

**UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO**

**ÁREA DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



**TRABAJO DIRIGIDO**

**“APOYO AL CONTROL Y SEGUIMIENTO DE SUPERVISION DEL PROYECTO:  
MEJ. VIAL CON PAVIMENTO ARTICULADO CALLE CARMELA PINTO BARRIO  
LA CRUZ (COBIJA)”**

**ESTUDIANTE:** Karen Yanaina Arteaga Lopez

**TUTOR COLECTIVO:** Ing. Fabricio Ocampo Vedia

**ASESOR:** Ing. Luis Fernando Vélez Peña

Cobija – Pando – Bolivia

2025

## **AGRADECIMIENTOS**

Al ver el resultado logrado con este trabajo dirigido, solamente se me ocurre una palabra: ¡Gracias!, primeramente, a Dios por darme la vida, brindarme la fortaleza necesaria para poder lograr mi objetivo, fomentándome el deseo de superación y de triunfo en la vida.

Todo el trabajo realizado en este proyecto fue posible gracias al apoyo incondicional de mi madre Leopoldina Lopez Navi, y de mis hermanos (as), así mismo gracias a mis amigas (os) por estar ahí siempre para mí y ayudarme a cumplir mis metas

A mi familia por brindarme su incondicional por haber depositado su confianza en mí a lo largo de mi formación. A mi tutor y asesor por ser mis guías de calidad, consejeros y por brindarme su apoyo constante en la elaboración del presente trabajo dirigido.

A todos los docentes que fueron participe de mi formación profesional, desde el primer semestre, dedicando tiempo de calidad e impartiendo sus conocimientos y experiencia muchas gracias por su labor tan valiosa Dios me los bendiga siempre mis estimados docentes de la carrera de ingeniería Civil de la Universidad Amazónica de Pando.

A todos aquellos amigos (as) y compañeros que me apoyaron moralmente siempre y me motivaron a seguir adelante, muchas gracias por su amistad y los buenos momentos.

Finalmente, a mí misma, por la determinación, esfuerzos demostrados a lo largo de este proceso, me enorgullece reconocer cada obstáculo superado, cada noche de estudio y cada momento de crecimiento personal que me ha traído hasta aquí, este logro es fruto de mi perseverancia y pasión por aprender.

A todos, muchas gracias.

## DEDICATORIA

*Este proyecto está dedicado a:*

Leopoldina Lopez Navi, Sra. madre Te amo, gracias por ser mi motivación e inspiración para poder alcanzar mis logros y metas personales, a mis hermanos (as) por siempre ser mi apoyo incondicional y así poder llegar a ser un ejemplo a seguir para ellas y ellos.

## **RESUMEN**

El presente proyecto se centra en apoyar el control y supervisión de la construcción de pavimento articulado en el barrio La Cruz, como apoyo de supervisión durante su ejecución. Para lograr esto, se establecieron objetivos específicos, que incluyen revisar la documentación del proyecto, controlar y monitorear el avance para asegurar su culminación dentro del tiempo y calidad estipulados, asegurar el cumplimiento de las normas en los ensayos de laboratorio, monitorear el avance físico y financiero según el cronograma, y realizar un rediseño del pavimento articulado utilizando la metodología AASHTO – 93.

El desarrollo del proyecto incluye actividades preliminares, complementarias, movimiento de tierra, obras de drenajes. Enlosetado y señalizaciones en colaboración con el Fondo de Inversión Productiva y Social – Pando (FPS).

Los resultados clave del proyecto incluyen un análisis detallado y revisión de la documentación inicial, control y monitoreo rigurosos para asegurar el cumplimiento de los plazos y estándares de calidad. Estos resultados permitirán evaluar el progreso del proyecto e identificar oportunidades de mejora para asegurar su éxito.

Las recomendaciones para futuros egresados que consideren la modalidad de trabajo dirigido incluyen asegurar la puntualidad en todas las etapas del proyecto y cumplir con los plazos y estándares de calidad establecidos. Es fundamental tener una planificación y seguimiento rigurosos para asegurar el éxito del proyecto y evitar retrasos o desviaciones.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CAPITULO I. ASPECTOS GENERALES.....</b>	<b>16</b>
1. INTRODUCCION.....	16
1.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	17
1.2. ANTECEDENTES.....	18
1.2.1. ¿Qué es el Trabajo Dirigido?.....	18
1.2.2. FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	18
1.2.3. CARACTERÍSTICAS DEL TRABAJO DIRIGIDO.....	18
1.2.4. OBJETIVOS DEL TRABAJO DIRIGIDO.....	18
1.3. ANTECEDENTES DEL PROYECTO.....	19
1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	21
1.5. OBJETIVOS 21	
1.5.1. OBJETIVO GENERAL.....	21
1.5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	22
1.6. JUSTIFICACION.....	22
1.6.1. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA:.....	22
1.6.2. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA.....	23
1.6.3. JUSTIFICACIÓN SOCIAL.....	23
1.7. METODOLOGIA.....	24
1.8. ALCANCES.....	25

<b>CAPITULO II. MARCO CONCEPTUAL.....</b>	<b>26</b>
2. MARCO TEORICO .....	26
2.1. Historia de Pavimento Articulado .....	26
2.2. DEFINICIONES GENERALES .....	27
2.2.1. Pavimento.....	27
2.2.2. Pavimento articulado.....	28
2.2.3. Partes de un Pavimento Articulado .....	28
2.3. ESTRUCTURA DE PROFESIONALES DE EJECUCIÓN DE LA OBRA.....	30
2.4. DOCUMENTOS DE PARTE DE LA SUPERVISIÓN.....	31
2.5. MODIFICACIONES EN LA OBRA.....	32
2.6. PROCESO CONSTRUCTIVO .....	34
2.6.1. Descripción de la vía del proyecto .....	35
2.6.2. Materiales Utilizados en el Proyecto.....	36
2.6.3. Proceso de Construcción de la Obra.....	38
2.6.4. Maquinaria para Drenaje Pluvial.....	44
<b>CAPITULO III. VERIFICACIÓN DE CÓMPUTOS MÉTRICOS Y PLANILLAS DEL PROYECTO .....</b>	<b>46</b>
3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	46
3.2. PLANILLAS DE AVANCE DEL PROYECTO.....	48
3.2.1. Planilla de Avance N°1 .....	48

3.2.2. Planilla de Avance N°2.....	50
3.2.3. Planilla de Avance N°3.....	52
3.2.4. Planilla de Avance N°4.....	54
3.3. Contrato Modificatorio.....	55
3.3.1. Modificaciones al Contrato Original Modificatorio N°1.....	55
3.3.2. Orden de Cambio.....	57
3.3.3. Orden de Cambio N°2 por Ampliación de Plazo.....	58
3.3.4. CRONOGRAMA DE TRABAJO.....	61
3.4. COMPROBAR QUE LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO DE SUELOS CUMPLAN CON LAS CONDICIONES REQUERIDAS POR EL PROYECTO.....	63
3.4.1. Control de Calidad de Suelos.....	64
3.4.2. Control de Calidad de Hormigones.....	84
3.5. REALIZAR INFORMES MENSUALES DEL TRABAJO DIRIGIDO, ADJUNTANDO DOCUMENTACIÓN GENERADA POR LA SUPERVISIÓN TÉCNICA DE LA OBRA...	91
3.5.1. Informe Mensual.....	91
<b>CAPITULO IV. REDISEÑO DE LA CARPETA ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO ARTICULALDO DEL BARRIO LA CURZ CALLE CARMELITA PINTO.....</b>	<b>97</b>
4. ANALISIS DEL DISEÑO PRELIMINAR.....	97
4.1. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO AASHTO – 93.....	97
4.1.1. Estudio de Tráfico.....	98

4.1.2. PERIODO DE DISEÑO.....	103
4.2. Variables a considerar en el Método de diseño AASHTO 93.....	113
4.2.1. Confiabilidad (R).....	113
4.2.2. Desviación Estándar.....	114
4.2.3. Índice de Serviciabilidad.....	115
4.2.4. Error Standard So.....	115
4.2.5. Capacidad Portante (C.B.R.).....	116
4.2.6. Modulo Resiliente (MR).....	117
4.2.7. Coeficiente de drenaje.....	118
4.2.8. Coeficientes de las capas estructurales.....	119
<b>CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>131</b>
5. CONCLUSIONES.....	131
5.2. RECOMENDACIONES.....	136
<b>CAPITULO VI. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>138</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.1</b> <i>Calles del Barrio La Cruz</i> .....	4
<b>Tabla 1.2</b> <i>Listado de Módulos a Ejecutarse en la Obra</i> .....	10
<b>Tabla 2.1</b> <i>Actividades a realizarse para la conformación de la plataforma</i> .....	19
<b>Tabla 2.2</b> <i>Progresivas de la Vía</i> .....	19
<b>Tabla 3.1</b> <i>Avance Físico de la Obra</i> .....	31
<b>Tabla 3.2</b> <i>Ítems Ejecutados en la Planilla N°1</i> .....	33
<b>Tabla 3.3</b> <i>Ítems Ejecutados en la Planilla N°2</i> .....	34
<b>Tabla 3.4</b> <i>Ítems Ejecutados en la Planilla N°3</i> .....	36
<b>Tabla 3.5</b> <i>Ítems Ejecutados en la Planilla N°4</i> .....	38
<b>Tabla 3.6</b> <i>Ítems Nuevos del Contrato Modificatorio N° 1</i> .....	40
<b>Tabla 3.7</b> <i>Análisis de Tamices del Agregado Grueso Ripio Laterítico - San Antonio.</i>	49
<b>Tabla 3.8</b> <i>Análisis de Tamices del Agregado Fino Ripio Laterítico - San Antonio. ...</i>	49
<b>Tabla 3.9</b> <i>Resultados Finales</i> .....	49
<b>Tabla 3.10</b> <i>Análisis de Tamices del Agregado Grueso para Terraplén</i> .....	50
<b>Tabla 3.11</b> <i>Análisis de Tamices del Agregado Fino del Terraplén</i> .....	50
<b>Tabla 3.12</b> <i>Resultados Finales</i> .....	50
<b>Tabla 3.13</b> <i>Análisis de Tamices del Agregado Grueso Sector Puente 1</i> .....	51
<b>Tabla 3.14</b> <i>Análisis de Tamices del Agregado Fino Sector Puente 1</i> .....	51
<b>Tabla 3.15</b> <i>Resultados Finales</i> .....	51

<b>Tabla 3.16</b> <i>Análisis de Tamices del Agregado Grueso Sector Puente 2</i> .....	52
<b>Tabla 3.17</b> <i>Análisis de Tamices del Agregado Fino Sector Puente 2</i> .....	52
<b>Tabla 3.18</b> <i>Resultados Finales</i> .....	52
<b>Tabla 3.19</b> <i>Ensayo Sistema de Clasificación del Ripio Laterítico</i> .....	54
<b>Tabla 3.20</b> <i>Ensayo Sistema de Clasificación del Material de Relleno Terraplén</i> .....	54
<b>Tabla 3.21</b> <i>Ensayo Sistema de Clasificación del Material Sector Puente 1</i> .....	54
<b>Tabla 3.22</b> <i>Ensayo Sistema de Clasificación del Material Sector Puente 2</i> .....	55
<b>Tabla 3.22</b> <i>Ensayo de Proctor modificado del Ripio Laterítico</i> .....	56
<b>Tabla 3.23</b> <i>Resultado Final de Humedad del Suelo</i> .....	56
<b>Tabla 3.24</b> <i>Ensayo de Proctor Modificado del Material Relleno para el Terraplén</i> ...57	
<b>Tabla 3.25</b> <i>Resultado Final de Humedad del Suelo</i> .....	58
<b>Tabla 3.26</b> <i>Ensayo de Proctor modificado Sector Puente 1</i> .....	58
<b>Tabla 3.27</b> <i>Resultado Final de Humedad del Suelo</i> .....	59
<b>Tabla 3.28</b> <i>Ensayo de Proctor modificado Sector Puente 2</i> .....	59
<b>Tabla 3.29</b> <i>Resultado Final de Humedad del Suelo</i> .....	60
<b>Tabla 3.30</b> <i>Ensayo C.B.R. para Capa Subbase</i> .....	61
<b>Tabla 3.31</b> <i>C.B.R. para Base</i> .....	61
<b>Tabla 3.33</b> <i>Especímenes de Suelo – Cemento</i> .....	63
<b>Tabla 3.34</b> <i>Resistencia a la Compresión de Suelo – Cemento Capa Base</i> .....	63
<b>Tabla 3.35</b> <i>Ensayo de densidad in situ Relleno</i> .....	64

