSVERSALES

FORMATO:

A2

FECHA:

14/05/2026

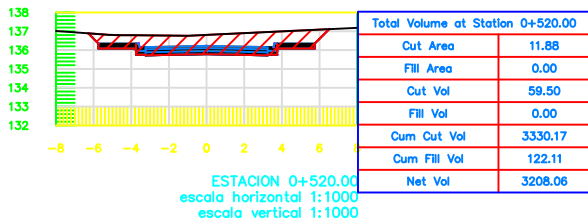
ESCALA:

1/400

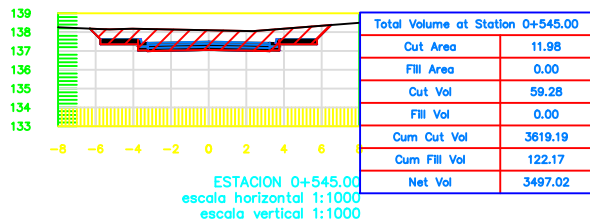
LÁMINA:

L6

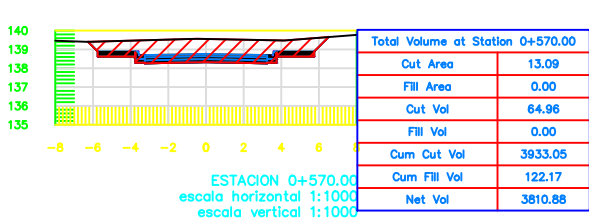
CT=135.79
CSR=135.79



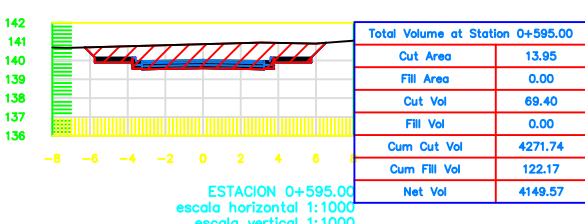
CT=137.05
CSR=137.05



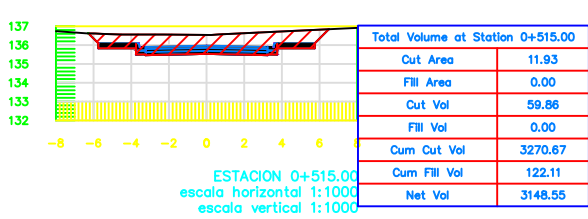
CT=138.32
CSR=138.32



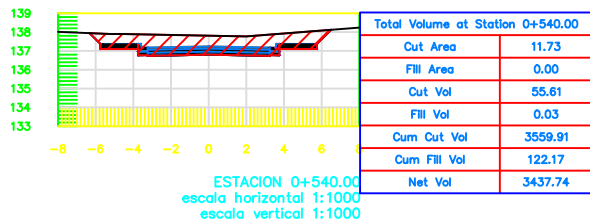
CT=139.59
CSR=139.59



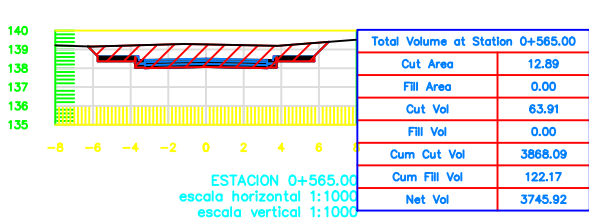
CT=135.53
CSR=135.53



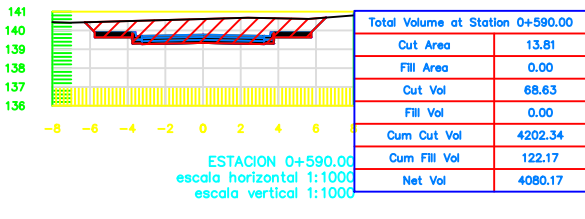
CT=136.80
CSR=136.80



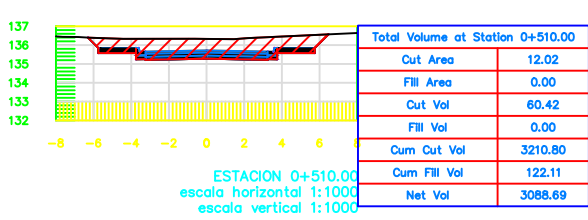
CT=138.07
CSR=138.07



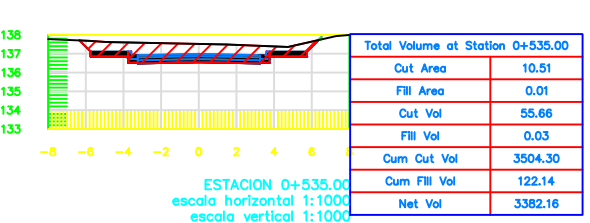
CT=139.34
CSR=139.34



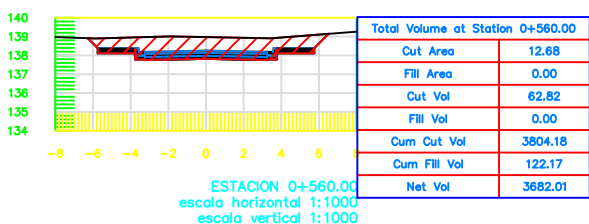
CT=135.28
CSR=135.28



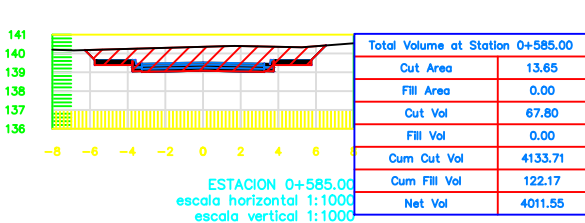
CT=136.55
CSR=136.55



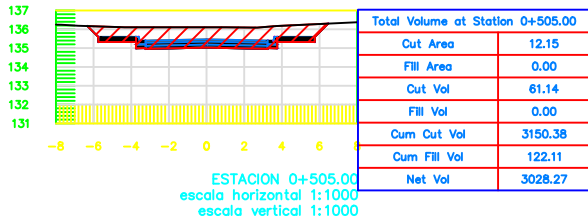
CT=137.82
CSR=137.82



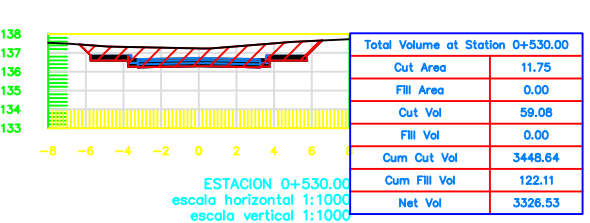
CT=139.08
CSR=139.08



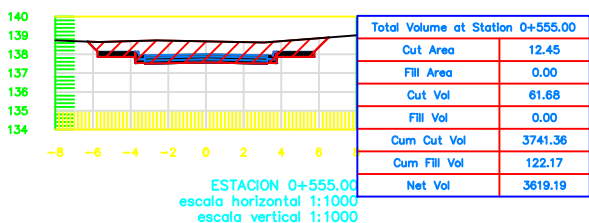
CT=135.02
CSR=135.02



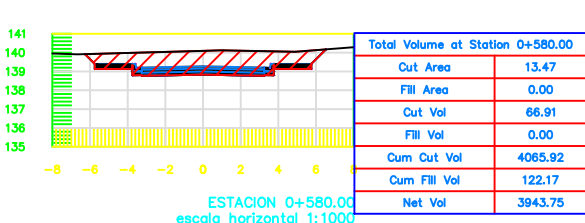
CT=136.29
CSR=136.29



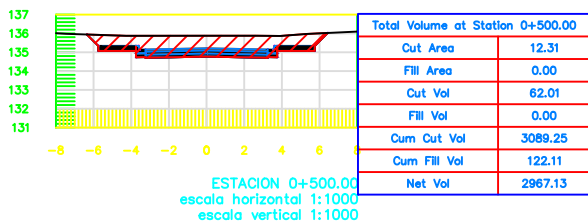
CT=137.56
CSR=137.56



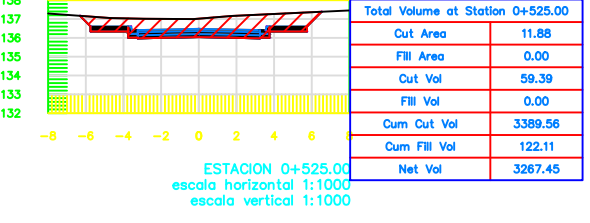
CT=138.83
CSR=138.83



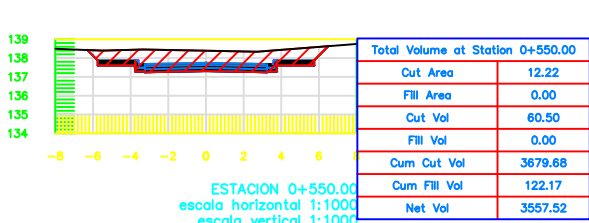
CT=134.77
CSR=134.77



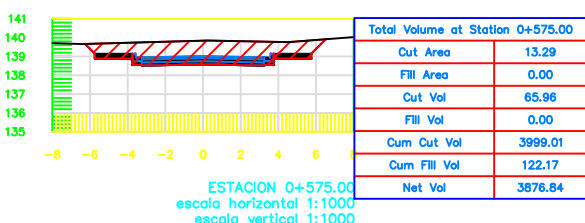
CT=136.04
CSR=136.04



CT=137.31
CSR=137.31



CT=138.58
CSR=138.58



UNIVERSIDAD LAICA ELOY
ALFARO DE MANABI

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
ARQUITECTURA

PROYECTO:
DISEÑO GEOMÉTRICO VIAL PARA
CHORRILLO

AUTOR:
GUERRERO CALET

UBICACIÓN:
El Chorrillo, Montecristi, Manabí, Ecuador



TEMA: DISEÑO VIAL

CONTENIDO:
PERFILES TRANSVERSALES

FORMATO:

A2

FECHA:

14/05/2026

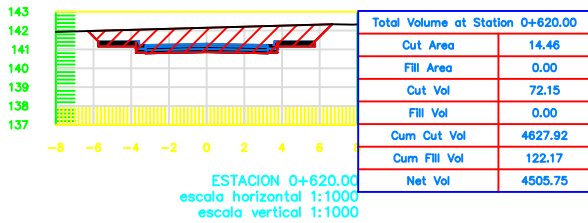
ESCALA:

1/400

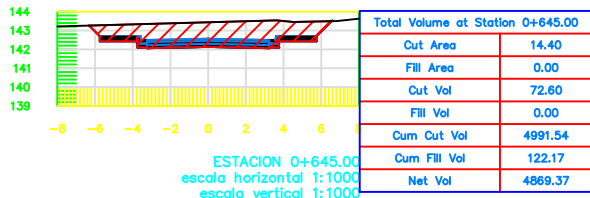
LÁMINA:

L7

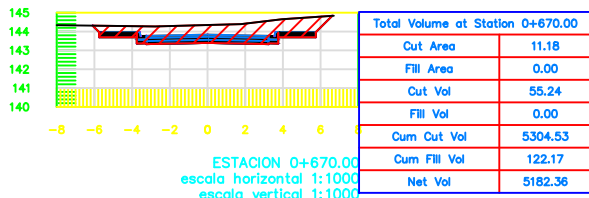
CT=140.86
CSR=140.86



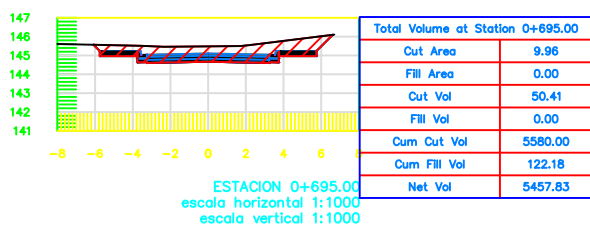
CT=142.13
CSR=142.13



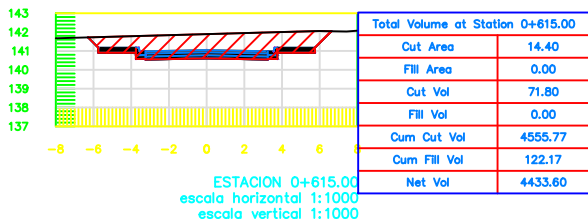
CT=143.40
CSR=143.40



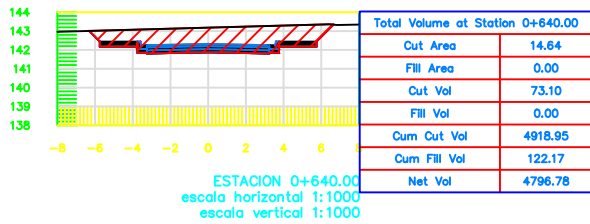
CT=144.67
CSR=144.67



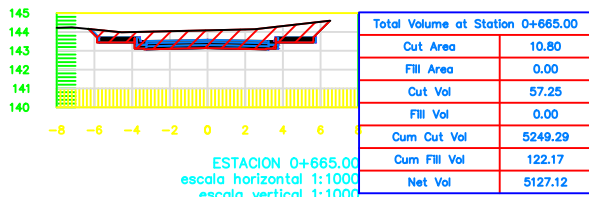
CT=140.61
CSR=140.61



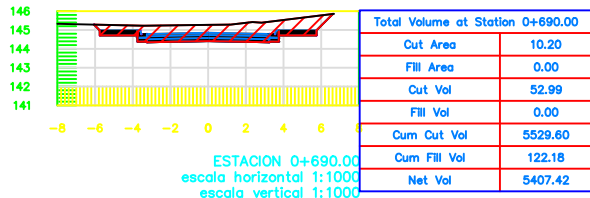
CT=141.88
CSR=141.88



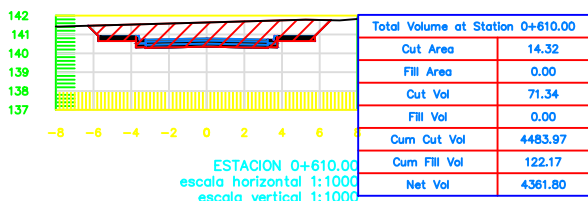
CT=143.14
CSR=143.14



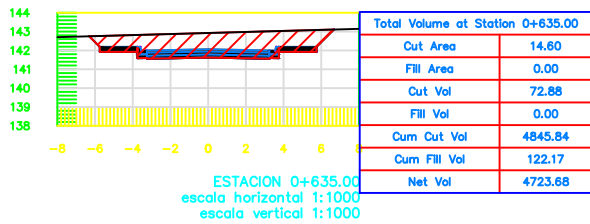
CT=144.41
CSR=144.41



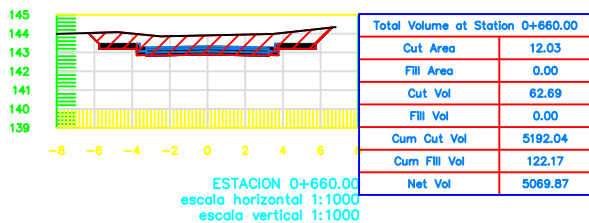
CT=140.35
CSR=140.35



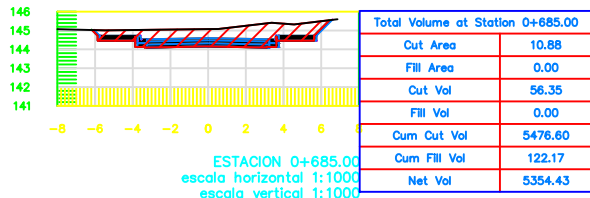
CT=141.62
CSR=141.62



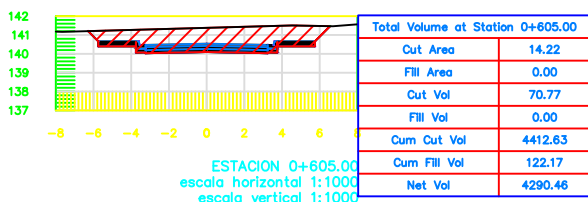
CT=142.89
CSR=142.89



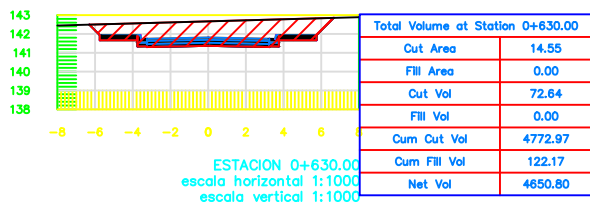
CT=144.16
CSR=144.16



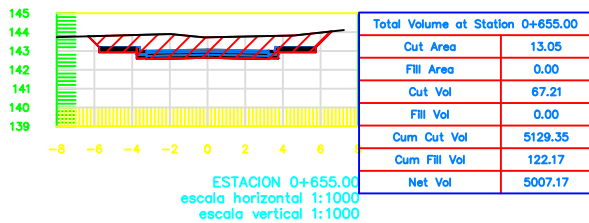
CT=140.10
CSR=140.10



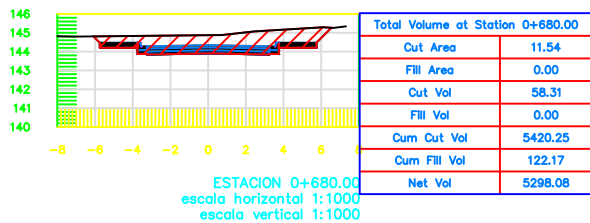
CT=141.37
CSR=141.37



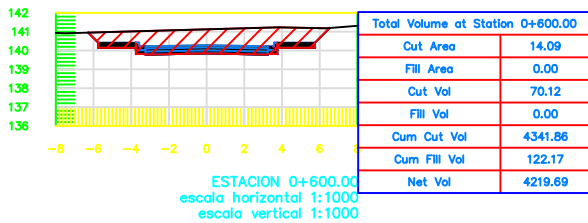
CT=142.64
CSR=142.64



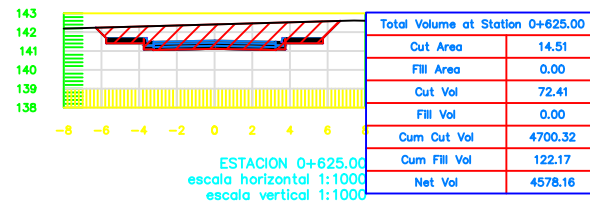
CT=143.91
CSR=143.91



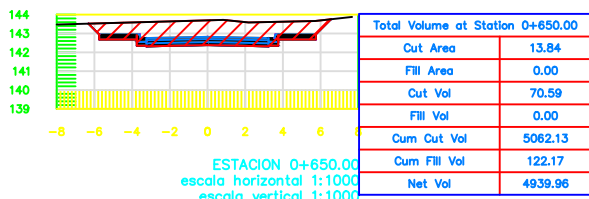
CT=139.85
CSR=139.85



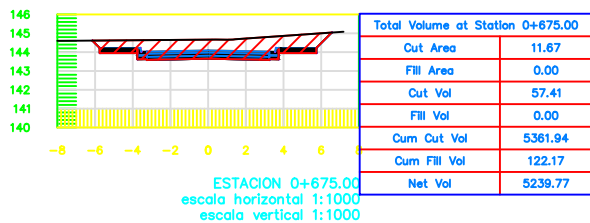
CT=141.11
CSR=141.11



CT=142.38
CSR=142.38



CT=143.65
CSR=143.65



UNIVERSIDAD LAICA ELOY
ALFARO DE MANABI

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
ARQUITECTURA

PROYECTO:
DISEÑO GEOMÉTRICO VIAL PARA
CHORRILLO

AUTOR:
GUERRERO CALET

UBICACIÓN:
El Chorrillo, Montecristi, Manabí, Ecuador



TEMA: DISEÑO VIAL

CONTENIDO:
PERFILES TRANSVERSALES

FORMATO:
A2

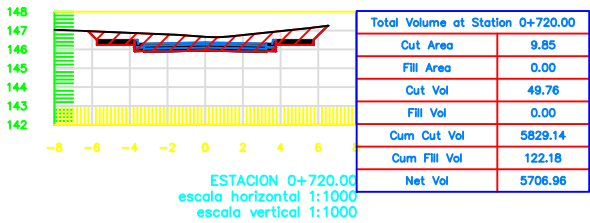
FECHA:
14/05/2026

ESCALA:
1/400

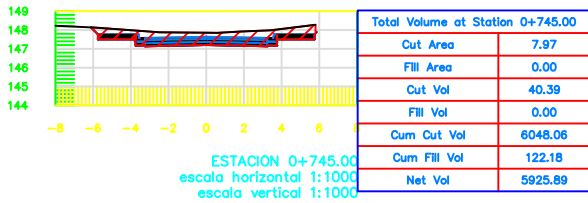
LÁMINA:

L8

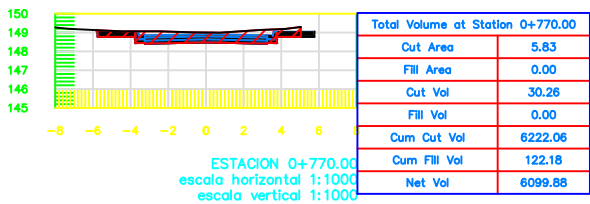
CT=145.94
CSR=145.94



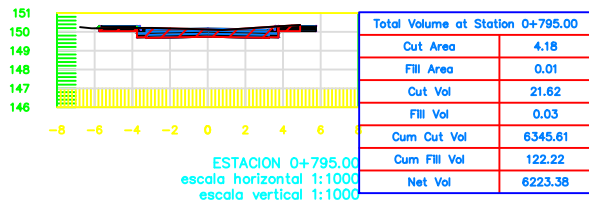
CT=147.20
CSR=147.20



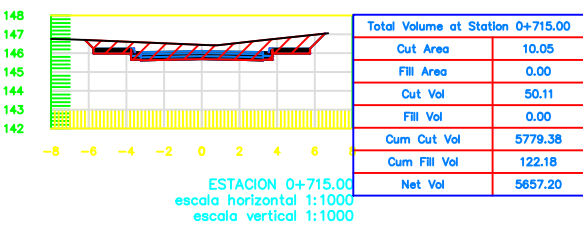
CT=148.47
CSR=148.47



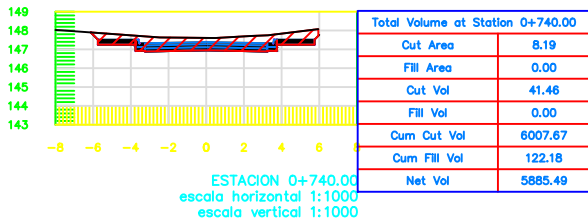
CT=149.74
CSR=149.74



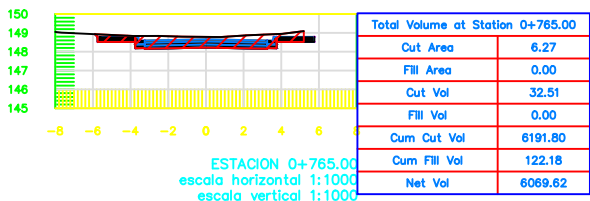
CT=145.68
CSR=145.68



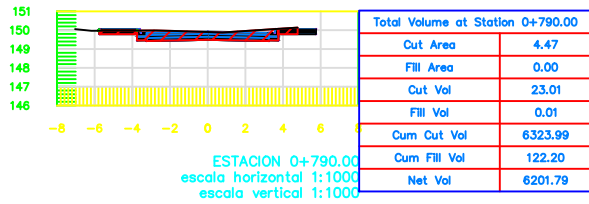
CT=146.95
CSR=146.95



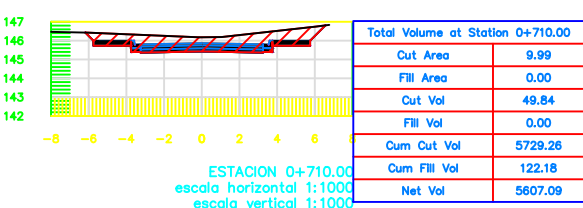
CT=148.22
CSR=148.22



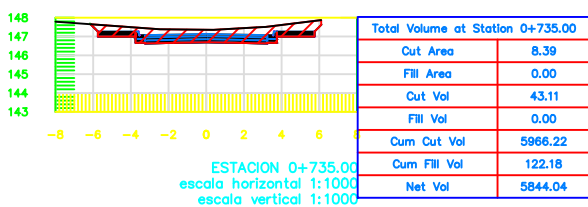
CT=149.49
CSR=149.49



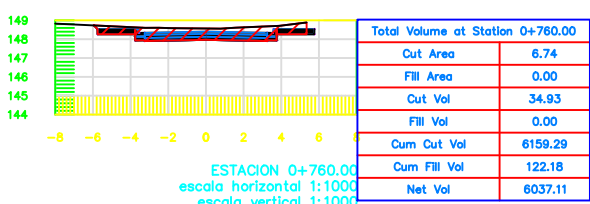
CT=145.43
CSR=145.43



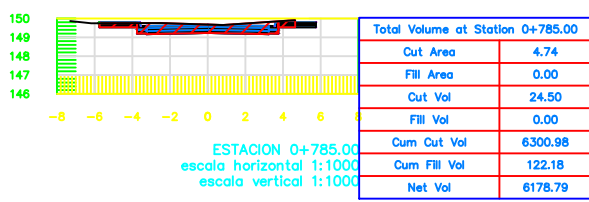
CT=146.70
CSR=146.70



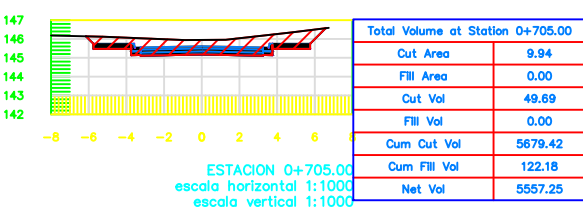
CT=147.97
CSR=147.97



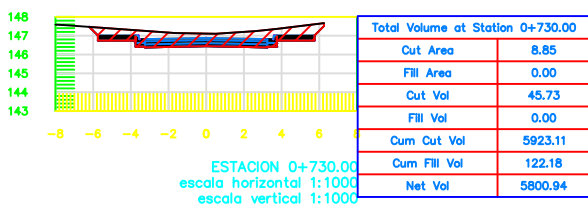
CT=149.23
CSR=149.23



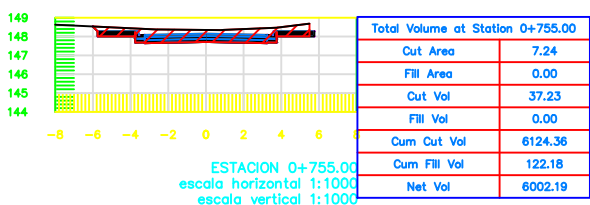
CT=145.17
CSR=145.17



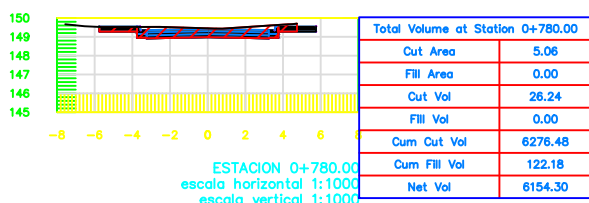
CT=146.44
CSR=146.44



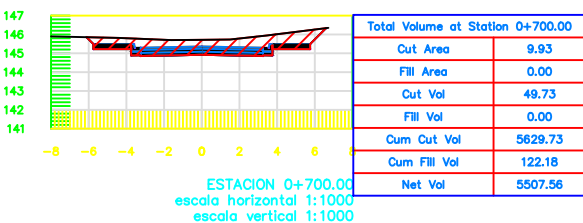
CT=147.71
CSR=147.71



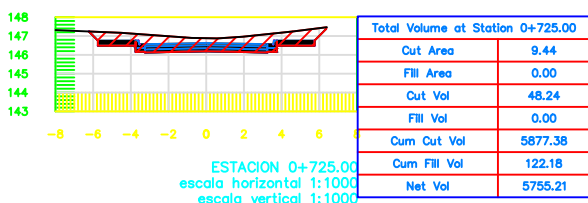
CT=148.98
CSR=148.98



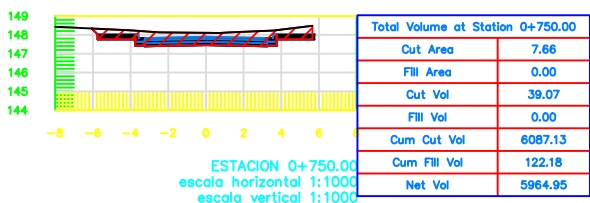
CT=144.92
CSR=144.92



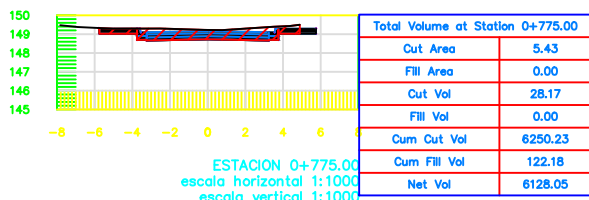
CT=146.19
CSR=146.19



CT=147.46
CSR=147.46



CT=148.73
CSR=148.73



UNIVERSIDAD LAICA ELOY
ALFARO DE MANABI

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
ARQUITECTURA

PROYECTO:
DISEÑO GEOMÉTRICO VIAL PARA
CHORRILLO

AUTOR:
GUERRERO CALET

UBICACIÓN:
El Chorrillo, Montecristi, Manabí, Ecuador



TEMA: DISEÑO VIAL

CONTENIDO:
PERFILES TRANSVERSALES

FORMATO:

A2

FECHA:

14/05/2026

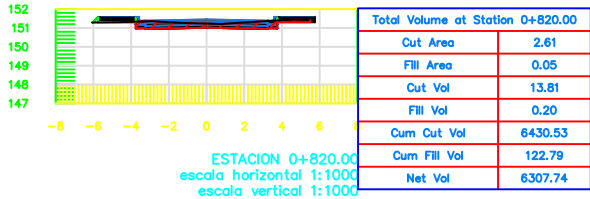
ESCALA:

1/400

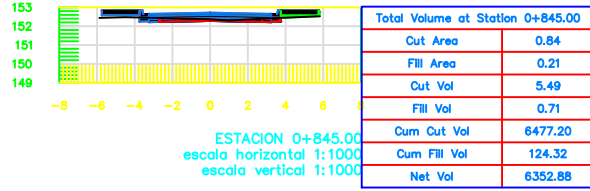
LÁMINA:

L9

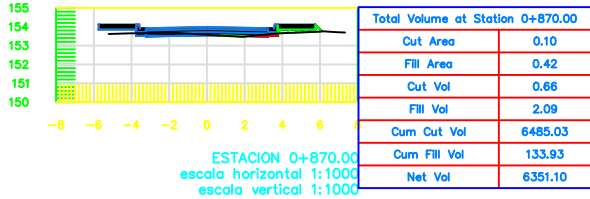
CT=151.01
CSR=151.01



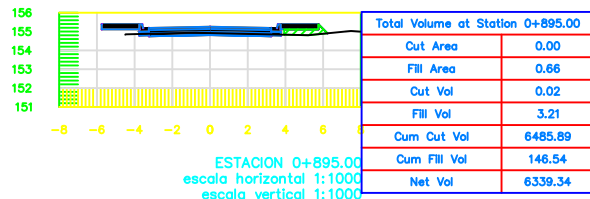
CT=152.28
CSR=152.28



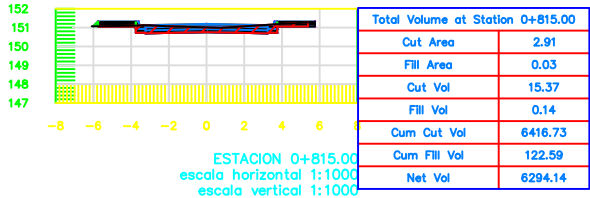
CT=
CSR=



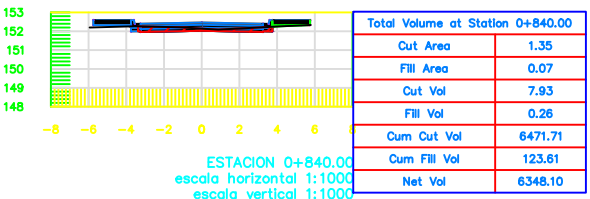
CT=
CSR=



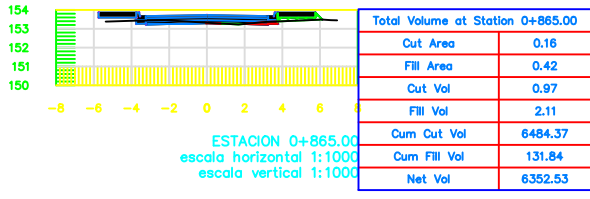
CT=150.76
CSR=150.76



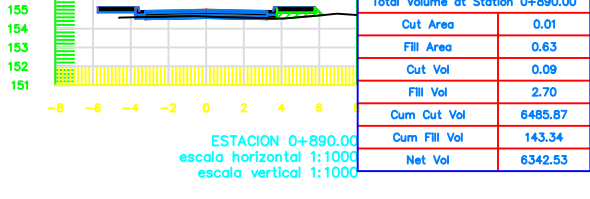
CT=152.03
CSR=152.03



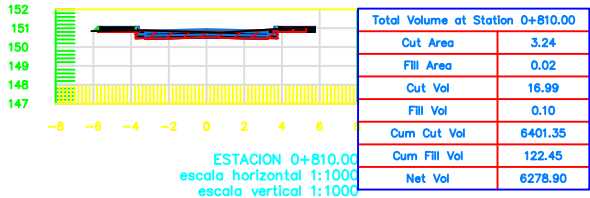
CT=153.29
CSR=153.29



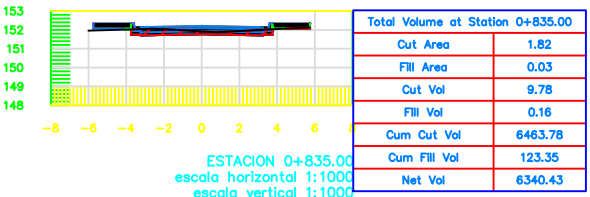
CT=
CSR=



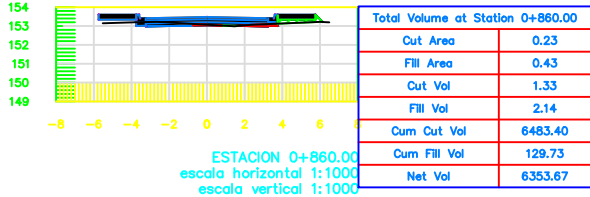
CT=150.50
CSR=150.50



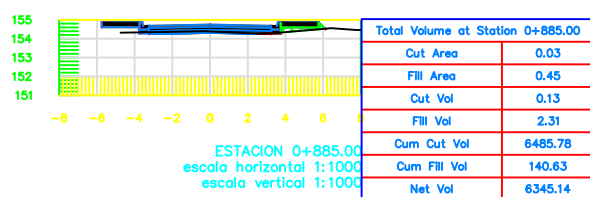
CT=151.77
CSR=151.77



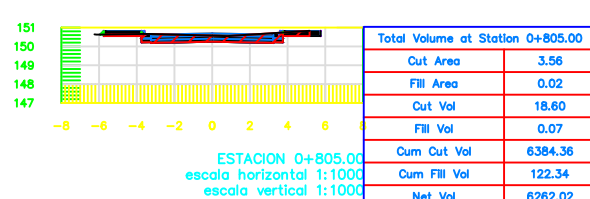
CT=153.04
CSR=153.04



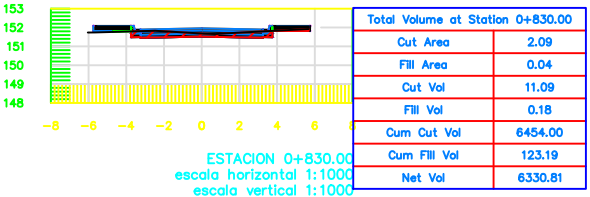
CT=
CSR=



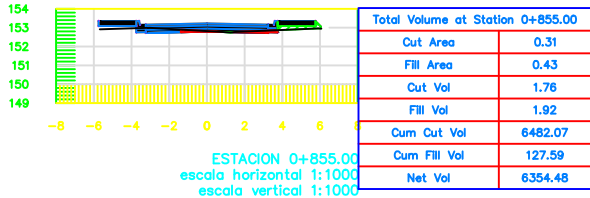
CT=150.25
CSR=150.25



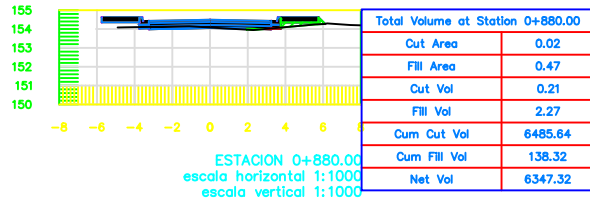
CT=151.52
CSR=151.52



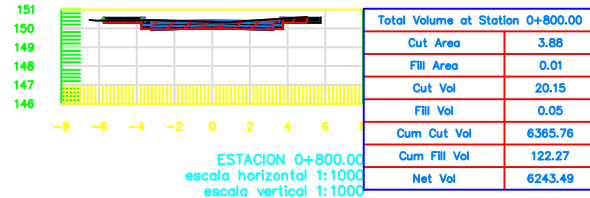
CT=152.79
CSR=152.79



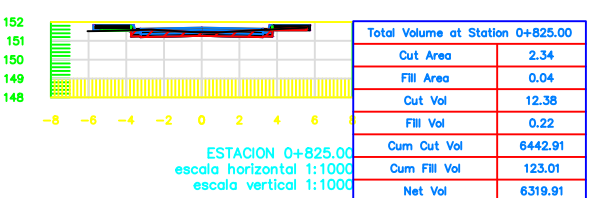
CT=
CSR=



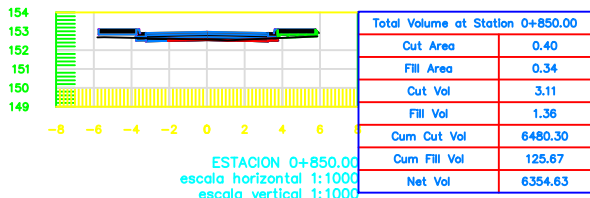
CT=150.00
CSR=150.00



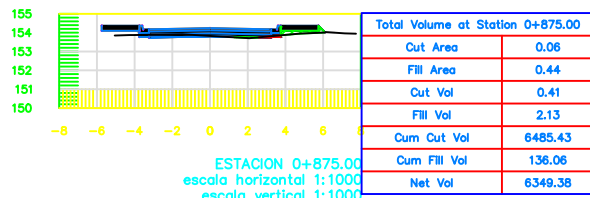
CT=151.26
CSR=151.26



CT=152.53
CSR=152.53



CT=
CSR=



UNIVERSIDAD LAICA ELOY
ALFARO DE MANABI

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
ARQUITECTURA

PROYECTO:
DISEÑO GEOMÉTRICO VIAL PARA
CHORRILLO

AUTOR:
GUERRERO CALET

UBICACIÓN:
El Chorrillo, Montecristi, Manabí, Ecuador



TEMA: DISEÑO VIAL

CONTENIDO:
PERFILES TRANSVERSALES

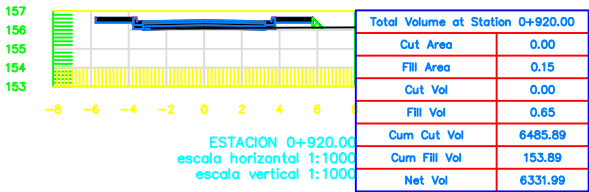
FORMATO:
A2

FECHA:
14/05/2026
ESCALA:
1/400

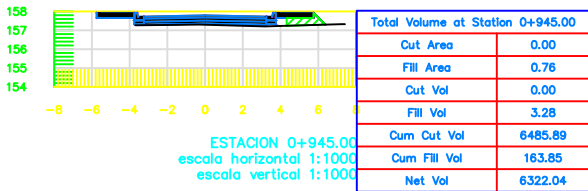
LÁMINA:

L10

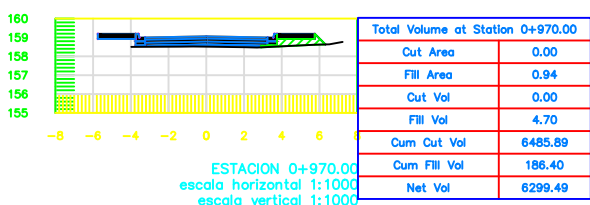
CT=
CSR=



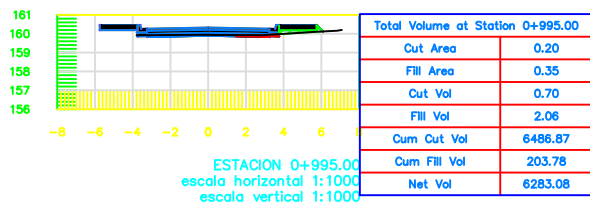
CT=
CSR=



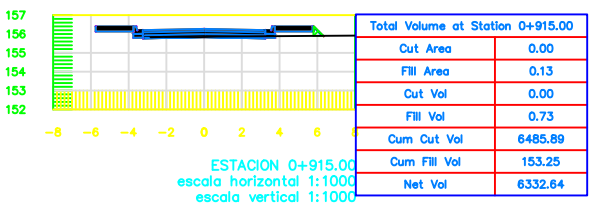
CT=
CSR=



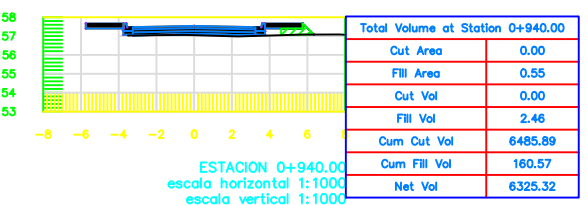
CT=
CSR=



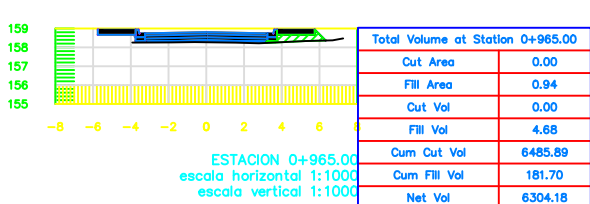
CT=
CSR=



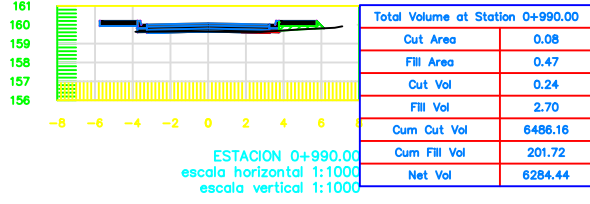
CT=
CSR=



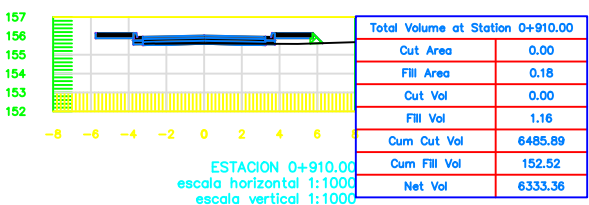
CT=
CSR=



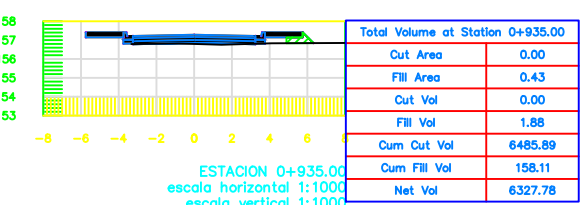
CT=
CSR=



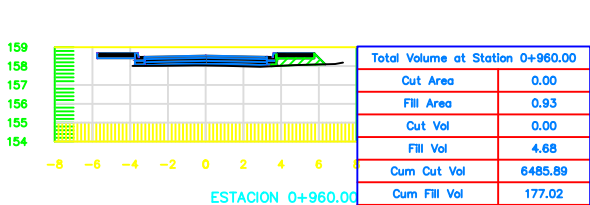
CT=
CSR=



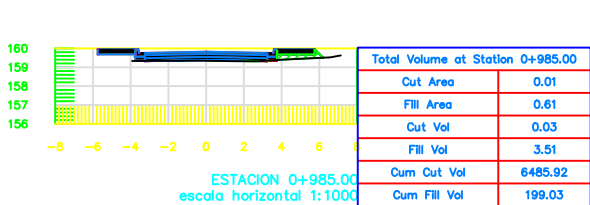
CT=
CSR=



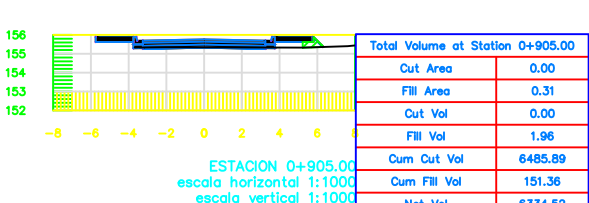
CT=
CSR=



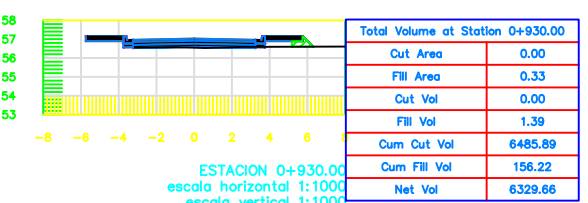
CT=
CSR=



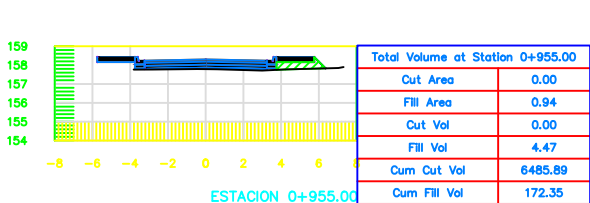
CT=
CSR=



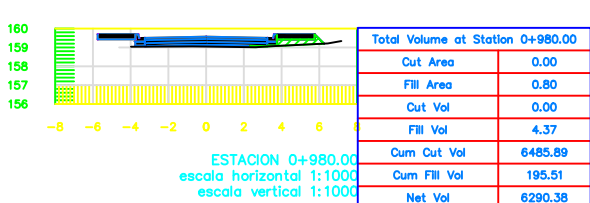
CT=
CSR=



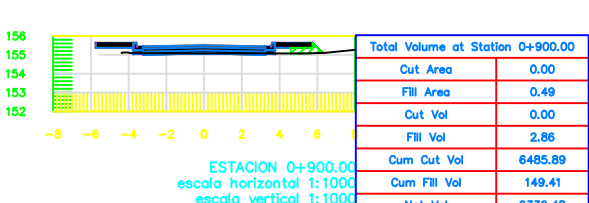
CT=
CSR=



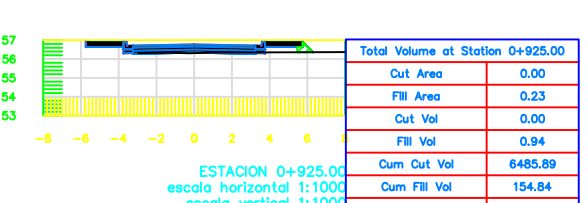
CT=
CSR=



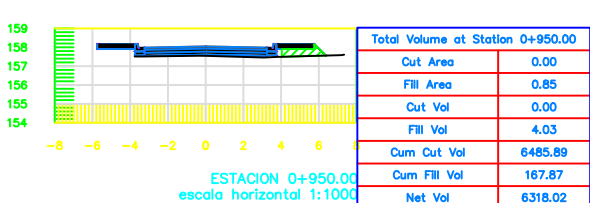
CT=
CSR=



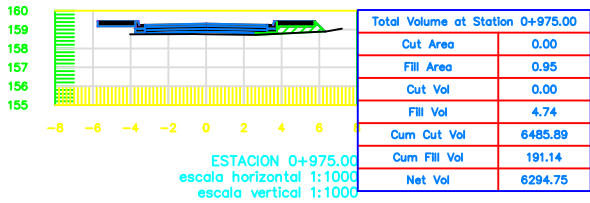
CT=
CSR=



CT=
CSR=



CT=
CSR=



UNIVERSIDAD LAICA ELOY
ALFARO DE MANABI

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
ARQUITECTURA

PROYECTO:
DISEÑO GEOMÉTRICO VIAL PARA
CHORRILLO

AUTOR:
GUERRERO CALET

UBICACIÓN:
El Chorrillo, Montecristi, Manabí, Ecuador



TEMA: DISEÑO VIAL

CONTENIDO:
PERFILES TRANSVERSALES

FORMATO:

A2

FECHA:

14/05/2026

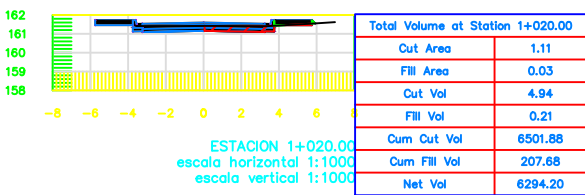
ESCALA:

1/400

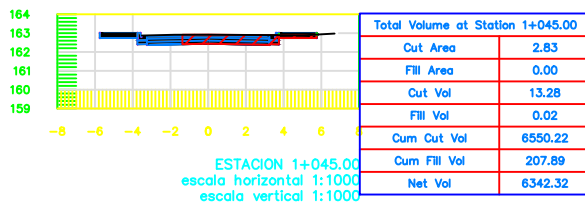
LÁMINA:

L11

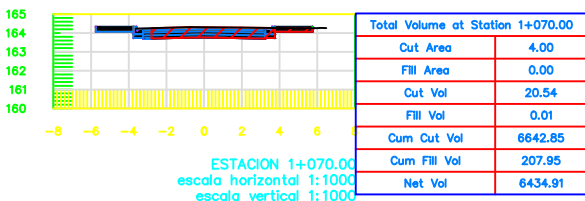
CT=
CSR=



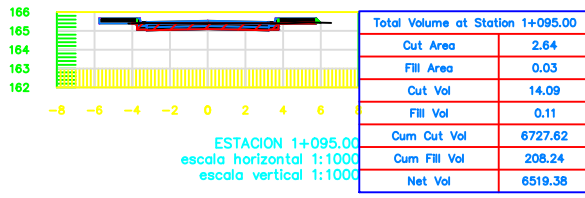
CT=162.44
CSR=162.44



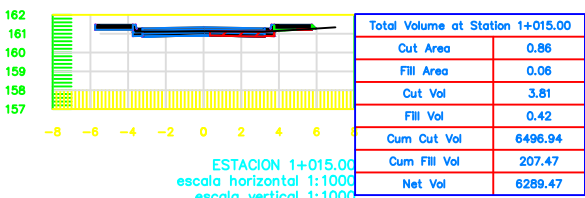
CT=163.77
CSR=163.77



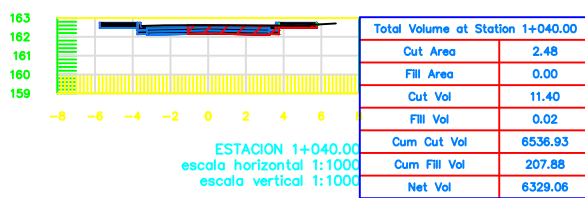
CT=165.09
CSR=165.09



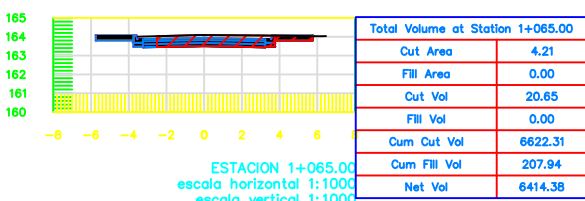
CT=
CSR=



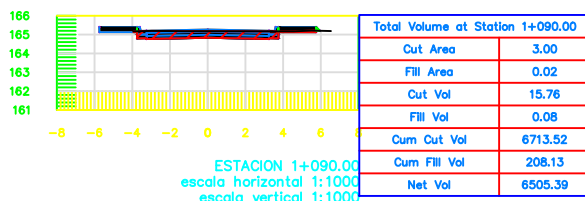
CT=162.17
CSR=162.17



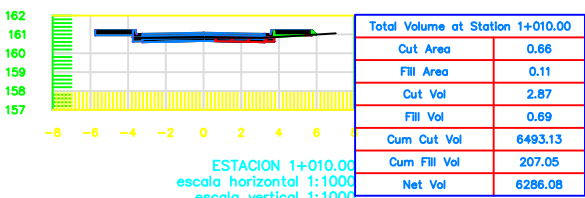
CT=163.50
CSR=163.50



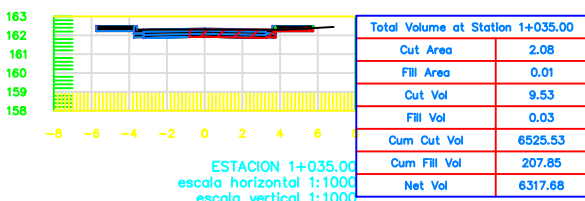
CT=164.83
CSR=164.83



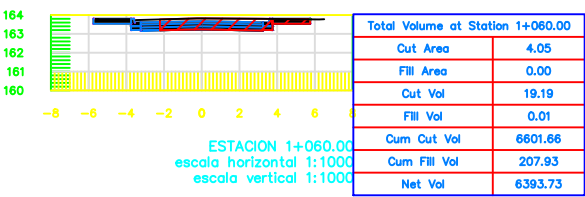
CT=
CSR=



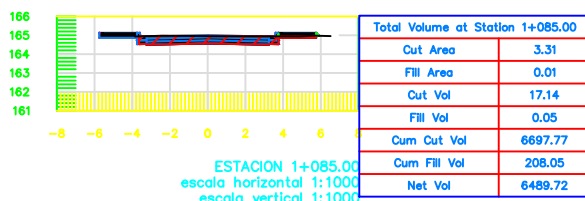
CT=161.92
CSR=161.92



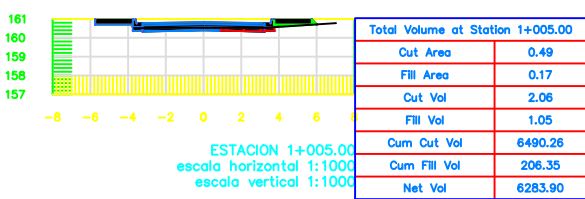
CT=163.24
CSR=163.24



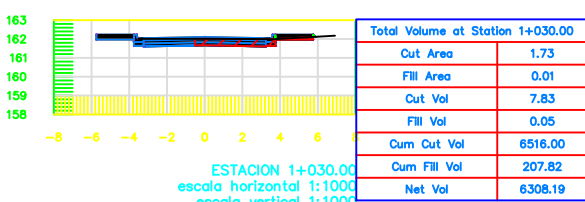
CT=164.56
CSR=164.56



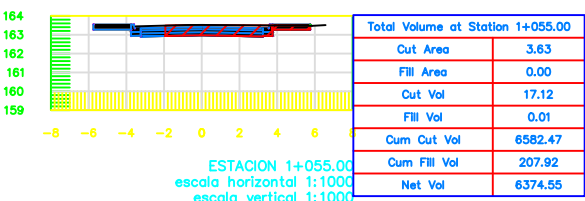
CT=
CSR=



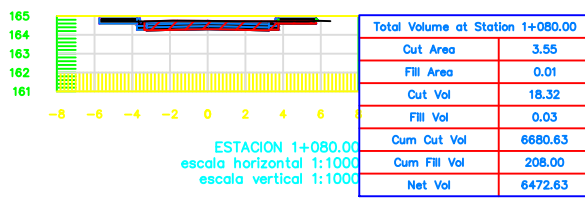
CT=161.67
CSR=161.67



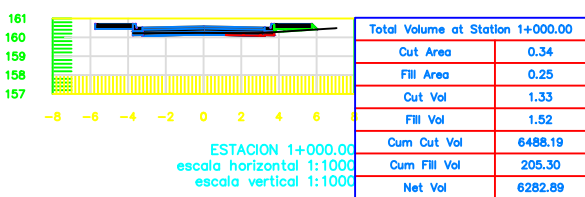
CT=162.97
CSR=162.97



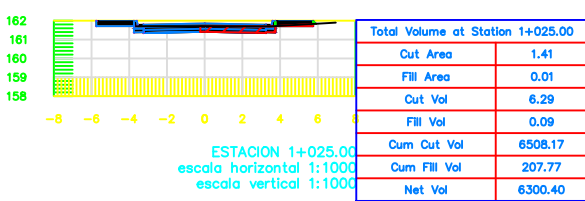
CT=164.30
CSR=164.30



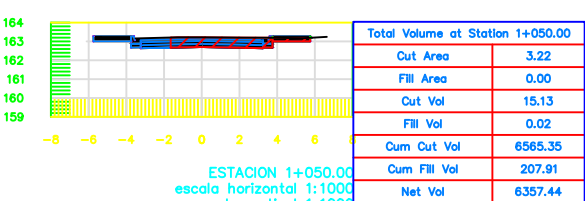
CT=
CSR=



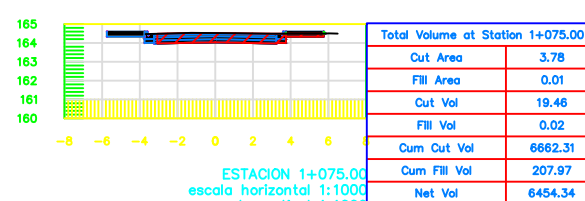
CT=161.41
CSR=161.41



CT=162.71
CSR=162.71



CT=164.03
CSR=164.03



UNIVERSIDAD LAICA ELOY
ALFARO DE MANABI

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
ARQUITECTURA

PROYECTO:
DISEÑO GEOMÉTRICO VIAL PARA
CHORRILLO

AUTOR:
GUERRERO CALET

UBICACIÓN:
El Chorrillo, Montecristi, Manabí, Ecuador



TEMA: DISEÑO VIAL

CONTENIDO:
PERFILES TRANSVERSALES

FORMATO:
A2

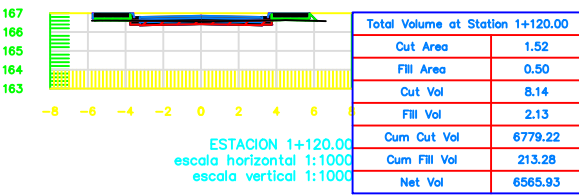
FECHA:
14/05/2026

ESCALA:
1/400

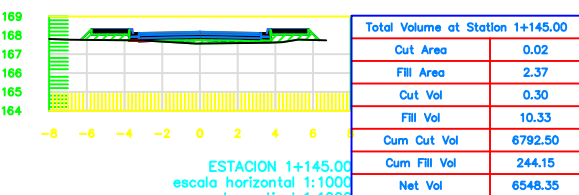
LÁMINA:

L12

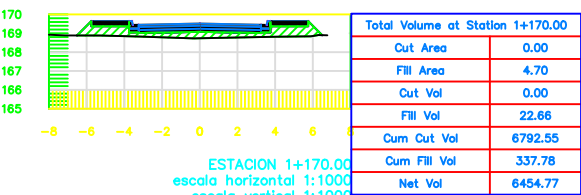
CT=166.42
CSR=166.42



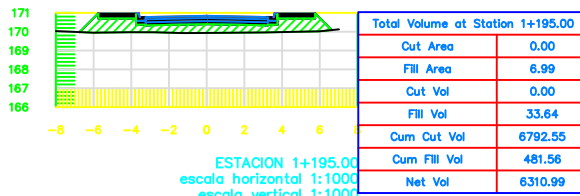
CT=167.75
CSR=167.75



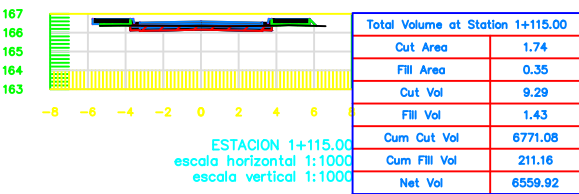
CT=169.08
CSR=169.08



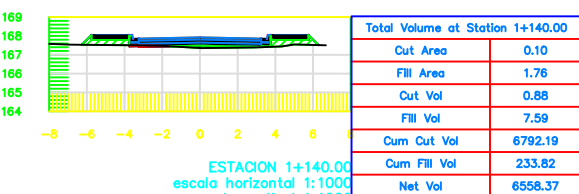
CT=170.40
CSR=170.40



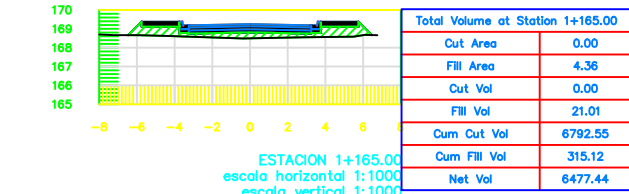
CT=166.16
CSR=166.16



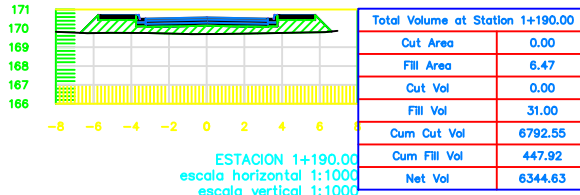
CT=167.48
CSR=167.48



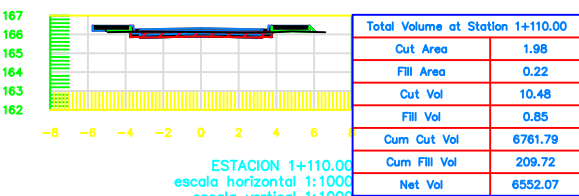
CT=168.81
CSR=168.81



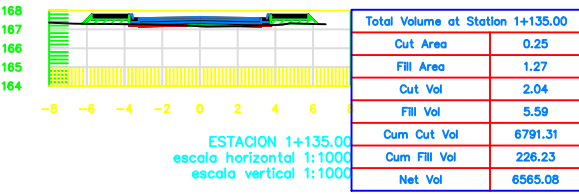
CT=170.14
CSR=170.14



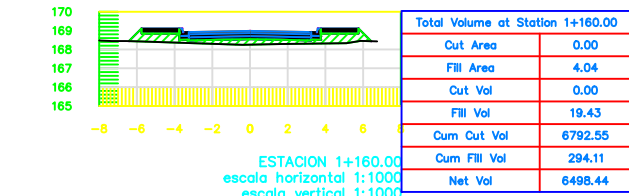
CT=165.89
CSR=165.89



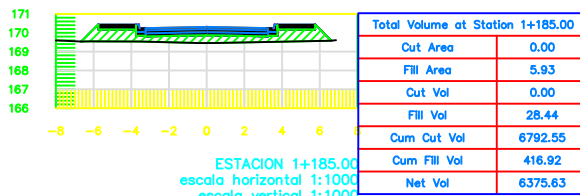
CT=167.22
CSR=167.22



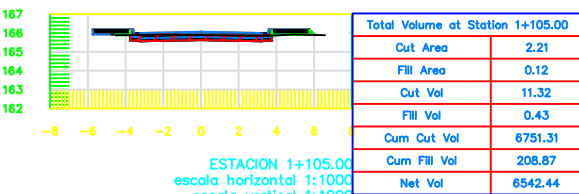
CT=168.55
CSR=168.55



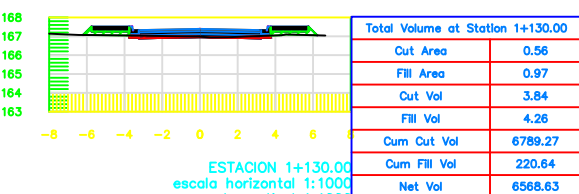
CT=169.87
CSR=169.87



CT=165.63
CSR=165.63



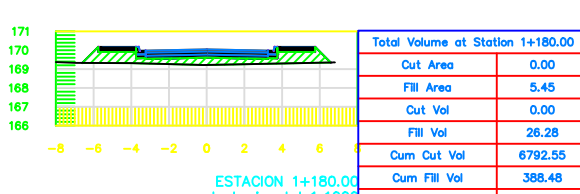
CT=166.95
CSR=166.95



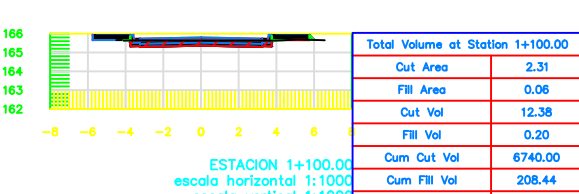
CT=168.28
CSR=168.28



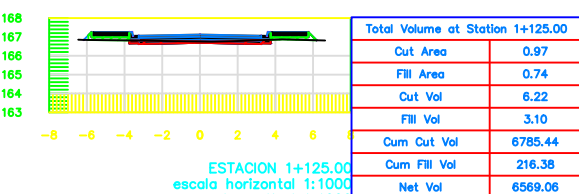
CT=169.61
CSR=169.61



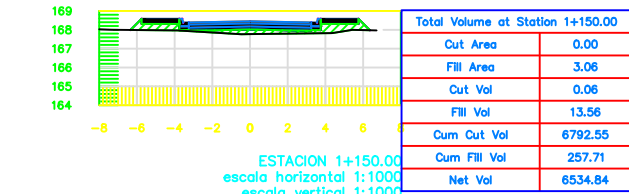
CT=165.36
CSR=165.36



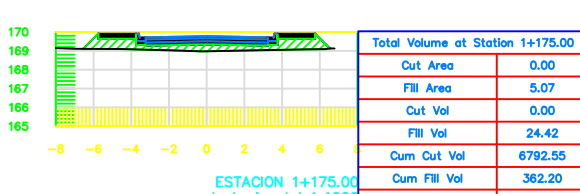
CT=166.69
CSR=166.69



CT=168.01
CSR=168.01



CT=169.34
CSR=169.34



UNIVERSIDAD LAICA ELOY
ALFARO DE MANABI

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
ARQUITECTURA

PROYECTO:
DISEÑO GEOMÉTRICO VIAL PARA
CHORRILLO

AUTOR:
GUERRERO CALET

UBICACIÓN:
El Chorrillo, Montecristi, Manabí, Ecuador



TEMA: DISEÑO VIAL

CONTENIDO:
PERFILES TRANSVERSALES

FORMATO:
A2

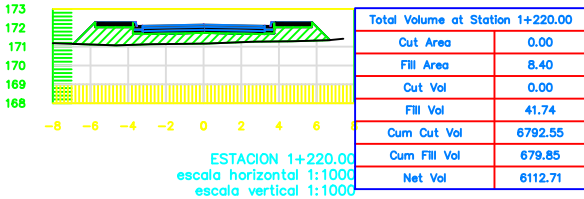
FECHA:
14/05/2026

ESCALA:
1/400

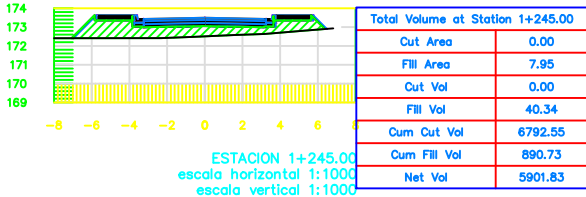
LÁMINA:

L13

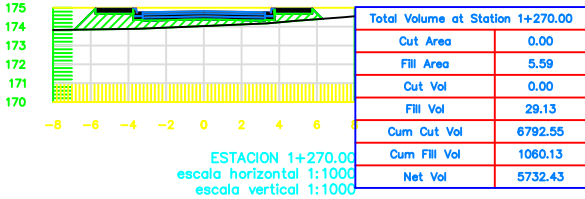
CT=171.73
CSR=171.73



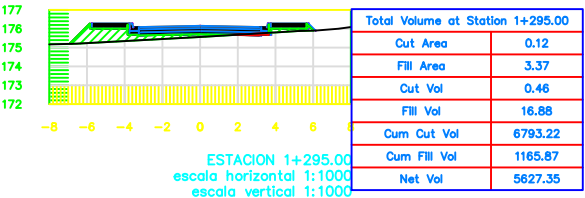
CT=173.06
CSR=173.06



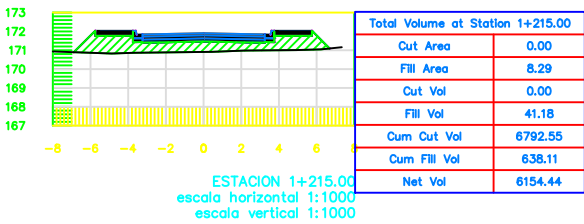
CT=174.38
CSR=174.38



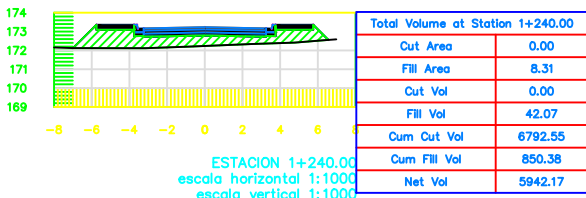
CT=175.71
CSR=175.71



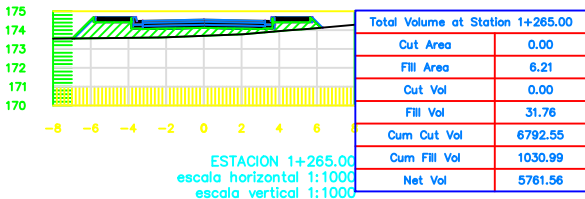
CT=171.47
CSR=171.47



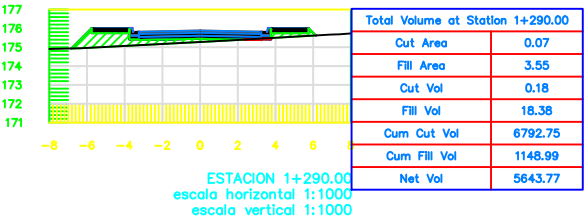
CT=172.79
CSR=172.79



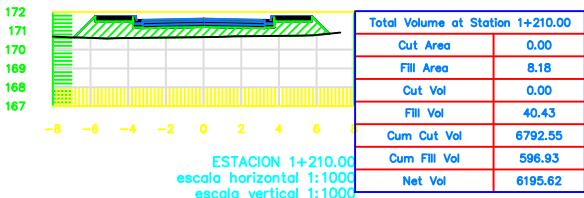
CT=174.12
CSR=174.12



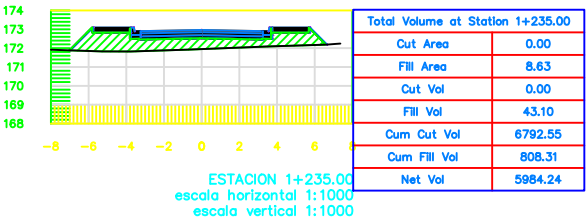
CT=175.45
CSR=175.45



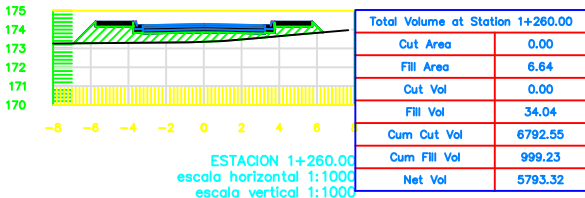
CT=171.20
CSR=171.20



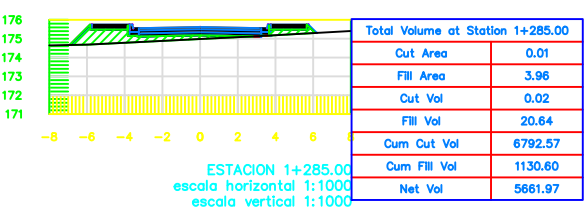
CT=172.53
CSR=172.53



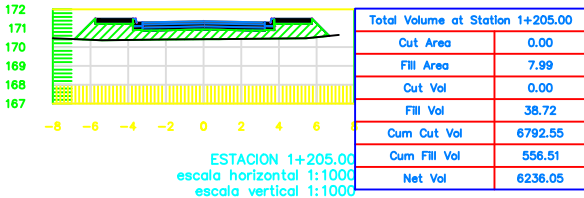
CT=173.85
CSR=173.85



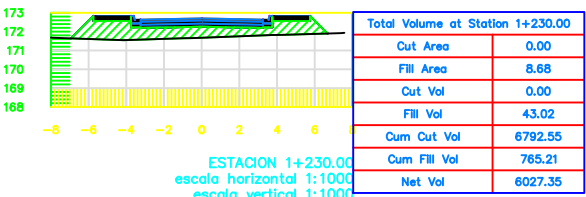
CT=175.18
CSR=175.18



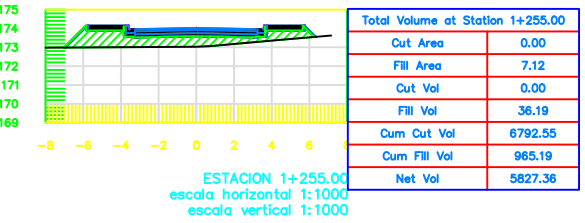
CT=170.93
CSR=170.93



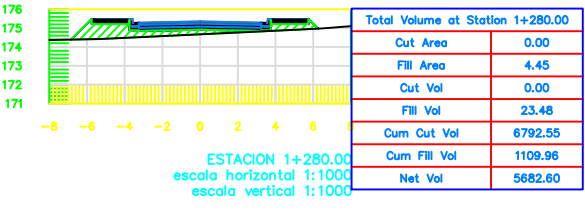
CT=172.26
CSR=172.26



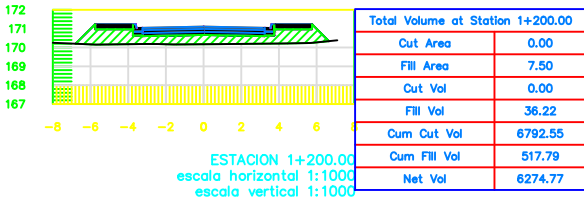
CT=173.59
CSR=173.59



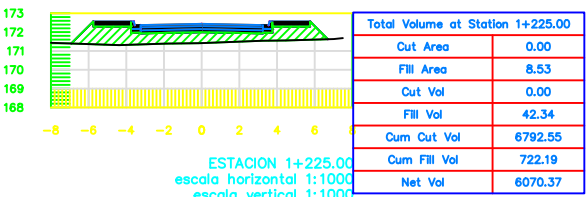
CT=174.92
CSR=174.92



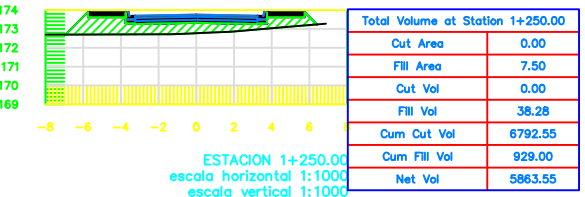
CT=170.67
CSR=170.67



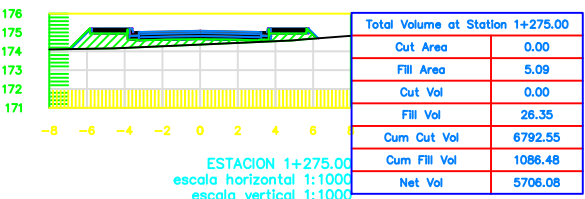
CT=172.00
CSR=172.00



CT=173.32
CSR=173.32



CT=174.65
CSR=174.65



UNIVERSIDAD LAICA ELOY
ALFARO DE MANABI

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
ARQUITECTURA

PROYECTO:
DISEÑO GEOMÉTRICO VIAL PARA
CHORRILLO

AUTOR:
GUERRERO CALET

UBICACIÓN:
El Chorrillo, Montecristi, Manabí, Ecuador



TEMA: DISEÑO VIAL

CONTENIDO:
PERFILES TRANSVERSALES

FORMATO:
A2

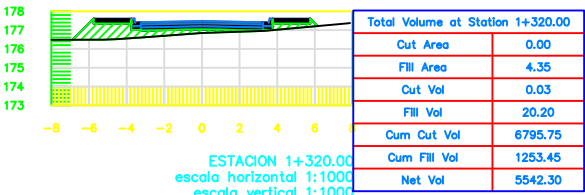
FECHA:
14/05/2026

ESCALA:
1/400

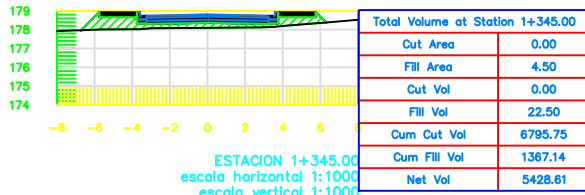
LÁMINA:

L14

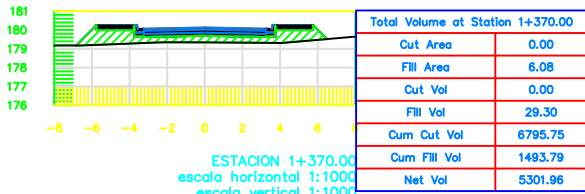
CT=177.04
CSR=177.04



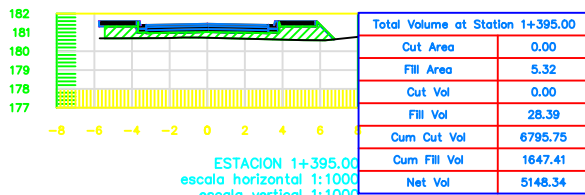
CT=178.37
CSR=178.37



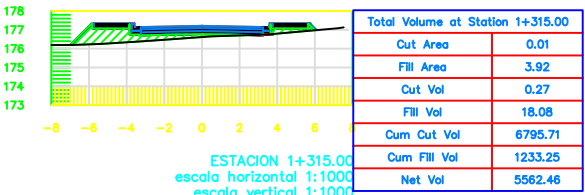
CT=179.69
CSR=179.69



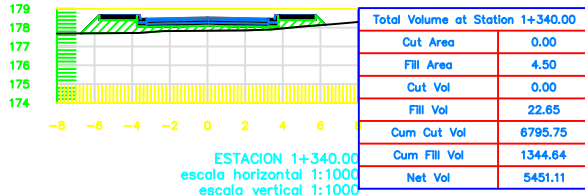
CT=181.02
CSR=181.02



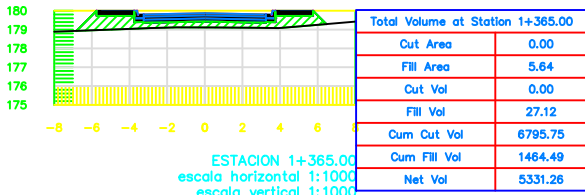
CT=176.77
CSR=176.77



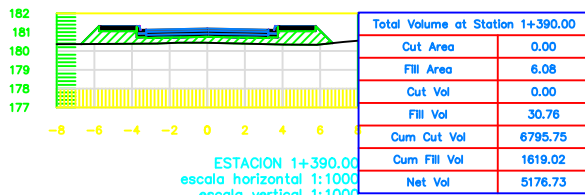
CT=178.10
CSR=178.10



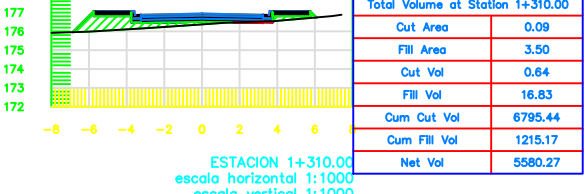
CT=179.43
CSR=179.43



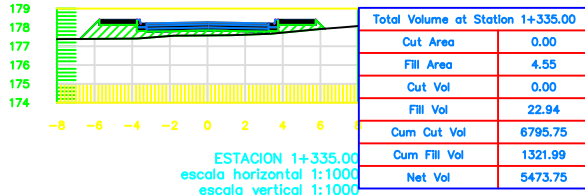
CT=180.76
CSR=180.76



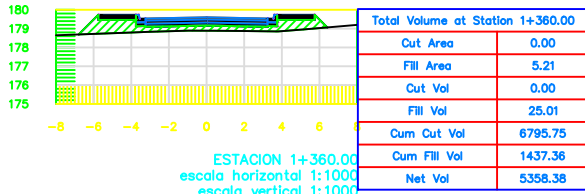
CT=176.51
CSR=176.51



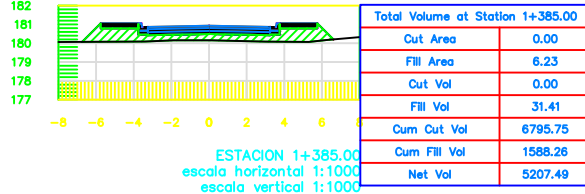
CT=177.84
CSR=177.84



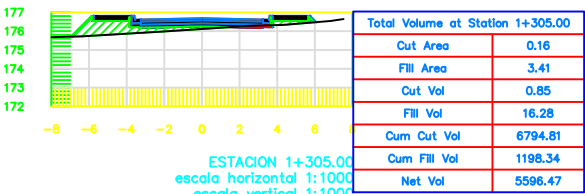
CT=179.16
CSR=179.16



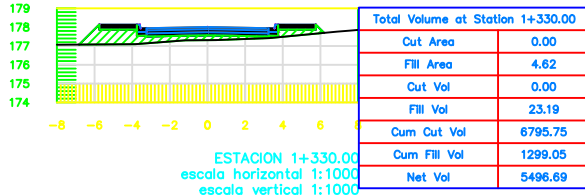
CT=180.49
CSR=180.49



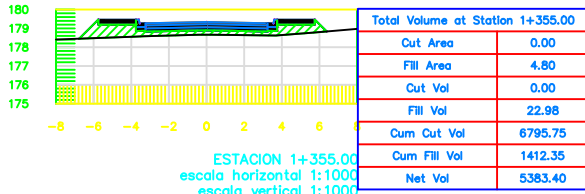
CT=176.24
CSR=176.24



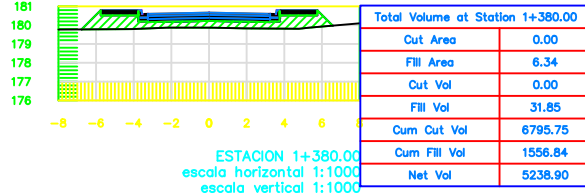
CT=177.57
CSR=177.57



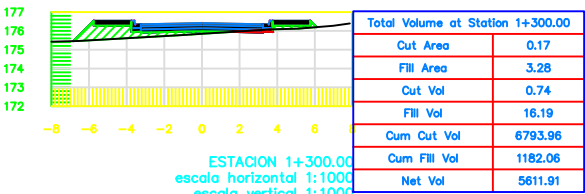
CT=178.90
CSR=178.90



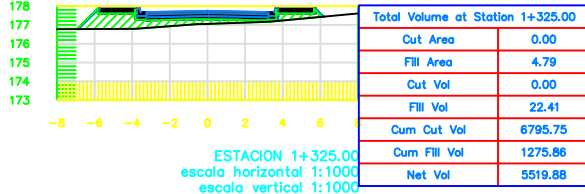
CT=180.22
CSR=180.22



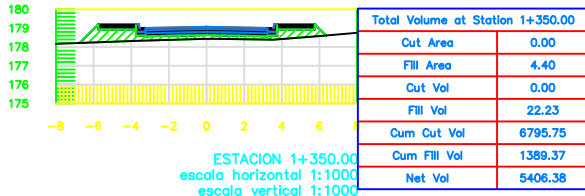
CT=175.98
CSR=175.98



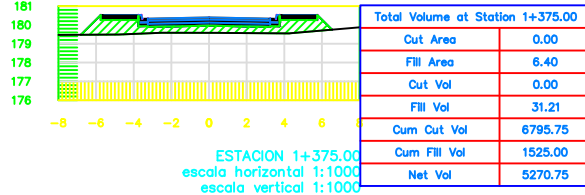
CT=177.30
CSR=177.30



CT=178.63
CSR=178.63



CT=179.96
CSR=179.96



UNIVERSIDAD LAICA ELOY
ALFARO DE MANABI

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
ARQUITECTURA

PROYECTO:
DISEÑO GEOMÉTRICO VIAL PARA
CHORRILLO

AUTOR:
GUERRERO CALET

UBICACIÓN:
El Chorrillo, Montecristi, Manabí, Ecuador



TEMA: DISEÑO VIAL

CONTENIDO:
PERFILES TRANSVERSALES

FORMATO:

A2

FECHA:

14/05/2026

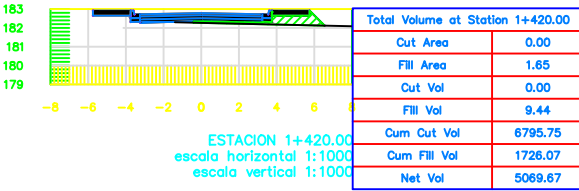
ESCALA:

1/400

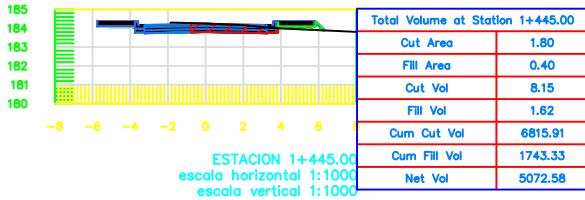
LÁMINA:

L15

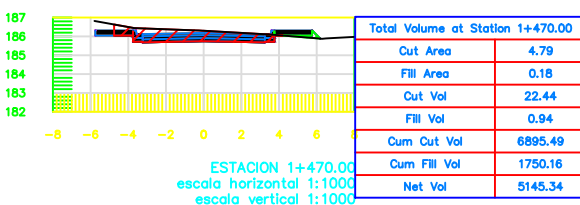
CT=182.35
CSR=182.35



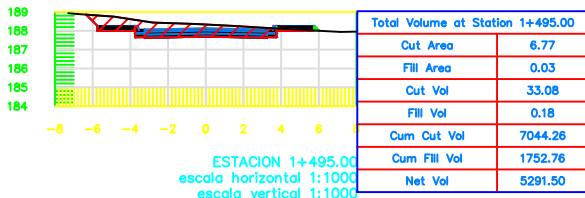
CT=183.80
CSR=183.80



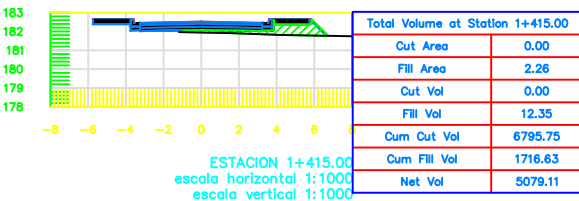
CT=185.74
CSR=185.74



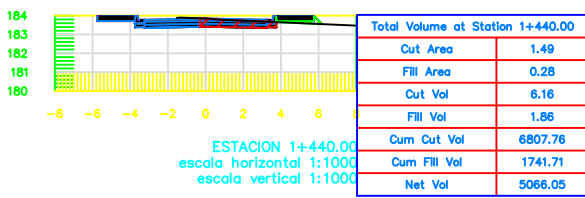
CT=187.69
CSR=187.69



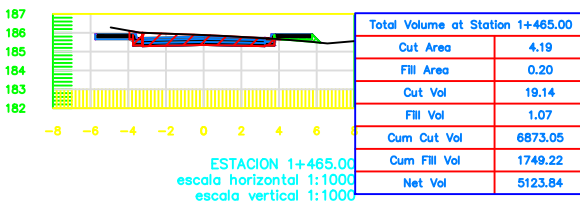
CT=182.08
CSR=182.08



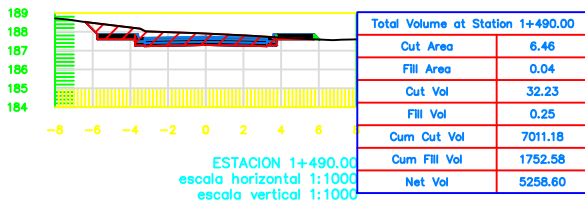
CT=183.41
CSR=183.41



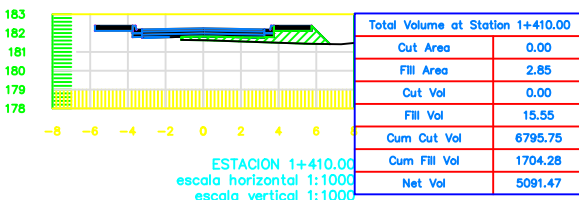
CT=185.36
CSR=185.36



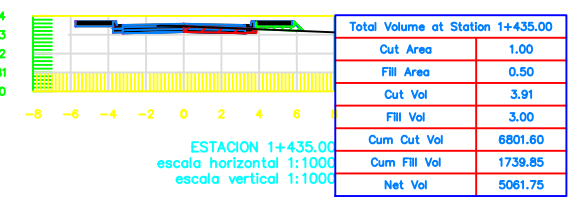
CT=187.30
CSR=187.30



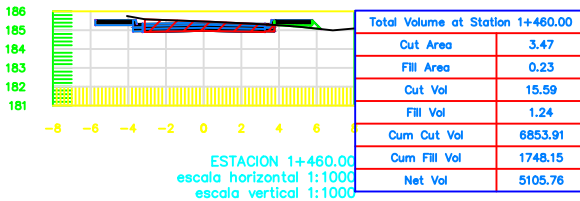
CT=181.82
CSR=181.82



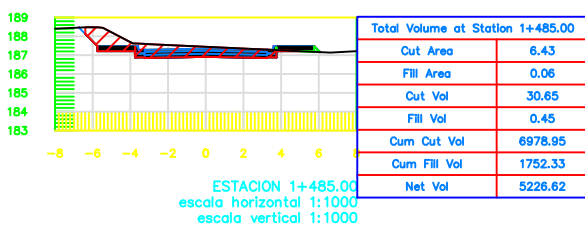
CT=183.14
CSR=183.14



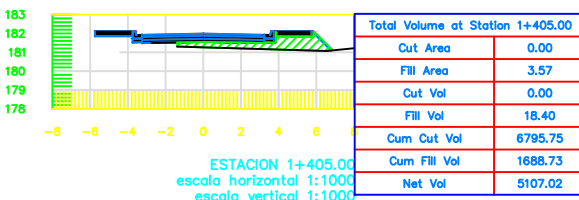
CT=184.97
CSR=184.97



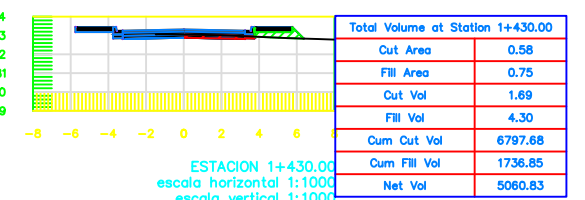
CT=186.91
CSR=186.91



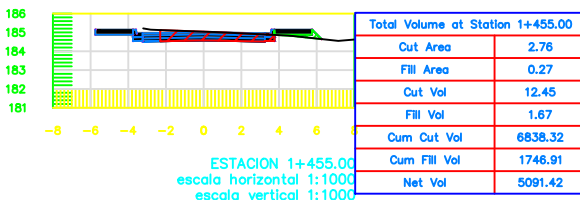
CT=181.55
CSR=181.55



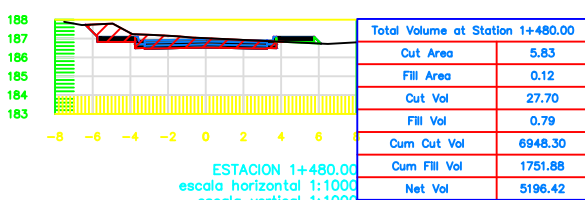
CT=
CSR=



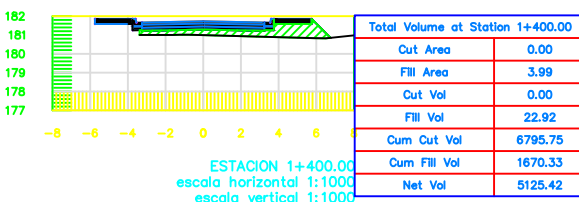
CT=184.58
CSR=184.58



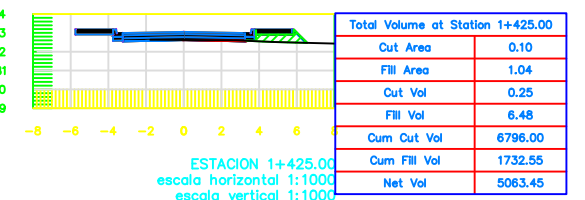
CT=186.52
CSR=186.52



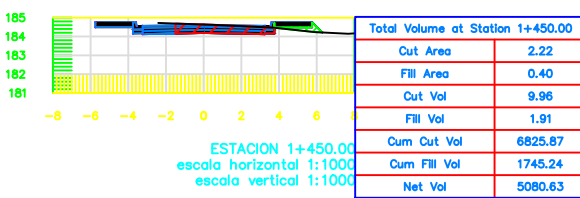
CT=181.29
CSR=181.29



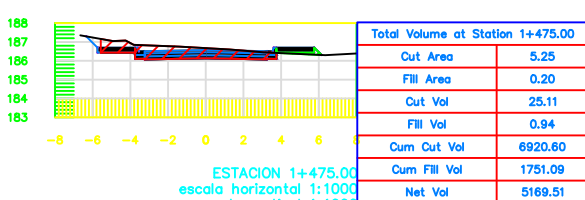
CT=182.61
CSR=182.61



CT=184.19
CSR=184.19



CT=186.13
CSR=186.13



UNIVERSIDAD LAICA ELOY
ALFARO DE MANABI

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
ARQUITECTURA

PROYECTO:
DISEÑO GEOMÉTRICO VIAL PARA
CHORRILLO

AUTOR:
GUERRERO CALET

UBICACIÓN:
El Chorrillo, Montecristi, Manabí, Ecuador



TEMA: DISEÑO VIAL

CONTENIDO:
PERFILES TRANSVERSALES

FORMATO:

A2

FECHA:

14/05/2026

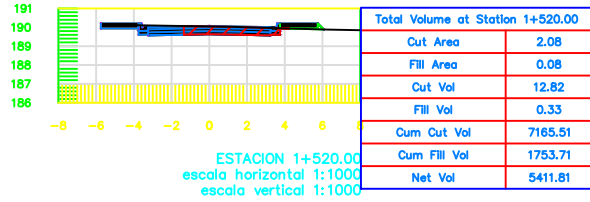
ESCALA:

1/400

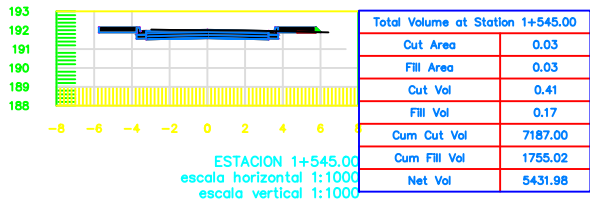
LÁMINA:

L16

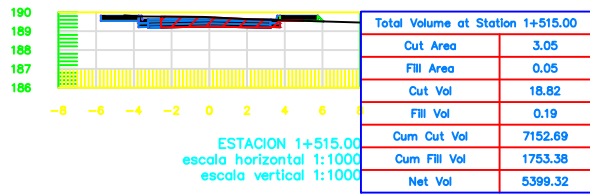
CT=189.64
CSR=189.64



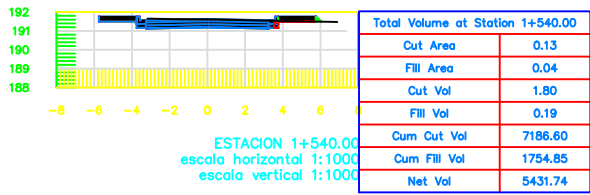
CT=
CSR=



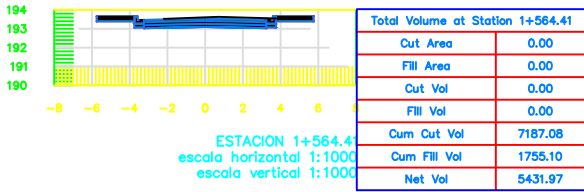
CT=189.25
CSR=189.25



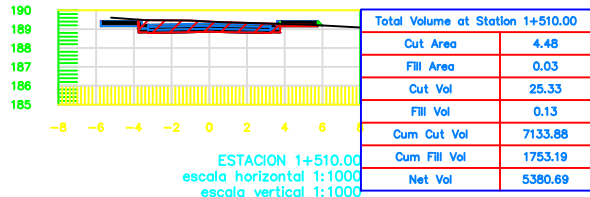
CT=
CSR=



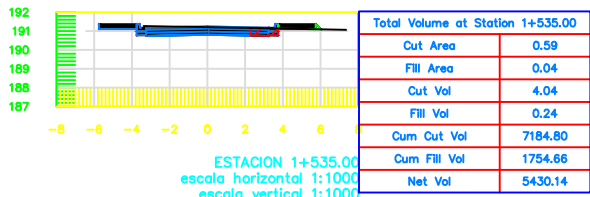
CT=
CSR=



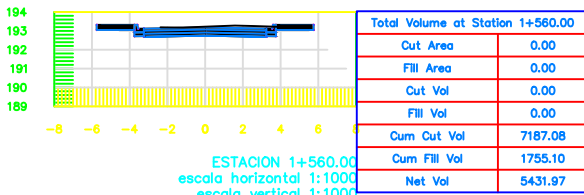
CT=188.86
CSR=188.86



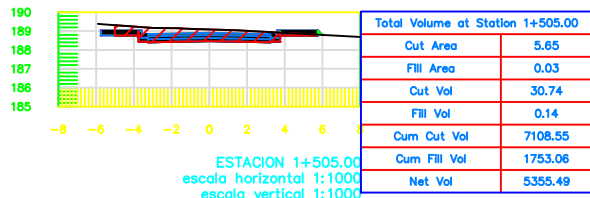
CT=
CSR=



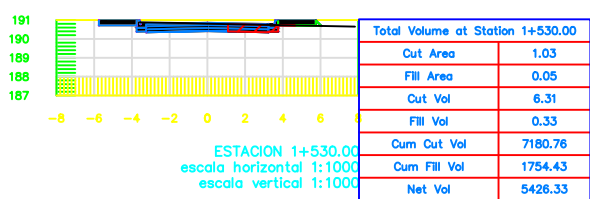
CT=
CSR=



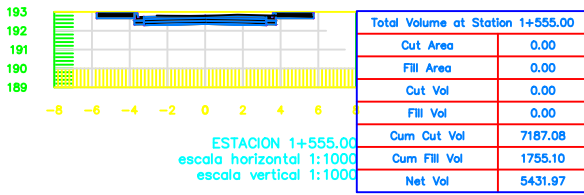
CT=188.47
CSR=188.47



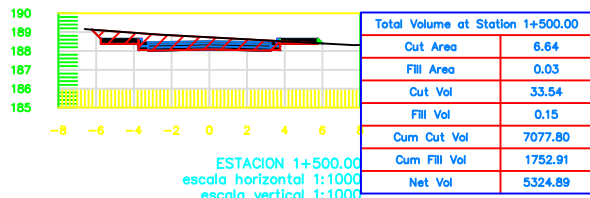
CT=
CSR=



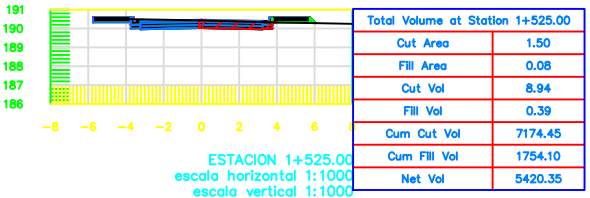
CT=
CSR=



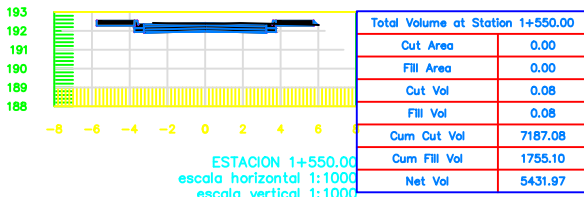
CT=188.08
CSR=188.08



CT=190.03
CSR=190.03



CT=
CSR=



UNIVERSIDAD LAICA ELOY
ALFARO DE MANABI

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
ARQUITECTURA

PROYECTO:
DISEÑO GEOMÉTRICO VIAL PARA
CHORRILLO

AUTOR:
GUERRERO CALET

UBICACIÓN:
El Chorrillo, Montecristi, Manabí, Ecuador



TEMA: DISEÑO VIAL

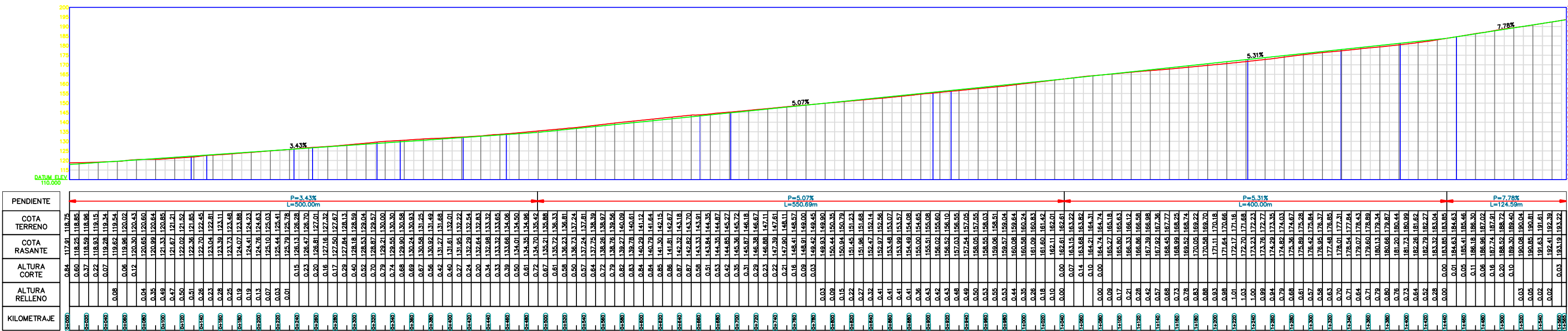
CONTENIDO:
PERFIL LONGITUDINAL

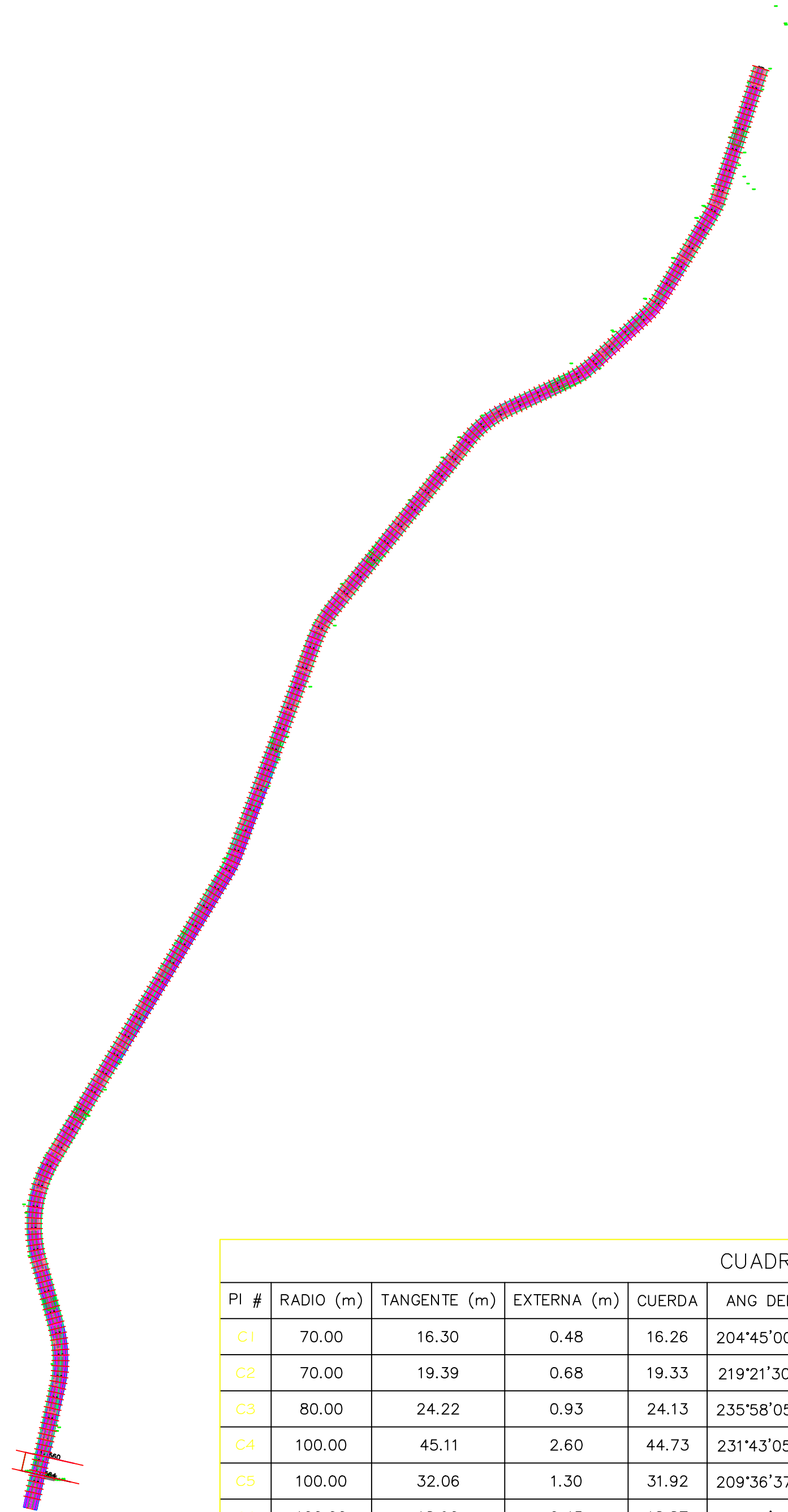
FORMATO:
A2

FECHA:
14/05/2026
ESCALA:
1/4000

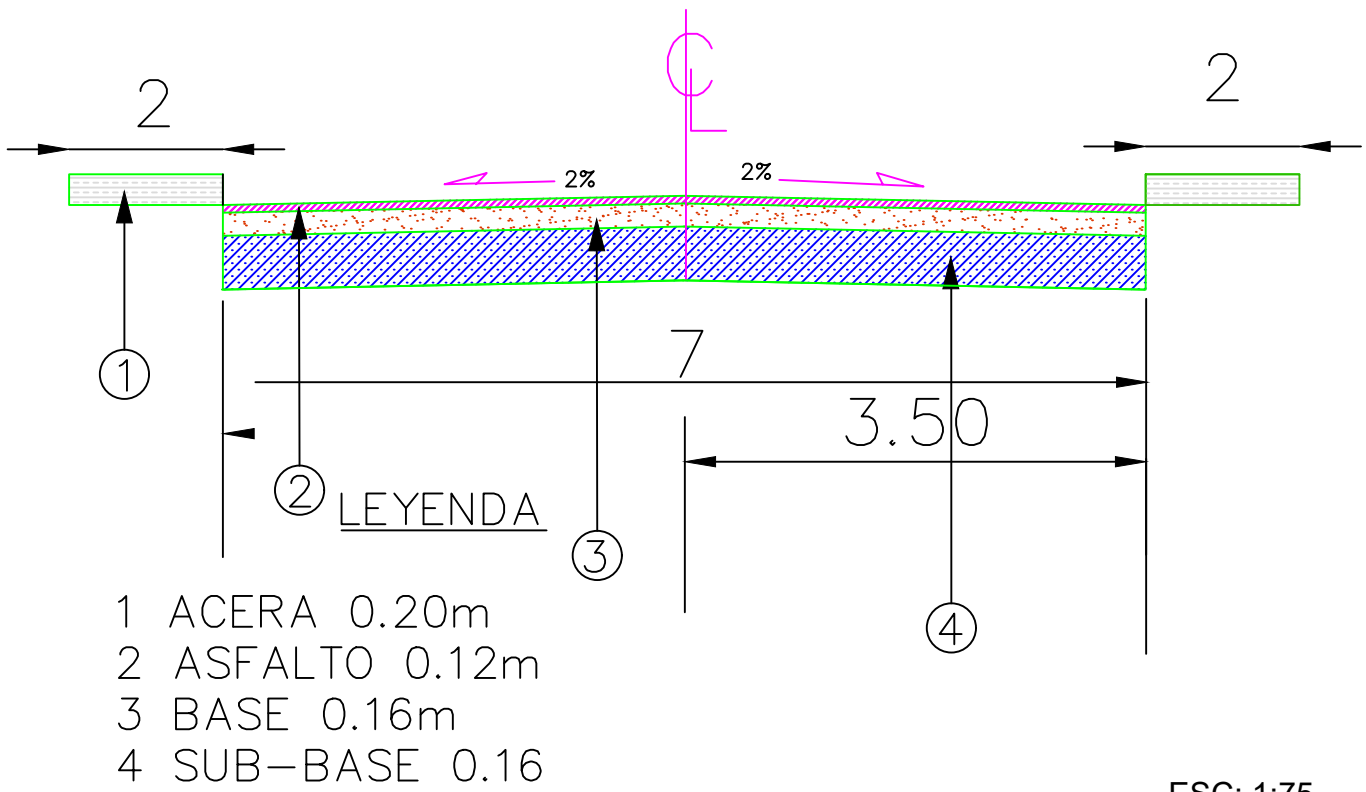
LÁMINA:

L17





SECCION TIPICA
VIAS INTERNAS



ESC: 1:75

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVAS CIRCULARES

PI #	RADIO (m)	TANGENTE (m)	EXTERNA (m)	CUERDA	ANG DELTA	PROG. PC	PROG. PI	PROG. PT	COORDENADA PC	COORDENADA PI	COORDENADA PT
C1	70.00	16.30	0.48	16.26	204°45'00.29"	0+127.19	0+135.38	0+143.49	(536161.04,9886190.50)	(536158.499,9886182.713)	(536154.23,9886175.73)
C2	70.00	19.39	0.68	19.33	219°21'30.06"	0+234.72	0+244.47	0+254.11	(536106.67,9886097.88)	(536101.585,9886089.552)	(536094.41,9886082.93)
C3	80.00	24.22	0.93	24.13	235°58'05.82"	0+321.49	0+333.69	0+345.71	(536044.90,9886037.23)	(536035.932,9886028.958)	(536024.90,9886023.73)
C4	100.00	45.11	2.60	44.73	231°43'05.82"	0+411.63	0+434.57	0+456.74	(535965.34,9885995.50)	(535944.601,9885985.672)	(535930.23,9885967.79)
C5	100.00	32.06	1.30	31.92	209°36'37.75"	0+659.30	0+675.47	0+691.36	(535803.31,9885809.92)	(535793.183,9885797.314)	(535787.54,9885782.16)
C6	100.00	18.90	0.45	18.87	205°50'25.73"	0+902.80	0+912.28	0+921.70	(535713.75,9885584.01)	(535710.441,9885575.132)	(535705.52,9885567.03)
C7	120.00	97.51	10.63	94.84	187°58'39.15"	1+231.87	1+283.50	1+329.38	(535544.59,9885301.87)	(535517.805,9885257.743)	(535531.43,9885207.95)
C8	120.00	58.80	3.69	58.21	178°44'15.46"	1+391.32	1+421.33	1+450.13	(535547.77,9885148.20)	(535555.691,9885119.255)	(535549.06,9885089.99)

UNIVERSIDAD LAICA ELOY
ALFARO DE MANABI

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
ARQUITECTURA

PROYECTO:
DISEÑO GEOMÉTRICO VIAL PARA
CHORRILLO

AUTOR:
GUERRERO CALET

UBICACIÓN:
El Chorrillo, Montecristi, Manabí, Ecuador



TEMA: DISEÑO VIAL

CONTENIDO:
PERFIL LONGITUDINAL

FORMATO:
A2
FECHA:
14/05/2026
ESCALA:
1/4000

LÁMINA:

L18