<b>Tabla 3.36</b> <i>Ensayo de densidad in situ Capa Subrasante</i> .....	65
<b>Tabla 3.37</b> <i>Ensayo de densidad in situ Capa Sub-base</i> .....	66
<b>Tabla 3.38</b> <i>Ensayo de densidad in situ Capa Base</i> .....	67
<b>Tabla 3.39</b> <i>Ensayo densidad in situ Relleno y Estabilización de Postes de Maderas.</i> ..68	
<b>Tabla 3.40</b> <i>Asentamientos de Cono de Abrams</i> .....	69
<b>Tabla 3.41</b> <i>Resistencia a la compresión "Cordón-Cuneta"</i> .....	71
<b>Tabla 3.42</b> <i>Resistencia a la compresión "Vigas de Confinamiento"</i> .....	72
<b>Tabla 3.43</b> <i>Resistencia a la compresión "Losetas Hexagonales"</i> .....	73
<b>Tabla 4.1</b> <i>Periodos de aforo vehicular</i> .....	84
<b>Tabla 4.2</b> <i>Resumen del aforo vehicular</i> .....	85
<b>Tabla 4.3</b> <i>Criterio de expansión vehicular</i> .....	85
<b>Tabla 4.4</b> <i>Transito promedio diario anual por tipo de vehículo</i> .....	86
<b>Tabla 4.5</b> <i>Periodo de Diseño (N)</i> .....	87
<b>Tabla 4.6</b> <i>Factores equivalentes de carga</i> .....	88
<b>Figura 4.5</b> <i>Tabla de Factores equivalentes de carga, Ejes Tridem, Pt = 2.0</i> .....	90
<b>Tabla 4.7</b> <i>Eje Equivalente de carga (ESAL's)</i> .....	91
<b>Tabla 4.8</b> <i>Factor camión</i> .....	92
<b>Tabla 4.8</b> <i>Factor de Crecimiento</i> .....	93
<b>Tabla 4.9</b> <i>Transito de Diseño</i> .....	94
<b>Tabla 4.10</b> <i>Factor por Distribución por Dirección</i> .....	94

<b>Tabla 4.11</b> <i>Factor de Distribución por Carril</i> .....	95
<b>Tabla 4.12</b> <i>Número de ESAL's</i> .....	96
<b>Tabla 4.13</b> <i>Niveles de confiabilidad recomendado por la AASHTO</i> .....	97
<b>Tabla 4.14</b> <i>Valores de ZR, en función de la confiabilidad R</i> .....	98
<b>Tabla 4.15</b> <i>Desviación estándar para pavimentos rígidos y flexibles</i> .....	100
<b>Tabla 4.16</b> <i>Estadígrafo Percentil</i> .....	100
<b>Tabla 4.17</b> <i>Correlación entre el CBR y Módulo Resiliente para Subrasante</i> .....	101
<b>Tabla 4.18</b> <i>Coefficiente de drenaje</i> .....	102
<b>Tabla 5.1</b> <i>Pruebas Realizadas</i> .....	116
<b>Tabla 5.2</b> <i>Pruebas Realizadas</i> .....	117
<b>Tabla 5.3</b> <i>Espesores del pavimento</i> .....	119

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 <i>Ubicación de la Zona</i> .....	2
Figura 1.2. <i>Identificación de Calles del Barrio La Cruz</i> .....	4
Figura 2.1 <i>Pavimento de adoquines de piedra Romano</i> .....	11
Figura 2.2 <i>Conformación del Pavimento Articulado</i> .....	12
Figura 2.3 <i>Losetas Hexagonales</i> .....	22
Figura 2.4 <i>Corte y Relleno de la Vía</i> .....	23
Figura 2.5 <i>Esparcido y Escarificado</i> .....	24
Figura 2.6 <i>Compactación de Suelo</i> .....	24
Figura 2.7 <i>Suelo Cemento</i> .....	25
Figura 2.8 <i>Compactado de la Capa Base (suelo cemento)</i> .....	26
Figura 2.9 <i>Cordón Cuneta</i> .....	27
Figura 2.10 <i>Cámaras de Inspección</i> .....	27
Figura 2.11 <i>Retro Excavadora</i> .....	28
Figura 2.12 <i>Pala Cargadora</i> .....	28
Figura 2.13 <i>Camión Volquete</i> .....	29
Figura 2.14 <i>Tubo de hormigón de <math>\Phi</math> 1000 mm</i> .....	29
Figura 2.15 <i>Encofrado y Vaciado de Aleros</i> .....	29
Figura 2.16 <i>Tubos de PVC 400 mm Corrugado</i> .....	29
Figura 3.1 <i>Curva avance Físico Programado vs. Ejecutado</i> .....	31

Figura 3.3 <i>Alerta Roja - Prensa Digital Informando de la Inundación</i> .....	42
Figura 3.4 <i>Prensa Digital Informando de los Bloqueos</i> .....	43
Figura 3.5 <i>Daños Ocasionados Por La Inundación</i> .....	44
Figura 3.6 <i>Cronograma Contrato Modificadorio N°1</i> .....	45
Figura 3.7 <i>Cronograma Orden de Cambio N°1</i> .....	46
Figura 3.8 <i>Cronograma Orden de Cambio N°2</i> .....	47
Figura 3.9 <i>Ensayo Proctor Modificado</i> .....	55
Figura 3.10 <i>Curva de Compactación del Ripio Laterítico</i> .....	56
Figura 3.11 <i>Curva de Compactación del Material de Relleno para el Terraplén</i> .....	57
Figura 3.11 <i>Curva de Compactación Sector Puente 1 (progresivas 0+120 – 0+160)</i> ..	59
Figura 3.12 <i>Curva de Compactación Sector Puente 2 (progresivas 0+060 – 0+120)</i> .	60
Figura 3.13 <i>Ensayo de CBR (California Bearing Ratio)</i> .....	61
Figura 3.14 <i>Resistencia a la compresión de suelo- cemento</i> .....	62
Figura 3.15 <i>Ensayo de densidad in situ “método de cono de arena”</i> .....	64
Figura 3.16 <i>Densidades Alcanzadas en el Relleno</i> .....	65
Figura 3.17 <i>Densidades Alcanzadas en la Capa Subrasante</i> .....	65
Figura 3.18 <i>Densidades Alcanzadas en la Capa Sub-base</i> .....	66
Figura 3.19 <i>Densidades Alcanzadas en la Capa Base</i> .....	67
Figura 3.20 <i>Densidades del Relleno y Estabilización de Postes de Maderas</i> .....	68
Figura 3.21 <i>Asentamiento del Hormigón Fresco</i> .....	70

Figura 3.22 <i>Ensayo de Resistencia a la Compresión</i> .....	71
Figura 4.1 <i>Tramo de estudio: Calle Carmela Pinto Barrio La Cruz</i> .....	82
Figura 4.2 <i>Configuración vehicular</i> .....	83
Figura 4.3 <i>Tabla de Factores equivalentes de carga, Ejes Simples, Pt = 2.0</i> .....	88
Figura 4.4 <i>Tabla de Factores equivalentes de carga, Ejes Tandem, Pt = 2.0</i> .....	89
Figura 4.6 <i>Tabla de Factor de Crecimiento</i> .....	93
Figura 4.7 <i>Coficiente estructural base granular (a2)</i> .....	104
Figura 4.8 <i>Coficientes de capas y Modulo de Resiliencia para la Base granular. ...</i>	104
Figura 4.9 <i>Coficientes de capas y Modulo de Resiliencia para la Base granular. ...</i>	105
Figura 4.10 <i>Nomograma para el diseño del número Estructural Requerido</i> .....	106
Figura 4.11 <i>Espesores Finales</i> .....	108
Figura 4.12 <i>Relación entre el coeficiente estructural para base granular (a3)</i> .....	108
Figura 4.13 <i>Nomograma para el diseño del número Estructural Requerido</i> .....	109
Figura 5.1 <i>Espesores de Pavimento</i> .....	116

## **CAPITULO I. ASPECTOS GENERALES**

### **1. INTRODUCCION**

Pando es uno de los departamentos con menor población teniendo en cuenta que el territorio también se encuentra entre los menos extensos del país” (Productivo, 2020, pág. 7), esto hace resaltar que la economía local necesita proyectos que ayuden en la generación de empleos y sustento de las familias pandinas.

El proyecto “Mejoramiento Vial con Pavimento Articulado en la Calle Carmela Pinto, Barrio La Cruz (Cobija)” surge con el propósito de optimizar la infraestructura urbana y mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Este tipo de pavimentación es especialmente ventajoso en áreas urbanas debido a su durabilidad y su facilidad para realizar reparaciones puntuales, lo cual contribuye a la sostenibilidad del mantenimiento vial en la región.

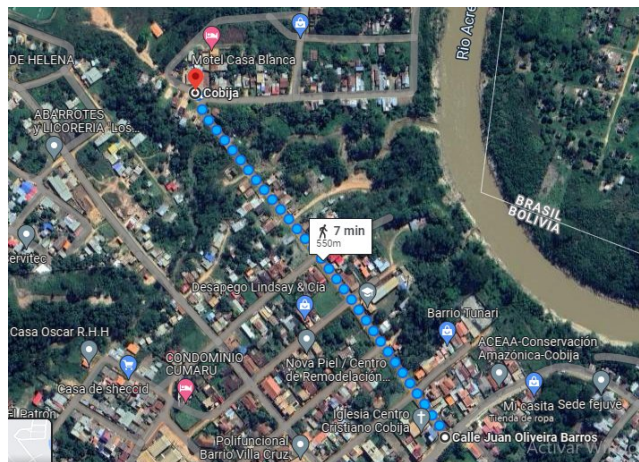
El desarrollo del presente documento en la modalidad de Trabajo Dirigido se llevará a cabo concorde al proyecto anteriormente mencionado, efectuado por la entidad pública Fondo de Inversión Productiva y Social – Pando (FPS), con el objetivo de contribuir al desarrollo de Cobija, mejorando sus infraestructuras viales y favoreciendo la transitabilidad de estas.

Dado este punto de vista se da un enfoque técnico a los módulos a desarrollar durante el proceso constructivo del proyecto y el desarrollo de las actividades. La postulante dará el apoyo en los siguientes módulos: Medidas de mitigación ambiental, actividades complementarias, obras de drenaje, medidas de higiene y bioseguridad ante el covid-19, obras preliminares, movimiento de tierras, enlosetado y señalizaciones.

#### **1.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO**

- Departamento: PANDO
- Provincia: NICOLAS SUAREZ
- Municipio: COBIJA
- Barrio: La Cruz

**Figura 1.1** *Ubicación de la Zona*



Fuente: Ubicación de la zona de Google Maps.

## **1.2. ANTECEDENTES**

### **1.2.1. ¿Qué es el Trabajo Dirigido?**

El Trabajo Dirigido es una modalidad de graduación en la que los estudiantes de Ingeniería Civil aplican los conocimientos adquiridos en la universidad para solucionar problemas reales de infraestructura civil. Esta experiencia práctica se desarrolla dentro de una institución pública, privada o mixta, o bien en una ONG, bajo la supervisión de un tutor de la carrera y un profesional de la institución o empresa.

### **1.2.2. FUNDAMENTACIÓN LEGAL**

El Trabajo Dirigido se encuentra definido en el Reglamento de Modalidad de Graduación 2010 de la Universidad Amazónica de Pando (U.A.P.) como: “A la aplicación de conocimientos adquiridos, orientados a dar solución a problemas de infraestructura civil dentro de una institución, bajo la orientación directa de un tutor de la Carrera de Ingeniería Civil y un profesional supervisor, responsable, que pertenece a una unidad de la institución en el marco de los planes y políticas de instituciones públicas o privadas, previo convenio específico firmado con la Universidad Amazónica de Pando (U.A.P.)”.

### **1.2.3. CARACTERÍSTICAS DEL TRABAJO DIRIGIDO**

Aplicación práctica de conocimientos: El estudiante pone en práctica los conocimientos adquiridos en la carrera para resolver problemas reales de infraestructura civil.

Supervisión profesional: El trabajo es supervisado por un tutor de la carrera y un profesional de la institución o empresa, quienes guían al estudiante y garantizan la calidad del trabajo.

Convenio específico: La universidad firma un convenio específico con la institución o empresa donde se desarrolla el trabajo dirigido, estableciendo las responsabilidades de cada parte.

#### **1.2.4. OBJETIVOS DEL TRABAJO DIRIGIDO**

Fortalecer la formación profesional: El trabajo dirigido permite al estudiante consolidar sus conocimientos y habilidades técnicas, además de desarrollar competencias transversales como la comunicación, el trabajo en equipo y la resolución de problemas.

Vincular la universidad con el sector productivo: Esta modalidad de graduación fomenta la vinculación entre la universidad y el sector productivo, permitiendo a los estudiantes conocer las necesidades reales del mercado laboral.

Contribuir al desarrollo de la sociedad: Los trabajos dirigidos pueden generar soluciones a problemas de infraestructura civil que impactan positivamente en la calidad de vida de la población.

El Trabajo Dirigido es una valiosa experiencia práctica que permite al estudiante de Ingeniería Civil aplicar sus conocimientos, desarrollar competencias profesionales y contribuir al desarrollo de la sociedad.

#### **1.3. ANTECEDENTES DEL PROYECTO**

El proyecto de enlosetado "MEJ VIAL CON PAVIMENTO ARTICULADO CALLE CARMELA PINTO BARRIO LA CRUZ (COBIJA)" se enmarca en el programa de generación de empleo impulsado por el Fondo Nacional de Inversión Productivo Social (FPS) en colaboración con la empresa Asociación Accidental Integral Del Norte.

Este proyecto tiene como objetivo generar empleo en el municipio, contribuyendo así a la reducción de la pobreza y la mejora de las condiciones de vida de los habitantes. Se busca lograr este objetivo mediante la inversión en infraestructura pública para servicios básicos y el fomento del desarrollo económico local.

Las calles del barrio La Cruz presentan una situación desigual en cuanto al estado de sus vías. Aquellas sin pavimentar, conformadas exclusivamente por suelo natural, se encuentran en un estado deplorable, especialmente durante la época de lluvias. La formación de baches, la erosión del suelo y las deformaciones en la vía obstaculizan el tránsito, generando molestias a los vecinos y deteriorando la calidad de vida en la zona. Esta situación no solo afecta la movilidad, sino que también repercute negativamente en la salud pública de las personas que circular por el barrio.





Por otro lado, las calles pavimentadas, ya sea con pavimento articulado o flexible, se mantienen en buen estado gracias a un adecuado mantenimiento. A continuación, se detalla la situación en la siguiente tabla:

**Figura 1.2.** *Identificación de Calles del Barrio La Cruz*



Fuente: Google Earth, Elaboración Propia

**Tabla 1.1** *Calles del Barrio La Cruz*

Tipo de vía		Cantidad	Porcentaje
Calles De Suelo Natural		1461.9 m	42.02%
Calles Pavimentadas		1301 m	37.40%
Calle por Pavimentar		716 m	20.58%
Delimitación del Barrio		3478.9 m	100%

Fuente: Elaboración Propia

Un pavimento articulado está compuesto por una capa de rodadura de adoquines de concreto, la capa base y la sub-base y una capa de la subrasante. Es importante que se tenga unas restricciones laterales de confinamiento adecuadas.

El pavimento articulado que se utilizará en este proyecto está compuesto por losetas hexagonales de hormigón simple unidas por juntas de cemento asfáltico. Esta configuración proporciona una mayor rugosidad en la superficie, lo que la diferencia de pavimentos rígidos y flexibles que suelen ser más lisos.

Si bien los pavimentos rígidos y flexibles permiten mayor velocidad y una conducción más suave, las losetas del pavimento articulado facilitan la reparación de fallas en las instalaciones subterráneas de agua, saneamiento pluvial y gas. Esta característica resulta particularmente ventajosa para el proyecto, ya que permite una mayor flexibilidad en la gestión de estas instalaciones.

#### **1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La falta de mantenimiento en las vías ha ocasionado notables desgastes y daños en su superficie de rodadura, compuesta mayormente por material laterítico. Estas condiciones deterioradas dificultan la transitabilidad, especialmente se hace evidente durante la temporada de lluvias en el barrio La Cruz. Las calles de suelo natural se vuelven inaccesibles en estas circunstancias, representando un riesgo significativo tanto para vehículos como para peatones.

La plataforma de rodadura presenta numerosas erosiones debido al escurrimiento de aguas, agravado por la calidad deficiente de la base de la vía. Es imperativo mejorar estas condiciones, ya que el tramo se encuentra en mal estado por la falta de un sistema de drenaje superficial adecuado y mantenimiento regular. Esta situación no solo dificulta el tránsito vehicular y peatonal, sino que también afecta negativamente la calidad de vida de los residentes.

Para abordar estas problemáticas, se propone intervenir en la zona ubicada en el municipio de Cobija, específicamente en la calle Carmela Pinto del barrio La Cruz, con una extensión de 708 metros lineales. Este proyecto beneficiará directamente a unas 300 familias, mejorando significativamente las condiciones de transitabilidad durante los 365 días del año.

Por lo antes planteado se realiza en siguiente cuestionamiento:

- ✓ ¿Cómo puede el control y seguimiento del presente proyecto mejorar la intervención en la calle Carmela Pinto del barrio La Cruz?

## **1.5. OBJETIVOS**

### **1.5.1. OBJETIVO GENERAL**

Apoyar a la gestión en el control y seguimiento de las actividades contempladas en el proyecto: “Mej. Vial con Pavimento Articulado Calle Carmela Pinto Barrio La Cruz (Cobija)” que realizara la supervisión, aplicando los conocimientos adquiridos durante la formación en pregrado, aportando con soluciones oportunas a problemas que se presenten en el transcurso de la construcción para garantizar una buena ejecución y transitabilidad permanente durante todo el año de las vías de circulación enmarcadas en el proyecto.

### **1.5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

1. Verificar cómputos métricos y planillas de avance generadas por la empresa constructora.
2. Comprobar que los resultados del estudio de suelos cumplan con las condiciones requeridas por el proyecto.
3. Realizar informes mensuales del trabajo dirigido, adjuntando la documentación generada por la supervisión técnica de la obra.
4. Rediseñar el paquete estructural del pavimento articulado con los datos obtenidos en campo.

## **1.6. JUSTIFICACION**

### **1.6.1. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA:**

- ✓ Reducción de costos de mantenimiento: Las calles de tierra actuales requieren un mantenimiento constante debido a la erosión y los baches, lo que genera costos adicionales para el municipio. La pavimentación con adoquines reducirá significativamente estos costos a largo plazo.

- ✓ Mejora del valor de las propiedades: Unas calles pavimentadas y en buen estado aumentan el valor de las propiedades aledañas, lo que se traduce en un mayor ingreso fiscal para el municipio.
- ✓ Estímulo a la actividad económica: Un mejor acceso vial facilita el transporte de personas y productos, lo que puede impulsar la actividad comercial y empresarial en la zona.
- ✓ Reducción de costos de transporte: Las calles en mal estado pueden dañar los vehículos, lo que aumenta los costos de transporte para los residentes y comerciantes. La pavimentación reducirá estos costos y mejorará la eficiencia del transporte.

### **1.6.2. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA**

- ✓ Mayor durabilidad: Los adoquines son un material resistente y duradero que puede soportar un alto tráfico vehicular y peatonal.
- ✓ Facilidad de reparación: En caso de que algún adoquín se dañe, es relativamente sencillo reemplazarlo sin necesidad de levantar todo el pavimento.
- ✓ Mejora de la seguridad vial: La superficie rugosa de los adoquines proporciona una mayor adherencia, lo que reduce el riesgo de accidentes de tránsito.
- ✓ Mejor estética urbana: Los adoquines aportan un toque de elegancia y distinción a las calles, mejorando la imagen urbana del barrio.

### **1.6.3. JUSTIFICACIÓN SOCIAL**

- ✓ Mejora de la calidad de vida: Unas calles pavimentadas y en buen estado facilitan el acceso a servicios básicos como la educación, la salud y el transporte público, lo que mejora la calidad de vida de los residentes.
- ✓ Mayor seguridad para los peatones: Las calles en mal estado pueden ser peligrosas para los peatones, especialmente en época de lluvias. La pavimentación reducirá el riesgo de accidentes y hará que las calles sean más seguras para todos.

- ✓ Generación de empleo: De acuerdo con las políticas de la Entidad contratante, la construcción del pavimento articulado generará empleos directos e indirectos en la zona, lo que beneficiará a la economía local.
- ✓ Contribución al desarrollo del barrio: La pavimentación de las calles es una obra de infraestructura básica que es esencial para el desarrollo del barrio y para mejorar las condiciones de vida de la población en general.

La ejecución del proyecto “Mej. Vial con Pavimento Articulado Calle Carmela Pinto Barrio La Cruz (Cobija)” generará beneficios tangibles e intangibles para los residentes del barrio, el municipio y la sociedad en general.

## **1.7. METODOLOGIA**

- ✓ Verificar cálculos métricos y planillas de avance generadas por la empresa constructora.

De manera preliminar se llevará a cabo una revisión exhaustiva de la documentación técnico-legal de la empresa contratista. Esta revisión incluirá el análisis detallado del contrato contractual, la propuesta técnico-financiera, los planos de construcción y las especificaciones técnicas. El objetivo de esta revisión es garantizar que todos los documentos estén en cumplimiento con los requisitos legales y técnicos establecidos, y que sirvan como base sólida para la correcta ejecución del proyecto.

Para la verificación de los cálculos métricos y planillas de avance se realizarán visitas periódicas al sitio de ejecución del proyecto, con la finalidad de comprobar los volúmenes de obra ejecutadas versus las reportadas en dichas planillas. Además, se realizará un seguimiento exhaustivo de la ejecución física y financiera, con el fin de identificar cualquier desviación respecto a lo programado. Esta información se comunicará oportunamente al Supervisor de obra para la toma de decisiones correctivas.

- ✓ Comprobar que los resultados del estudio de suelos cumplan con las condiciones requeridas por el proyecto.

Se llevará a cabo un control de calidad de los ensayos in situ realizados por la empresa, incluyendo la revisión de los procedimientos de ensayo y la evaluación de los resultados obtenidos. Se verificará que los valores obtenidos se encuentren dentro de los rangos de tolerancia establecidos en las especificaciones técnicas y que cumplan con los requisitos de las normas ASTM, AASHTO. Adicional, se realizará un seguimiento al proceso de extracción de muestras para que las pruebas cumplan estrictamente con las especificaciones técnicas detalladas en los términos de referencia, garantizando así el cumplimiento contractual.

- ✓ Realizar informes mensuales del trabajo dirigido, adjuntando la documentación generada por la supervisión técnica de la obra.

Con el fin de garantizar la transparencia y el control del avance de la obra, se elaborarán informes periódicos de seguimiento, de acuerdo con el reglamento de modalidad de graduación. Estos reportes se basarán en el seguimiento realizado a la ejecución de la obra, evidenciando logros y dificultades, porcentaje de avances mensuales, seguimiento las extracciones de muestras para los laboratorios de suelos, control al avance físico financiero y planillas de reporte diarios.

- ✓ Rediseñar el paquete estructural del pavimento articulado con los datos obtenidos en campo.

Posterior a la revisión y análisis del proyecto, se procederá a rediseñar el paquete estructural del pavimento articulado utilizando la metodología AASHTO 93. Los parámetros de diseño se basarán en los datos geotécnicos proporcionados por la supervisión y la empresa constructora, con el objetivo de determinar los espesores óptimos de las capas subbase y base, garantizando así la durabilidad y funcionalidad de la estructura.

## **1.8. ALCANCES**

Se realizará un control riguroso durante todas las etapas de construcción, con el fin de garantizar que se cumplan las normas y las especificaciones técnicas establecidas en el proyecto, dando prioridad a las actividades que involucren ensayos específicos, particularmente aquellos vinculados al pavimento articulado, con el objetivo de asegurar que cada fase constructiva se ajuste a los estándares requeridos del proyecto.

Adicionalmente, con los datos obtenidos en campo se llevará a cabo un rediseño del paquete estructural del pavimento articulado, utilizando la metodología AASHTO 93. Este rediseño busca optimizar el comportamiento estructural del pavimento y garantizar que cumpla plenamente con los criterios normativos y las exigencias del proyecto.

**Tabla 1.2** *Listado de Módulos a Ejecutarse en la Obra*

<b>CODG</b>	<b>MODULOS</b>
247	MOD. 1 MEDIDAS DE MITIGACION AMBIENTAL
44	MOD. 2 ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS
157	MOD. 3 OBRAS DE DRENAJE
10	MOD. 4 MEDIDAS DE HIGIENE Y BIOSEGURIDAD ANTE EL COVID-19
414	MOD. 5 OBRAS PRELIMINARES
105	MOD. 6 MOVIMIENTO DE TIERRAS
108	MOD. 7 ENLOSETADO
213	MOD. 8 SEÑALIZACION
-	MOD. 9 ACTIVIDADES DE NUEVA CREACION

Fuente: Elaboración Propia

## **CAPITULO II. MARCO CONCEPTUAL**

### **2. MARCO TEORICO**

El presente marco teórico proporciona la base conceptual para el trabajo dirigido cuyo objeto de estudio es el proceso constructivo del proyecto “Mej. Vial con Pavimento Articulado Calle Carmela Pinto Barrio La Cruz (Cobija)”. Se analizarán los principios y técnicas de supervisión y control de obras civiles, con el fin de establecer los criterios necesarios para asegurar la calidad, la eficiencia y la seguridad de la ejecución del proyecto.

#### **2.1. Historia de Pavimento Articulado**

Los pavimentos de adoquines de concreto tienen sus raíces en el primer pavimento con superficie dura, que fue el de piedra, y que ya se construía 4000 años AC. Este evolucionó cuando se tallaron las piedras para un mejor ajuste entre ellas y una mayor comodidad en el

desplazamiento de personas y carros de tracción animal, lo que dio origen a los pavimentos de adoquines de piedra, (la palabra española adoquín proviene del árabe "ad-dukkān" que quiere decir "piedra escuadrada") tecnología ampliamente utilizada por el Imperio Romano para la construcción de sus vías (con bases granulares y estabilizadas con puzolanas naturales). Dicho tipo de pavimento predominó hasta el siglo XIX. pero debido al proceso acelerado de urbanización y a la aparición del automóvil con motor de combustión interna a finales del siglo, no resultaba económico ni práctico tallar la gran cantidad de piedras que requería el ritmo de pavimentación acorde con las necesidades de esta época. Por esta razón el pavimento de adoquines de piedra comenzó a ser reemplazado por pavimentos de adoquines de arcilla cocida, con moldes de bloques de madera y se desarrollaron las técnicas de pavimentación con concreto y con asfalto. Si bien este tipo de pavimentación se abandonó muy pronto, algunos países europeos construyeron grandes extensiones de pavimentos de adoquines de arcilla cocida, con resultados aceptables a pesar del desgaste acelerado de las piezas.

Fue después de la Segunda Guerra Mundial, especialmente en los Países Bajos, cuando la mecanización de la prefabricación en concreto permitió el desarrollo de los adoquines de concreto y, por ende, de este tipo de pavimento, que reemplazó las unidades de arcilla (ladrillos), que se utilizaban tradicionalmente. Este sistema de pavimentación se popularizó al comienzo en Europa y posteriormente se difundió por el resto del mundo (Castillo, 2003).

**Figura 2.1** *Pavimento de adoquines de piedra Romano*



Fuente: Castillo 2003.

## 2.2. DEFINICIONES GENERALES

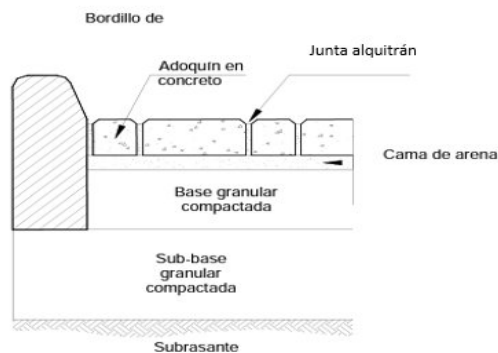
### 2.2.1. Pavimento

Un pavimento es una estructura conformada por una o varias capas de diversos materiales diseñada para soportar las condiciones climáticas de la región y las cargas que le impone el tráfico, y transmitir las a su fundación o subrasante con una magnitud tal que las pueda soportar sin deformarse excesivamente. Para tal efecto las capas deben sumar una rigidez suficiente que depende tanto de los materiales empleados como del espesor de estos. Los pavimentos se presentan como una estructura multicapa colocada sobre la plataforma de soporte del pavimento. Esta plataforma está constituida por el suelo de subrasante y una eventual capa de conformación (Castillo, 2003).

### 2.2.2. Pavimento articulado

Un pavimento articulado está compuesto por una capa de rodadura de adoquines de concreto; la capa de base y la de subbase cuando la anterior exista y opcionalmente una capa de mejoramiento de la subrasante. Es importante que este tenga unas restricciones laterales de confinamiento adecuadas. La estructura típica se muestra en la siguiente figura.

**Figura 2.2** *Conformación del Pavimento Articulado*



Fuente: (Castillo 2003).

### 2.2.3. Partes de un Pavimento Articulado

- ✓ Capa de rodadura de adoquines de concreto

Esta capa debe soportar directamente las cargas y resistir el desgaste producido por la abrasión del tráfico al desplazarse, en conjunto con la agresión del clima. Está conformada por

un conjunto de adoquines separados por juntas selladas con arena, apoyado sobre una capa delgada de arena. Debido al entramamiento se establece como una superficie en la que los adoquines deben actuar de forma mancomunada en un sistema que se asemeja al de un material homogéneo y flexible, que combina la durabilidad del concreto con la flexibilidad característica de los pavimentos asfálticos (Castillo, 2003).

✓ Capa Subrasante

La subrasante corresponde a la capa de suelo natural perfilada luego de la excavación, a fin de agregar posteriormente las capas superiores de suelo mejorado y la solución de pavimento así mismo es importante que la subrasante esté bien compactada y drenada para evitar que el pavimento se asiente o se agriete. Si el subsuelo es de mala calidad, puede ser necesario realizar mejoras, como la adición de material estabilizador o la instalación de un sistema de drenaje.

✓ Capa Sub-base

Capa estructural localizada directamente sobre la base. Consta de un material granular no tratado o estabilizado según los parámetros de diseño. Para vías de bajo tráfico se puede reemplazar por un tratamiento de la subrasante (Castillo, 2003).

✓ Capa Base

Es la principal capa estructural del pavimento, colocada directamente bajo la capa de arena, esta capa es la que proporciona mayor capacidad estructural y suministra un apoyo uniforme, estable y permanente al pavimento. Es la capa de material que se construye sobre la subbase, los materiales con los que se construye deben ser de mejor calidad que los de la subbase puede estar hecha de una variedad de materiales, como grava triturada, concreto asfáltico o suelo-cemento y su función es la de tener la resistencia estructural para soportar las presiones transmitidas por los vehículos. El espesor de la base dependerá de las cargas del tráfico y las características del subsuelo.

✓ Adoquines de concreto

Son elementos macizos, prefabricados, de espesor uniforme e iguales entre sí, con forma hexagonal tal que, al colocarlos sobre una superficie, encajen unos con otros de manera que solamente queden juntas entre ellos (Castillo, 2003).

- ✓ Capa de arena

Capa de arena limpia de poco espesor sobre la cual se colocan los adoquines, para que facilite su colocación, la infiltración, y el flujo libre de agua.

- ✓ Sellado con Alquitrán

Está constituido cemento asfáltico y arena para el sellado de juntas en las superficies enlosetados se coloca para llenar las juntas entre los adoquines. Sirve como sello de estas y garantiza el buen comportamiento a flexión y la capacidad portante de la superficie del pavimento.

### **2.3. ESTRUCTURA DE PROFESIONALES DE EJECUCIÓN DE LA OBRA**

La estructura jerárquica encargada de la ejecución, control y seguimiento del PROYECTO LOTE 2: "**Mejoramiento Vial con Pavimento Articulado en la Calle Carmela Pinto, Barrio La Cruz (Cobija)**" está conformada por profesionales especializados en diversas áreas de la construcción y la ingeniería. Este equipo multidisciplinario trabaja de manera coordinada para asegurar la correcta ejecución de la obra, garantizando el cumplimiento de los estándares de calidad, eficiencia y seguridad establecidos para el proyecto, se dispuso de la siguiente manera:

- ✓ Fiscal F.P.S. y G.A.M.C

Servicio de consultoría o profesional registrado y habilitado en la instancia profesional conforme a su especialidad, que ha sido contratado y/o designado según corresponda, específicamente para representar a la Entidad Contratante en la ejecución de una obra. Es el encargado de ejercer el control y cumplimiento de los contratos del Supervisor de Obras y del Contratista (Ministerio de Obras Publicas).

- ✓ Supervisión Técnica

Es el servicio de seguimiento y verificación de obra conforme a los documentos y términos contractuales (Ministerio de Obras Publicas).

✓ Supervisor

Empresa Consultora y/o Profesional competente con experiencia demostrada registrado y habilitado en la instancia profesional conforme a su especialidad, contratada por el Contratante, que tendrá como responsabilidad la correcta ejecución física del proyecto, certificar los volúmenes y calidad de todos los ítems ejecutados por la Entidad Ejecutora o Contratista y de aprobar o elaborar los certificados de pago solicitando al Contratante su cancelación, pudiendo proponer cambios, de orden técnico, sustentados en los procedimientos establecidos según normativa y/o términos contractuales (Ministerio de Obras Publicas).

✓ Residente de Obra

Profesional competente formado en el área de la construcción, registrado y habilitado en la instancia profesional conforme a su especialidad, representante de la Entidad Ejecutora o Contratista, autorizado por el Contratante, responsable de la ejecución y control permanente de la obra de un proyecto en todas sus etapas (Ministerio de Obras Publicas).

✓ Topógrafo

Profesional calificado para realizar las labores de replanteo de diseño en campo, representar extensiones limitadas de la superficie del terreno, determinando puntos sobre el área del proyecto, mediante el uso de equipos topográficos.

## **2.4. DOCUMENTOS DE PARTE DE LA SUPERVISIÓN**

✓ Especificaciones Técnicas

Documento técnico que indica la ejecución de cada una de las actividades del proyecto, indicando su definición, materiales, herramientas, equipo, 19 Guía de Supervisión de Obras maquinaria y personal necesarios, los controles de calidad, así como su forma de pago y medición (Ministerio de Obras Publicas).

✓ Planos

Son el resultado de los diseños, que a una escala adecuada definen la ubicación, formas y medidas de la obra a realizar, deben ser aprobados como parte del diseño final de la obra por las instancias correspondientes (Ministerio de Obras Publicas).

✓ Cómputos Métricos

Son todas las actividades de medición que podemos realizar, estas nos brindan información acerca de: distancias, áreas, volúmenes. Estas actividades de medición guardan estrecha relación con los trabajos de gabinete y los trabajos de la obra, para realizar la medición podemos utilizar diferentes tipos de herramientas, desde una cinta métrica hasta una computadora (Jucumani Gutierrez 2021).

✓ Planillas de Avance

Una planilla de avance de obra es un documento formal que registra de manera detallada el progreso de una construcción en un periodo de tiempo determinado. Sirve como un informe contable y técnico que muestra las actividades realizadas, los materiales utilizados y los recursos empleados en una obra.

✓ Cronograma

El cronograma es una herramienta muy importante en la gestión de proyectos. El cronograma incluye una lista de actividades o tareas con las fechas previstas de su comienzo y final. Una de las funciones más importantes del supervisor de Obras, es el control del cronograma de actividades esto para que no se produzcan retrasos en la finalización de la obra (Assana, 2024).

## **2.5. MODIFICACIONES EN LA OBRA**

Una modificación a la obra es cualquier alteración o cambio que se realiza en un proyecto de construcción durante la etapa de ejecución del proyecto. Esto puede incluir cambios en el diseño original, en los materiales utilizados, en los plazos de ejecución o en cualquier otro aspecto del proyecto.

El Supervisor de Obra, en coordinación con el Contratante, y sujeto a la aprobación del Fiscal podrá introducir modificaciones y mejoras técnicas que resulten necesarias. Estas alteraciones se documentarán formalmente a través de Órdenes de Trabajo, Órdenes de Cambio

o Contratos Modificatorios, asegurando así la transparencia y el control de cualquier cambio en el proyecto.

✓ Orden de Cambio

Una orden de cambio en obra es un documento formal que detalla cualquier modificación al proyecto original de construcción. Esta permite el incremento o decremento y plazos estipulados originalmente en el contrato. Cuando surja la necesidad de modificar el alcance del proyecto, el Supervisor de Obra será el encargado de elaborar la correspondiente solicitud de Orden de Cambio. Esta solicitud debe estar debidamente fundamentada con un análisis técnico y económico, será presentada al Fiscal de obra para su evaluación y aprobación.

La aprobación final de la Orden de Cambio corresponderá a la instancia responsable del seguimiento del proyecto por parte de la entidad contratante en este caso el Fiscal de obra, de existir incremento presupuestario a una orden de cambio no deberá exceder el 5% del monto establecido en el contrato.

✓ Orden de cambio por ampliación de plazo

Se denomina Orden de Cambio por Ampliación de Plazo a toda modificación al plazo contractual, justificada por la ocurrencia de eventos imprevisibles y externos al control de las partes, como fuerza mayor o caso fortuito. La Entidad Ejecutora deberá presentar una solicitud formal, debidamente documentada, para solicitar dicha ampliación. Esta solicitud será evaluada y aprobada por el Supervisor de Obra, quien la remitirá al Fiscal de Obra para su consideración. Finalmente, la entidad Contratante emitirá la orden de cambio correspondiente, formalizando así la modificación al plazo contractual.

✓ Contrato Modificatorio

Un contrato modificatorio en obra es un documento legal que se añade a un contrato de construcción original para realizar cambios en los términos y condiciones iniciales del proyecto. Estos cambios pueden surgir debido a diversas razones, como:

- Alteraciones en el diseño.
- Incremento o disminución del alcance de los trabajos.

- Creación de nuevos Ítems.
- Cambios en los plazos de ejecución.
- Ajustes en los precios.
- Imprevistos o circunstancias extraordinarias.

## 2.6. PROCESO CONSTRUCTIVO

### ✓ Conformación de Plataforma

Se debe realizar los trabajos topográficos necesarios para el trazo y replanteo de la obra tales como: Ubicación, fijación de ejes de referencia y líneas de referencia por medio de puntos ubicados en elementos fijos. El trazo y replanteo inicial se realizará con ayuda de un nivel y una estación total, los niveles y cotas de referencia indicados en los planos se fijan de acuerdo con estos y después se verifican las cotas del terreno.

### ✓ Levantamiento Topográfico

Consistió en la obtención de los puntos que constituyen la línea poligonal base. Los equipos y aparatos utilizados fueron: Estación Total Leika TC406.

### ✓ Replanteo del diseño geométrico del proyecto

Consistió en el estacado de los ejes del diseño, testigos izquierdo y derecho en campo en función a la nueva rasante.

### ✓ Nivelación del estacado replanteado de ejes testigos izquierdos y derechos

En todas las capas del paquete estructural se asignó las aturas respectivas respecto a los B.M principales, el equipo utilizado para la nivelación fue el nivel de ingeniero.

### ✓ Datos Técnicos de la Conformación de la Plataforma

Para la realización del ítem de conformación de la plataforma fue necesario conocer el proceso constructivo que realizaron las maquinarias requeridas para su ejecución.

**Tabla 2.1** *Actividades a realizarse para la conformación de la plataforma*

ITEM: COMFORMACION DE PLATAFORMA	UNIDAD
----------------------------------	--------

Movimiento de tierra	M3
Provisión y colocado de capa subbase	M3
Provisión y colocado capa base	M3

Fuente: Módulos del Proyecto.

✓ Movimiento de Tierras

Se denomina movimiento de tierras al conjunto de operaciones que se realizan en los terrenos naturales con el objetivo de modificar su forma mediante acciones mecánicas, comprende las excavaciones, corte, rellenos y eliminación de material excedente.

Esta partida se comprende la explanación del terreno, la cual será realizada por el contratista ejecutando los cortes con maquinaria idónea para obtener las rasantes indicadas en el proyecto. El relleno compactado se realizará con material laterítico en capas hasta alcanzar las cotas indicadas en los planos (Urteaga Consultores S.A.C)

### 2.6.1. Descripción de la vía del proyecto

**Tabla 2.2** *Progresivas de la Vía*

VIA PRINCIPAL	PROGRESIVA	DISTANCIA (m)
CARMELA PINTO	0+000 – 0+590	590
IGNACIO CITINES	0+000 – 0+156	156

Fuente: Elaboración propia con datos del proyecto.

✓ Herramientas utilizadas para la topografía de la vía:

- Equipo Topográfico
- Nivel de ingeniero
- Estación total Leica
- Mira taquimétrico de aluminio

✓ Maquinaria Utilizada en el Proyecto

Para la ejecución de los diferentes ítems para la conformación de la plataforma se requiere de maquinarias pesadas y equipos topográficos los cuales deben ser aprobados para el proyecto vial.

- Motoniveladora
- Camión volquete 12 m<sup>3</sup>
- Compactador rodillo liso y rodillo de Pisones.
- Retro excavadora
- Pala cargadora
- Camión cisterna

#### **2.6.2. Materiales Utilizados en el Proyecto**

##### ✓ Material Laterítico

El suelo será de una calidad selecta aprobada. Debe estar libre de raíces, gramas, malezas y no debe contener grava o piedra retenida en un tamiz de 1 pulgada o más del 45% retenido en un tamiz No 4, como lo determina ASTM C 136 (Especificaciones Técnicas del Proyecto).

Este material para usar tiene procedencia de la comunidad Nuevo Triunfo se le hizo el estudio y se tiene que es un material adecuado para la conformación del paquete estructural que está conformado por diferentes capas.

##### ✓ Cemento

El uso del cemento portland fue para la capa base (suelo cemento), Cordones Cunetas, Cámara de Inspección, Remates y Aleros del drenaje, se usó cemento Viacha IP30 que tiene procedencia boliviana (Especificaciones Técnicas del Proyecto).

##### ✓ Agua

El agua para la mezcla, curación u otras aplicaciones, será razonablemente limpia y libre de aceite, sales, ácidos, álcalis, azúcar, materia vegetal o cualquier otra sustancia perjudicial para la obra. El agua de calidad dudosa debe ser ensayada de acuerdo con los requisitos de AASHTO T 26 (Especificaciones Técnicas del Proyecto).

✓ Agregado Grueso (brita)

Es el material que es retenido 100% en el tamiz N°4 o superior. Se utilizó la brita N°2 (3/4 pulg) (Especificaciones Técnicas del Proyecto).

✓ Agregado Fino (arena)

Material que pasa 100% el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 200. Generalmente es clasificado como arena gruesa o fina (Especificaciones Técnicas del Proyecto).

✓ Acero

Los Aceros de distintos diámetros y características se almacenarán separadamente, a fin de evitar la posibilidad de intercambio de barras. El tipo de acero y su fatiga de fluencia será aquel que esté especificado en los planos estructurales.

Se optó por usar barras de acero corrugado de Ø10 mm para para refuerzos longitudinales y de Ø6 mm para estribos, el corte del doblado de las barras se realizó en frío, de acuerdo estrictamente con las formas y dimensiones indicadas en los planos.

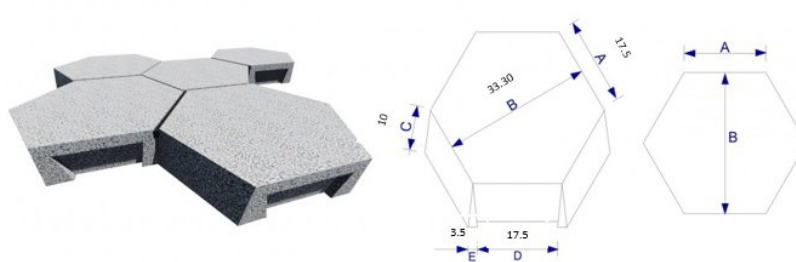
Los empalmes se efectuaron por superposición de los extremos, una longitud no menor a 40 veces el diámetro de la barra, sujetándolos con alambre de amarre (Especificaciones Técnicas del Proyecto).

✓ Adoquines de Concreto (Losetas)

Las losetas deberán ser uniformes en espesor, estabilidad y apariencia, debiendo evitarse defectos como ser fisuras, cangrejeras, descascaramientos, aristas irregulares y rebabas horizontales y verticales y que cumplan la Resistencia característica a compresión 21 Mpa (Especificaciones Técnicas del Proyecto).

Loseta hexagonal. Las características de las losetas de hormigón serán basadas en las siguientes dimensiones: Loseta hexagonal 10 cm

**Figura 2.3** *Losetas Hexagonales*



Fuente: Especificaciones técnicas del proyecto.

#### ✓ Alquitrán

Cemento asfáltico y Arena para el sellado de juntas con polvillo y mortero asfáltico en las superficies enlosetados, de acuerdo con lo establecido en los planos. Una vez seca y limpia la superficie de las calles, se aplicará sobre las juntas el cemento asfáltico diluido mezclado con arena fina (Especificaciones Técnicas del Proyecto).

### 2.6.3. Proceso de Construcción de la Obra

#### ✓ Eliminación de Material Excedente

Comprende la remisión y carguío con maquinarias y transporte con volquete de todo el desmonte producto del movimiento de tierra hacia los puntos de eliminación de desmonte, previa verificación de la disponibilidad del terreno.

#### ✓ Corte y Relleno

Este ítem comprende la realización de movimiento de tierra, de corte y relleno, se empieza por la limpieza y desbroce del área de la obra a ejecutarse, según donde indique los planos. El relleno debe estar libre de material orgánico y de cualquier otro material comprimible, cada capa debe ser bien compactada y regada en forma homogénea a humedad óptima, para que el material empleado alcance su máxima densidad seca.

Para un mejor control la vía se subdividió en 3 tramos, el tramo 1 desde la progresiva 0+590 hasta la 0+360, el tramo 2 desde la progresiva 0+360 hasta la 0+140, y finalmente desde la progresiva 0+140 hasta la 0+000 tramo 3, en todos los tramos antes mencionados se ejecutaron actividades de limpieza, corte y relleno. Acorde al diseño geométrico. Con el

contrato modificatorio n°1 se implementó una vía adicional la cual tiene una longitud de 156 metros donde también se ejecutaron trabajos de limpieza, corte y relleno.

**Figura 2.4** *Corte y Relleno de la Vía*



Fuente: Elaboración propia

✓ Provisión y colocado de la capa Sub-Base

Una vez realizado el trazado y replanteo con estación total en obra, para la respectiva ejecución de la capa sub-base con espesor de 15.00 cm y ancho de 7.00 metros, para los cuatro tramos a ejecutar, se debe realizar un cálculo para obtener la cantidad de material seleccionado para la capa sub-base de los diferentes tramos de las vías.

- Tramo 1 desde la progresiva 0+590 hasta la 0+360, comprende 24 camellones de tierra con material seleccionado de 10 cubos, cada 10 metros de distancia.
- Tramo 2 desde la progresiva 0+360 hasta la 0+140, comprende 23 camellones de tierra con material seleccionado de 10, cubos cada 10 metros de distancia.
- Tramo 3 desde la progresiva 0+140 hasta la 0+000, comprende 15 camellones de tierra con material seleccionado de 10 cubos, cada 9 metros de distancia.
- Tramo 4 desde la progresiva 0+000 hasta la 0+156, comprende 16 camellones de tierra con material seleccionado de 10 cubos, cada 10 metros de distancia.

Luego el material de sub-base deberá ser esparcido y escarificado con la motoniveladora, para obtener la homogeneidad de la humedad óptima, para que el material empleado alcance su máxima densidad seca.

**Figura 2.5** *Esparcido y Escarificado*



Fuente: Elaboración propia

✓ Nivelación y Compactación

Se realizaron los trabajos de nivelación y compactado en toda el área del proyecto teniendo en cuenta las cotas como indican los planos. La compactación se realizó con ayuda de un rodillo liso vibratorio, un camión cisterna y una motoniveladora.

**Figura 2.6** *Compactación de Suelo*



Fuente: Elaboración propia

✓ Provisión y Colocado de la Capa Base (Suelo cemento)

Se perfila el área de suelo donde se esparce el material de capa base (suelo cemento), de manera transversal y longitudinalmente, se escarifica el suelo en el espesor adecuado de acuerdo con el diseño, para obtener la estabilización del mezclado homogéneo de la densidad mínima exigida por las especificaciones, la cual debe ser el 98% de la máxima de la prueba Proctor estándar.

La última operación consistente en el curado de la capa compactada para asegurar que ésta conserva la humedad suficiente para la hidratación del cemento, que nos permita el colocado del pavimento articulado (losetas) sin el temor a que exista asentamientos a largo plazo en los diferentes tramos beneficiados.

- Tramo 1 desde la progresiva 0+590 hasta la 0+360, comprendiendo 161 m<sup>3</sup> de capa base de suelo cemento, esparciendo las bolsas de cemento a distancia de 2.00 metros entre ellas y colocando filas de 4 bolsas haciendo total de 460 bolsas de cemento.
- Tramo 2 desde la progresiva 0+360 hasta la 0+140, comprendiendo 154 m<sup>3</sup> de capa base de suelo cemento, esparciendo las bolsas de cemento a distancia de 2.00 metros entre ellas y colocando filas de 4 bolsas haciendo total de 440 bolsas de cemento.
- Tramo 3 desde la progresiva 0+140 hasta la 0+000, comprendiendo 98 m<sup>3</sup> de capa base de suelo cemento, esparciendo las bolsas de cemento a distancia de 2.00 metros entre ellas y colocando filas de 4 bolsas haciendo total de 280 bolsas de cemento.
- Tramo 4 desde la progresiva 0+000 hasta la 0+156, comprendiendo 109.20 m<sup>3</sup> de capa base de suelo cemento, esparciendo las bolsas de cemento a distancia de 2.00 metros entre ellas y colocando filas de 4 bolsas haciendo total de 312 bolsas de cemento.

**Figura 2.7** *Suelo Cemento*



Fuente: Elaboración propia

- ✓ Compactación de capa base

Posteriormente se realiza el compactado del suelo, conformado por la maquina compactadora de rodillo liso la cual es indicada para este tipo de suelo limo arcilloso, hasta alcanzar los valores máximos de densidad en el suelo cemento.

**Figura 2.8** Compactado de la Capa Base (suelo cemento)



Fuente: Elaboración propia

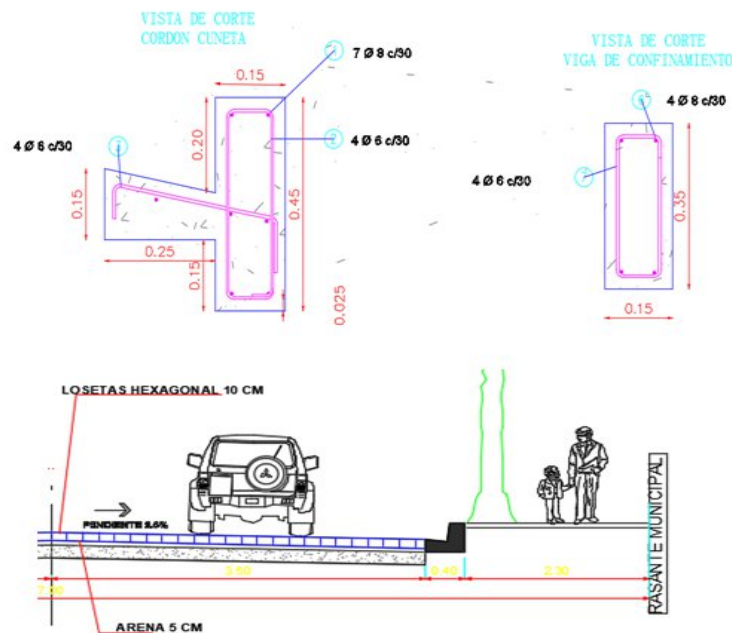
✓ Cordón Cuneta

Consiste en una estructura de hormigón armado que delimita el borde de un pavimento articulado (losetas), la función principal es de direccionar el flujo pluvial excedente hacía las obras de artes, que existen en puntos estratégicos de la obra

Las vigas de confinamiento tienen como función de estabilizar las losetas del pavimento y así no exista deslizamiento entre ellas y tener un buen señado de juntas

Para esta actividad se utilizó el diseño del proyecto:

**Figura 2.9** Cordón Cuneta



Fuente: Planos del Proyecto

✓ Cámaras de Inspección

Las cámaras de inspección públicas tienen como objetivo servir como puntos de acceso de las redes de alcantarillado, para revisar el estado de las tuberías y de los colectores y efectuar tareas de limpieza, cuando se encuentren obstruidas.

**Figura 2.10** *Cámaras de Inspección*



Fuente: Elaboración propia

✓ Drenaje Pluvial

Una red de drenaje pluvial es un sistema de tuberías, coladeras e instalaciones complementarias que permite el rápido desalojo de las aguas de lluvia para evitar posibles molestias, e incluso daños materiales y humanos debido a su acumulación o al escurrimiento superficial generado por la lluvia.

El drenaje pluvial es un punto de mucha importancia dentro del proyecto ya que gracias al sistema se podrá tener más años de durabilidad y mejor funcionamiento del enlosetado.

#### **2.6.4. Maquinaria para Drenaje Pluvial**

**Figura 2.11** *Retro Excavadora*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2.12** *Pala Cargadora*



Fuente: Elaboración propia

✓ **Camión Volquete**

Es una de las maquinarias más utilizada cuando se trata de construcción vial, cumple con la función del traslado de material.

**Figura 2.13** *Camión Volquete*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 2.14** *Tubo de hormigón de  $\Phi$  1000 mm*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2.15** *Encofrado y Vaciado de Aleros*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2.16** *Tubos de PVC 400 mm Corrugado*



Fuente: Elaboración propia.

## **CAPITULO III. VERIFICACIÓN DE CÓMPUTOS MÉTRICOS Y PLANILLAS DEL PROYECTO**

### **3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

En cuanto a la verificación de las planillas de avance y cálculos métricos de obra presentadas por la empresa contratista, se realizó un minucioso análisis que abarcó los siguientes aspectos:

Se verificó que los avances físicos reportados en las planillas y en los cálculos fuesen consistentes. Esto implicó verificar los metrados ejecutados con los montos valorizados, asegurando que exista una correcta correspondencia entre el avance físico y el avance financiero del proyecto, no se identificaron inconsistencias significativas en este aspecto. Finalmente, se analizó si los avances de obra registrados en las planillas se encontraban alineados con los cálculos métricos y con el cronograma vigente de ejecución. Esta revisión nos permitió llevar un control del avance físico y financiero del proyecto, asegurando la integridad y veracidad de la información reportada por la empresa contratista.

Llevar a cabo un efectivo control y seguimiento durante la ejecución de una obra es fundamental para garantizar el cumplimiento de dos aspectos clave: los plazos contractuales y los estándares de calidad requeridos. Un adecuado monitoreo y supervisión permite identificar oportunamente cualquier desviación o riesgo que pueda comprometer el cronograma de ejecución o la calidad de los trabajos realizados. (Project Management Institute, 2017)

Por lo tanto, el cumplimiento de este objetivo representaba un factor clave para el éxito del proyecto, al velar por el respeto de los compromisos contractuales y la satisfacción de los requerimientos técnicos y de calidad establecidos durante la etapa de diseño y planificación.

Descripción del proceso de control y seguimiento realizado:

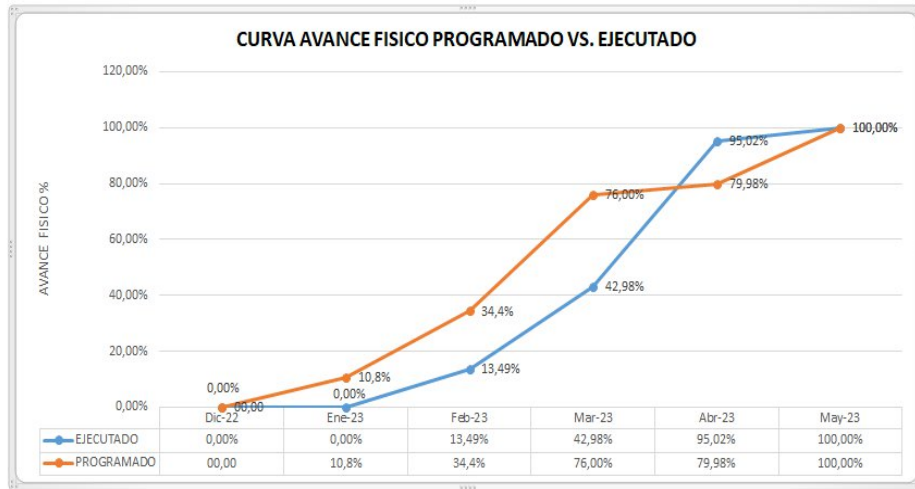
Durante mi estadía en obra, para llevar a cabo un efectivo control y seguimiento de la ejecución de la obra, se implementó una metodología rigurosa que involucró diversas actividades periódicas de monitoreo y supervisión. En primer lugar, se elaboraron informes semanales y mensuales (ver en Anexos C), detallados donde se describían las labores realizadas por la supervisión, identificando avances, retrasos, observaciones y cualquier situación relevante durante ese periodo.

También se utilizaron herramientas de control específicas como los cronogramas actualizados, certificados de calidad de los materiales que se utilizaron en la ejecución y un registro fotográfico de los trabajos ejecutados que se pueden observar en el Anexo C.

Como parte del control se implementó un cuadro comparativo donde se registró y contrastó el avance real vs. el avance programado para cada actividad (ver figura 3.1). Esta gráfica, fue elaborada con la información de las planillas de avance.

En la gráfica presentada, se observa un desfase significativo en la ejecución de la obra respecto a la planificación inicial, este retraso comenzó desde el inicio del proyecto, ya que la orden de proceder se emitió en noviembre, durante la temporada de lluvias. Las condiciones climáticas adversas afectaron el desarrollo de las actividades, especialmente en corte, nivelación, relleno y compactado del terreno, la cual no pudo ser realizada oportunamente por debido a inundaciones que hubo en la ciudad de Cobija.

**Figura 3.1** Curva avance Físico Programado vs. Ejecutado



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 3.1** Avance Físico de la Obra

<b>AVANCE FISICO</b>						
<b>Monto según Contrato Administrativo Bs.:</b>		<b>2.617.830,76</b>				
<b>Monto Total de Proyecto:</b>		<b>2.617.830,76</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Periodo</b>	<b>FISICO PROGRAMADO</b>	<b>% de Desembolso</b>	<b>Planilla Avance</b>	<b>Ejecutado Acumulado</b>	<b>Programado Acumulado</b>
<b>ANTICIPO</b>			0.00%			
	Dic-22	00.00		00.00		0.00%
	Ene-23	00.00	0.00%		0.00%	0.00%
1er Avance (Bs):	Feb-23	353.090,85	13.49%	10.78%	11.00%	13,49%
2do Avance (Bs):	Mar-23	771.961,23	29.49%	34.4%	34.4%	42,98%
3ro Avance (Bs):	Abr-23	1.362.448,78	52.04%	76.00%	76.00%	95,02%
4to Avance (Bs):	May-23	130.429,9	4.98%	79.98%	80.00%	100,00%
				100.00%	100.0%	100.00%
			<b>100.0%</b>		<b>0.00%</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2. PLANILLAS DE AVANCE DEL PROYECTO

En cuanto a la verificación de las planillas de avance de obra presentadas por la empresa contratista, se realizó un minucioso análisis que abarcó los siguientes aspectos:

Se verificó que los avances físicos reportados en las planillas fuesen consistentes. Esto implicó verificar los metrados ejecutados con los montos valorizados, asegurando que exista una correcta correspondencia entre el avance físico y el avance financiero del proyecto, no se identificaron inconsistencias significativas en este aspecto. Finalmente, se analizó si los avances de obra registrados en las planillas se encontraban alineados con el cronograma vigente de ejecución y este análisis consistió en comparar los porcentajes de avance real contra los porcentajes programados para cada actividad y partida. Esta revisión nos permitió llevar un control del avance físico y financiero del proyecto, asegurando la integridad y veracidad de la información reportada por la empresa contratista.

#### 3.2.1. Planilla de Avance N°1

En la planilla N°1, correspondiente a los meses de diciembre y enero, se registró un avance físico del 13,49%, con un monto ejecutado de **Bs 353.090,85** (trescientos cincuenta y tres mil noventa con 85/100 bolivianos). Durante este período, realicé la verificación de diversas actividades, detalladas en la tabla adjunta, donde se reflejan los volúmenes de contrato y los volúmenes ejecutados, tanto actuales como acumulados, así como los montos por cobrar.

**Tabla 3.2** *Ítems Ejecutados en la Planilla N°1*

N°	Actividad	Unid	Vol. De Contrato	Volúmenes de Cómputos		
				Actual	Acumulado	Por ejecutar
1	Cinta plástica de seguridad	M	300	200	200	100
2	Contenedor de residuos solidos	PZA	2	2	2	0
3	Señalización fija	PZA	2	2	2	0
4	Hormigón armado h21 con impermeabilizante	M3	121.68	0.94	20.94	100.74
5	Provisión y dotación de pantalla de protección facial	PZA	100	50	50	50
6	Provisión y dotación de mascarilla facial tipo textil	PZA	150	50	50	100

	reutilizable					
7	Implementación de medidas de sanitización y/o desinfección en obra	PER/D	15	5	5	10
8	Provisión e instalación de dispositivos de prevención e información sanitaria	KIT	1	1	1	0
9	Trazado y replanteo	M2	4376.62	4000	4000	376.62
10	Letrero de obr	PZA	1	1	1	0
11	Corte y nivelación de terreno con maquinaria	M3	1541	410.66	410.66	1130.34
12	Relleno y compactado con tierra y maquinaria incl. prov. de material	M3	2096.0	640	640	1456.08
13	Coloc. Y compactado capa sub-base con material seleccionado	M3	875.32	525	525	350.32
14	Suelo cemento	M3	437.76	262.5	262.5	175.26
15	Reposición de acometida de agua potable	UND	25	12	12	13
16	Provisión, transporte y distribución de losetas hexagonales	M2	4788.04	560	560	4228.04
17	Excavación de 0-2 m suelo blando	M2	76.63	8.7	8.7	67.93

---

Fuente: Planilla N°1 de avance del proyecto.

Las actividades más relevantes en términos de ejecución se destacan el TRAZADO Y REPLANTEO, que alcanzó un avance del 91.39%, y el RELLENO Y COMPACTADO CON TIERRA Y MAQUINARIA INCL.PROV.DE MATERIAL, con un avance del 30.53%. Estas actividades fueron fundamentales para el progreso general del proyecto, dado que constituyen etapas clave en la preparación del terreno y la definición de la geometría vial, la planilla de avance N°1 y los cálculos métricos de la misma se puede verificar en el **anexo B3**.

### 3.2.2. Planilla de Avance N°2

La planilla N°2 comparada con la planilla anterior, se observa un aumento significativo en el avance de la mayoría de las actividades, especialmente en aquellas relacionadas con la preparación del terreno. Esta corresponde a los meses de febrero y marzo, donde se registró un avance físico del 29,48%, con un monto ejecutado de **Bs 771.861,23** (setecientos setenta y un mil ochocientos sesenta y uno con 23/100 bolivianos). Teniendo un acumulado de avance físico de **42,97%** del proyecto. Durante este período, realicé la verificación de las diversas actividades, que se detallan en la tabla adjunta.

**Tabla 3.3** *Ítems Ejecutados en la Planilla N°2*

N°	Actividad	Unid	Vol. De Contrato	Volúmenes de Cómputos			
				Anterior	Actual	Acumulado	Por Ejecutar
1	Cinta plástica de seguridad	<b>M</b>	300	200	90	290	10
2	Hormigón armado h21 con impermeabilizante	<b>M3</b>	121.68	20.94	51.70	72.64	49.04
3	Provisión y dotación de pantalla de protección facial	<b>PZA</b>	100	50	40	90	10
4	Provisión y dotación de mascarilla facial tipo textil reutilizable	<b>PZA</b>	150	50	80	130	20
5	Implementación de medidas de sanitización y/o desinfección en obra	<b>PER/D</b>	15	5	5	10	5
6	Trazado y replanteo	<b>M2</b>	4376.62	4000	300	4300	76.62
7	Corte y nivelación de terreno con maquinaria	<b>M3</b>	1541	410.66	969.4	1380.06	160.94
8	Relleno y compactado con tierra y maquinaria incl.prov.de material	<b>M3</b>	2096.08	640	1230.84	1870.84	225.24

9	Coloc. compactado sub-base material seleccionado	Y capa con	<b>M3</b>	875.32	525	320	845	30.32
10	Suelo cemento		<b>M3</b>	437.76	262.5	160	422.5	15.26
11	Reposición de acometida de agua potable		<b>UND</b>	25	12	10	22	3
12	Sellado de juntas con polvillo y mortero asfaltico		<b>M2</b>	4376.62	0	1500.1	1500.1	2876.52
13	Prov. Y colocado de cama de arena		<b>M3</b>	218.83	0	104.29	104.29	114.54
14	Provisión, transporte y distribución de losetas hexagonales		<b>M2</b>	4376.62	560	1535.94	2095.94	2692.1
15	Excavación de 0-2 m suelo blando		<b>M2</b>	76.63	8.7	0	8.7	67.93

Fuente: Planilla N°2 de avance del proyecto.

- A continuación, se resaltan las actividades más significativas en cuanto a avance físico:
- Hormigón armado H21 con impermeabilizante, con un avance del 26,71%, alcanzando un volumen acumulado de 72,64 m<sup>3</sup>.
- Corte y nivelación de terreno con maquinaria, con un avance del 89,56%, acumulando un total de 1.380,06 m<sup>3</sup>.
- Provisión, transporte y distribución de losetas hexagonales, con un avance del 47.88%, acumulando un total de 2.095,94 m<sup>2</sup>.

Estas actividades constituyen avances dentro del cronograma del proyecto, asegurando el cumplimiento de los plazos y la correcta ejecución de las fases de obra así mismo para la verificación la planilla de avance N°2 y los cómputos meritorios de la misma se puede verificar en el **anexo B3**.

### 3.2.3. Planilla de Avance N°3

En la Planilla N°3, correspondiente al mes de abril, se registró un avance físico del 52.04%, con Bs 1.362.448,78. Donde se tiene un acumulado de avance físico de 95.02 %.

Durante este período, verificó la ejecución de diversas actividades, cuyos volúmenes de contrato, volúmenes ejecutados (tanto actuales como acumulados) y montos pendientes por cobrar se detallan en la tabla adjunta.

**Tabla 3.4** *Ítems Ejecutados en la Planilla N°3*

N°	Actividad	Unid	Vol. De Contrato	Volúmenes de Cómputos			
				Anterior	Actual	Acumulado	Por Ejecutar
1	Cinta plástica de seguridad	M	300	200	10	300	0
2	Hormigón armado h21	M3	103.22	37.39	65.83	103.22	0
3	Hormigón armado h21 con impermeabilizante	M3	157.32	72.29	85.03	157.32	0
4	Prov. Y tendido tubería pead ø=400mm - pn8	M	100	0	100	100	0
5	Provisión y dotación de mascarilla facial tipo textil reutilizable	PZA	150	130	20	150	0
6	Provisión y dotación de pantalla de protección facial	PZA	100	90	10	100	0
7	Implementación de medidas de sanitización y/o desinfección en obra	PER/D	15	10	5	15	0
8	Trazado y replanteo	M2	5722.61	4300	1422.61	5722.61	0
9	Corte y nivelación de terreno con maquinaria	M3	1771.18	380.06	391.12	1771.18	0
10	Relleno y compactado con tierra y maquinaria incl.prov.de material	M3	1878.44	1870.84	7.60	1878.44	0
11	Coloc. Y compactado capa sub-base con material seleccionado	M3	1317.67	845	472.67	1317.67	0

12	Suelo cemento	M3	658.82	422.5	236.32	658.82	0
13	Reposición de acometida de agua potable	UND	25	22	3	25	0
14	Sellado de juntas con polvillo y mortero asfáltico	M2	4788.04	1500.1	2934.89	4434.99	353.05
15	Prov. Y colocado de cama de arena	M3	239.41	104.29	123.04	227.33	12.08
16	Provisión, transporte y distribución de losetas hexagonales	M2	4788.04	2095.94	2446.71	4542.65	245.39
17	Excavación de 0-2 m suelo blando	M2	46.72	24.89	11.24	36.13	10.59
18	Tubo de drenaje d=4 pulg	ML	120	0	120	120	0
19	Prov. Y coloc. De tubo de hormigón armado d=1000 mm	ML	5	0	5	5	0
20	Envoltente tipo a con pilotes de madera	ML	25.57	0	25.57	25.57	0

Fuente: Planilla N°3 de avance del proyecto.

Las actividades más relevantes en términos de ejecución fueron las siguientes:

- Provisión y tendido de tubería PEAD Ø=400mm - PN8, que alcanzó un avance del 100%, completando el total del volumen contratado de 100 m.
- Trazado y replanteo, con un avance del 100%, finalizando los 5.722,61 m<sup>2</sup> previstos en el contrato.
- Provisión, transporte y distribución de losetas hexagonales, con un avance del 95%, acumulando 4542.65 m<sup>2</sup> de los 4.788,04 m<sup>2</sup> contratados.

Comparando con las planillas anteriores a pesar de tener días paralizados por motivos de la inundación que se tuvo en la zona baja de la Ciudad de Cobija, se evidenció una aceleración en el ritmo de ejecución, podemos observar la planilla de avance N°3 y sus cómputos correspondientes a la misma en el **anexo B3**.

#### 3.2.4. Planilla de Avance N°4

En esta Planilla Final N°4, correspondiente al mes de mayo, se registró un avance físico del 4,98%, con un monto ejecutado de Bs 130.429,90 (ciento treinta mil cuatrocientos veintinueve con 90/100 bolivianos). Sumado al acumulado de la planilla anterior, que fue de Bs 1.393.282,80, el avance total del proyecto alcanza el 100%, completando así la totalidad de las actividades previstas.

Durante este período, se verificaron las siguientes actividades, reflejadas en la tabla adjunta.

**Tabla 3.5** *Ítems Ejecutados en la Planilla N°4*

N°	Actividad	Unid	Vol. De Contrato	Volúmenes de Cómputos			
				Anterior	Actual	Acumulado	Por Ejecutar
11	Sellado de juntas con polvillo y mortero asfáltico	M2	4788.04	4434.99	353.05	4788.04	0
22	Prov. Y colocado de cama de arena	M3	239.41	227.33	12.08	239.41	0
33	Provisión, transporte y distribución de losetas hexagonales	M2	4788.04	4542.65	245.39	4788.04	0
44	Excavación de 0-2 suelo blando	M2	46.72	36.13	10.59	46.72	0
65	Señalización horizontal pintado calzada (c/microesferas)	M2	246.14	0	246.14	246.14	0
86	Pintura exterior látex.	M2	475.94	0	475.94	475.94	0
97 1	Prov. Y coloc. Letrero de señalización con poste de acero	PZA	13	0	13	13	0
8	Área verde con tepe	M2	180	0	180	180	0

Fuente: Planilla de avance del proyecto.

Las actividades más destacadas en términos de ejecución:

- Provisión, transporte y distribución de losetas hexagonales 100%, definitivo 4.788,04 m<sup>2</sup> de contrato.

- Señalización horizontal (pintado de calzada con microesferas), alcanzo 100%, 246,14 m<sup>2</sup>.
- Pintura exterior con látex, que también alcanzó un avance del 100%, cubriendo los 475,94 m<sup>2</sup> establecidos.

Estas actividades fueron cruciales para la finalización del proyecto, ya que representan las etapas finales de la obra, las cuales incluyen acabados, señalización vial y detalles estéticos. Su correcta ejecución garantiza la funcionalidad, seguridad y cumplimiento de las especificaciones del proyecto, la planilla de avance N°4 y los cómputos meritorios de la misma se puede verificar en el **anexo B3**.

### 3.3. Contrato Modificatorio

#### 3.3.1. Modificaciones al Contrato Original Modificatorio N°1

Contrato Modificatorio N°1 se debe a la creación de nuevos ítems, variación de cantidades en los ítems del proyecto en mención. Se describen los ítems en donde se requiere el incremento y/o decremento de cantidades de los ítems contractuales, procediendo a realizar el Balance de Obra del proyecto, el cual no requiere de incremento al monto establecido en el contrato inicial:

Monto de Contrato:	Bs. 2.617.830,76
Decremento o incremento de C. M. N°1	Bs. 0.00
Monto total del C. M. N°1:	Bs. 2.617.830,76

**Tabla 3.6** *Ítems Nuevos del Contrato Modificatorio N° 1*

<b>MODULO 9: ACTIVIDADES DE NUEVA CREACION</b>								
<b>32</b>	Tubo de drenaje d=4 pulg.	M	147,82	120,00	17.738,40	120,00	17.738,40	
<b>33</b>	Prov. Y coloc. De tubo de hormigón armado d=1000 mm	M	1.969,72	5,00	9.848,60	5,00	9.848,60	
<b>34</b>	Envolvente tipo a con pilotes de madera	M	3.080,00	25,57	78.755,60	25,57	78.755,60	

35	Estabilización de talud con tepe.	M2	150,04	180,00	27.007,20	180,00	27.007,20
MODULO 9: ACTIVIDADES DE NUEVA CREACION					133.349,8		133.349,80

Fuente: Resumen ejecutivo del proyecto Lote 2 “Mej. Vial Con Pavimento Articulado Calle Carmela Pinto Barrio La Cruz (Cobija)”

### ✓ **Justificación del Contrato Modificadorio N°1**

El Proyecto “MEJ, VIAL CON PAVIMENTO ARTICULADO CALLE CARMELA PINTO BARRIO LA CRUZ (COBIJA)”. de acuerdo con el contrato original ha sufrido variaciones de volúmenes existiendo incremento y/o decremento, además así la creación de ítems nuevos de acuerdo con las normativas vigentes se debe realizar Contrato Modificadorio. Por lo tanto, es justificado el presente contrato modificadorio por los motivos antes mencionados.

Las variaciones de cantidades de incremento o decremento y la incorporación de los ítems nuevos, están sustentadas técnicamente con cálculos métricos y la Planilla de Balance de Obra del proyecto, se puede observar en el Anexo “D2”.

Para garantizar la continuidad y el alcance de la obra y precautelar su sostenibilidad a mediano y largo plazo; de acuerdo con la conciliación de Cantidades y Montos en la Planilla de Balance de Cantidades, el Supervisor, El fiscal de obra, recomiendan la emisión del presente Contrato Modificadorio N°1, correspondiente el Proyecto “MEJ, VIAL CON PAVIMENTO ARTICULADO CALLE CARMELA PINTO BARRIO LA CRUZ (COBIJA)”. El Monto total del proyecto reformulado alcanza la suma de Bs. 2.617.830,76 (dos millones seiscientos diez y siete mil ochocientos treinta 76/100 bolivianos). El Monto de Decremento/incremento del presente Contrato Modificadorio es de Bs. 0.00.

### 3.3.2. Orden de Cambio

#### ✓ **Orden de Cambio N°1 por Ampliación de Plazo**

Uno de los factores determinantes para la presente solicitud son las constantes precipitaciones que se registraron en la región durante el mes de marzo del 2023. Se solicitó una ampliación de plazo debido a precipitaciones pluviales superiores a 5 mm, según datos otorgados por el SENAMHI, lo cual ha afectado directamente el cronograma de obra. Las actividades perjudicadas incluyen el sellado de juntas, la colocación de la cama de arena, el transporte y distribución de losetas, el pintado de calzada y la ejecución de hormigón armado H21 con impermeabilización. Estas tareas requieren condiciones climáticas favorables para garantizar la calidad del trabajo y evitar posibles daños estructurales.

Debido a las constantes lluvias, que sucedieron durante este periodo el Gobierno Autónomo Municipal de Cobija con el Decreto Municipal N° 08/2023 declara Alerta Roja por desborde del río Acre lo que causo inundaciones en la zona baja de la ciudad, dicho evento también afecto a la ejecución de trabajos del presente proyecto, más propiamente en la calle Carmela Pinto en las progresivas 0+060 a 0+180 donde se dañó el paquete estructural y cordones cuneta los cuales tuvieron que ser repuestos una vez se hubieron las condiciones climáticas adecuadas para ejecutar dichos trabajos.

**Figura 3.3** *Alerta Roja - Prensa Digital Informando de la Inundación*

**Cobija está en alerta roja por desborde del río Acre e inundaciones**

El río Acre creció más de 11 metros y puso en alerta al municipio de Cobija. Varias familias procedieron a la evacuación de sus casas. Se espera el arribo de las autoridades nacionales.



Fuente: Noticiero Pando

La supervisión técnica respaldado con el contrato de obra solicito se apruebe la ORDEN DE CAMBIO N° 1 POR AMPLIACION DE PLAZO, incrementando 16 días calendario a los 150 días contemplados inicialmente, teniendo un nuevo plazo de ejecución de 166 días calendarios.

- ✓ Certificado de Constancia de Impedimento ODC N°1

Se solicita la emisión del Certificado de Constancia de Impedimento, amparado por la Cláusula Vigésima del contrato, debido a eventos de fuerza mayor y caso fortuito ocurridos entre el [17/03/2023] y el [03/04/2023].

Durante este período, la zona de ejecución del proyecto se vio afectada por intensas precipitaciones y posterior inundación, lo cual imposibilitó la continuidad de las labores.

Solicitando así que se considere este certificado como justificativo para la extensión de los plazos establecidos en el contrato. La evidencia gráfica de estos eventos se adjunta como Anexo “D1”.

### **3.3.3. Orden de Cambio N°2 por Ampliación de Plazo**

Al igual que la ODC N°1 la Orden de Cambio N°2 por ampliación de plazo obedece a las mismas justificaciones técnicas y legales debido a que la temporada de lluvias fue más prolongada extendiéndose hasta el mes de abril 2023.

Estos eventos perjudican con la obra en construcción, imposibilitándonos de continuar con los trabajos durante esos días, para la compensación de plazos se consideraron solo las precipitaciones iguales o mayores a 5 mm corroboradas con el reporte solicitado del Senamhi. Las intensas lluvias presentadas en el presente periodo afectaron de sobre manera el avance del proyecto, perturbando las actividades programadas en el cronograma de ejecución, los ítems perjudicados fueron:

- Sellado de Juntas.
- Prov. Y colocado de cama de arena.
- Transporte y distribución de losetas hexagonales.
- Señalización horizontal pintado calzada (c/microesferas).
- Hormigón armado h21 con impermeabilizante.

Adicionalmente se solicitó compensación de plazo por razones de fuerza mayor, debido a que el día 21 de abril de 2023 se registraron bloqueos de calles, avenidas y carreteras, lo que llevo a que se suspendan todas las activadas en el sitio de construcción.

Lo que provoco el desabastecimiento de materiales, además que parte de la maquinaria pesada no pudo llegar a la obra por los diferentes puntos de bloqueo suscitados en las vías principales.

**Figura 3.4** *Prensa Digital Informando de los Bloqueos*



Fuente: Noticiero Pando.

**Figura 3.5** *Daños Ocasionados Por La Inundación*



Fuente: Elaboracion propia.

La supervisión técnica respaldado con el contrato de obra solicito se apruebe la ORDEN DE CAMBIO N° 2 POR AMPLIACION DE PLAZO, incrementando 5 días calendario a los 166 días aprobados con la ODC N°1 de los cuales 4 días fueron por precipitaciones pluviales y 1 por bloqueos ocurridos en la ciudad. Teniendo un nuevo plazo de ejecución de 171 días calendarios.

- ✓ Certificado de Constancia de Impedimento ODC N°2

Por medio de la presente, se solicitó nuevamente la emisión del Certificado de Constancia de Impedimento, amparado por la Cláusula Vigésima del contrato, debido a la

recurrencia de eventos de fuerza mayor y caso fortuito que han afectado la ejecución del proyecto.

Durante el mes de abril, la zona de ejecución del proyecto se vio afectada por intensas precipitaciones, las cuales provocaron la saturación del suelo y por otra parte fue el bloqueo de parte de la Central Obrera Departamental que cerro las principales vías de acceso de la ciudad, imposibilitando así la realización de las labores ya mencionadas.

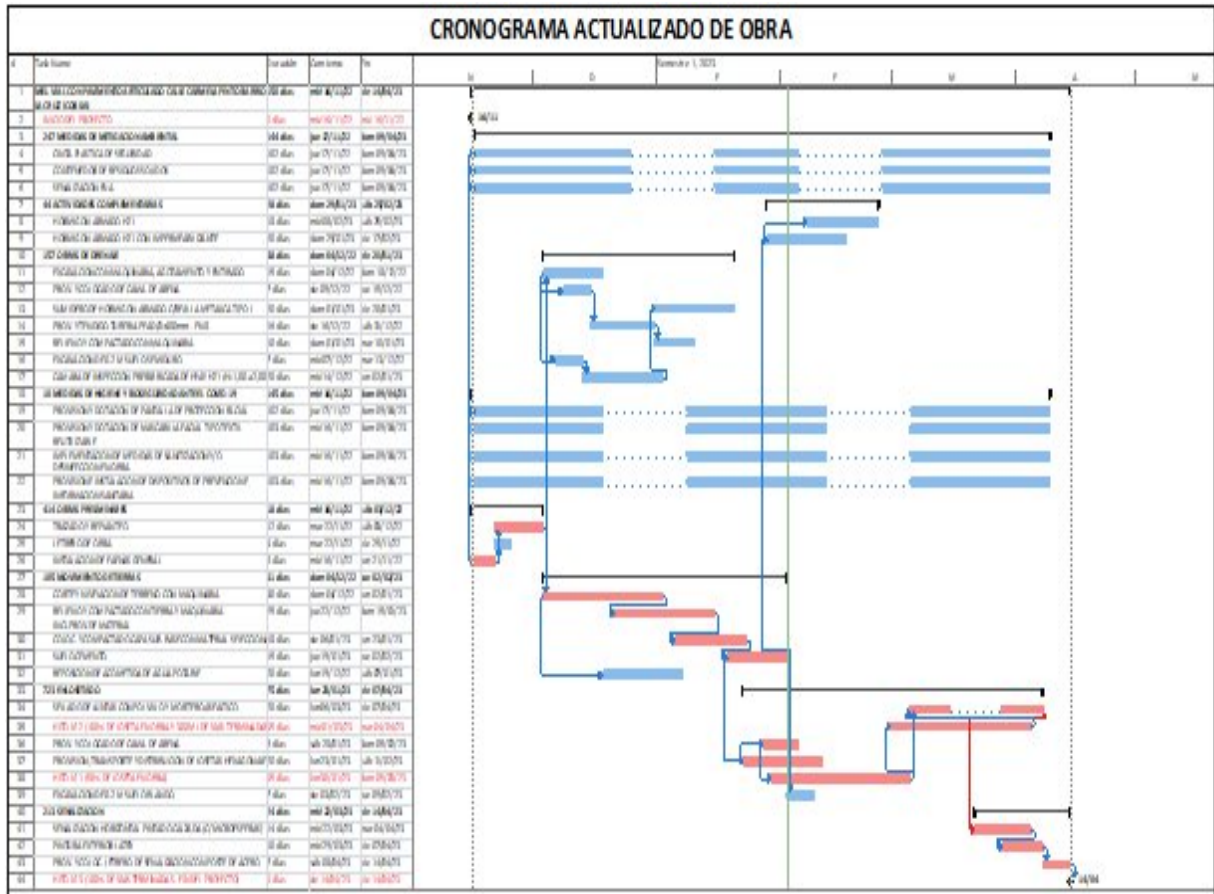
La persistencia de estas condiciones climáticas adversas ha generado una interrupción significativa en el cronograma de ejecución del proyecto, afectando directamente las actividades.

Por medio de la ODC N°2 se solicitó que se considere este certificado como justificativo para una nueva extensión de los plazos establecidos en el contrato. Esta solicitud se fundamenta en la imposibilidad objetiva de continuar con las labores debido a causas ajenas a nuestra voluntad. Se adjunta como Anexo “D1” la evidencia gráfica que corrobora las condiciones climáticas adversas y sus efectos en la obra.

#### **3.3.4. CRONOGRAMA DE TRABAJO**

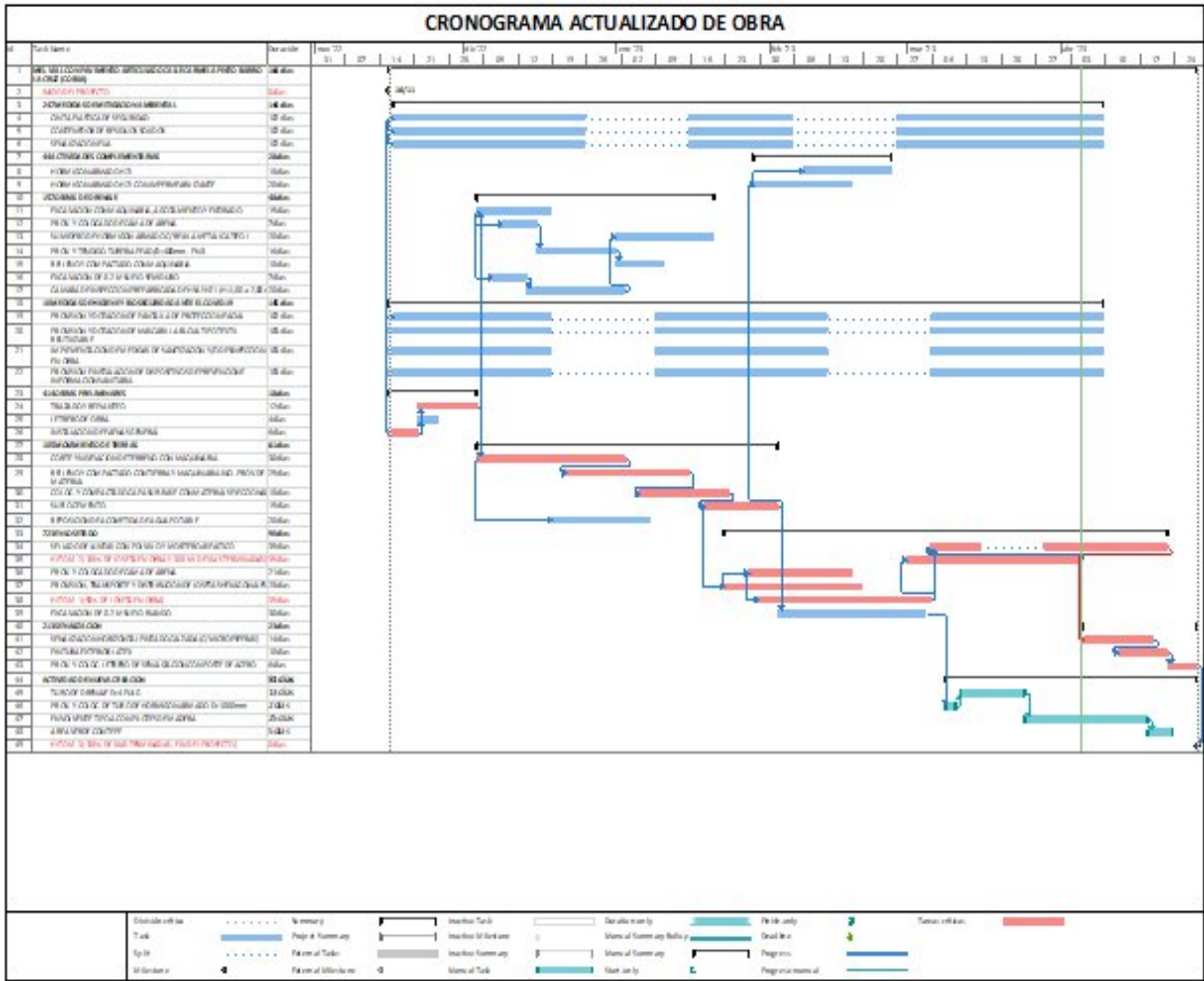
A lo largo de la ejecución del proyecto, se realizaron dos modificaciones al cronograma original, derivadas de las Órdenes de Cambio N° 1 y N° 2. Estas modificaciones, que consistieron en ampliaciones de plazo, fueron necesarias debido a las precipitaciones e inundación de la zona baja de la Ciudad de Cobija como antes ya mencionado. Los cronogramas actualizados, que incorporan estas extensiones, se ilustran en las figuras adjuntas.

**Figura 3.6** *Cronograma Contrato Modificadorio N°1*



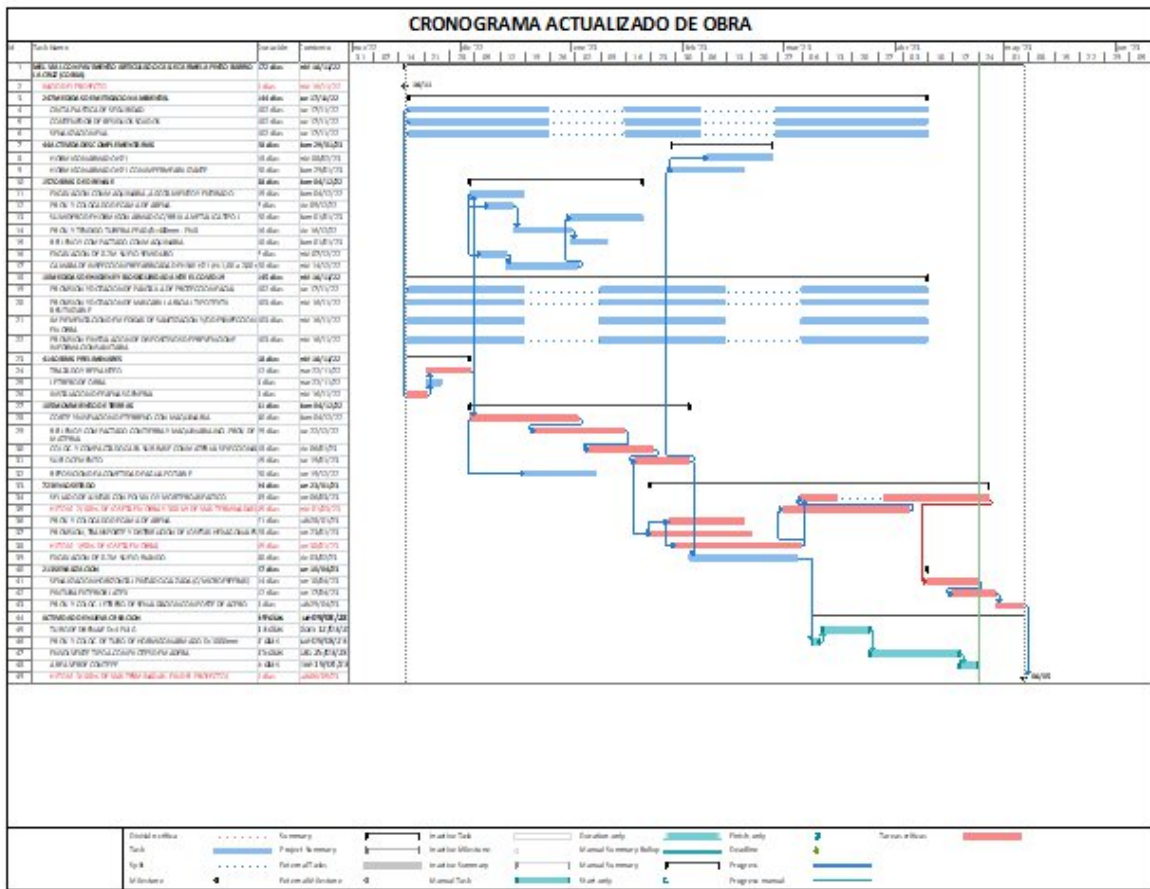
Fuente: ODC N°1 - MEJ, VIAL CON PAVIMENTO ARTICULADO CALLE CARMELA PINTO BARRIO LA CRUZ (COBIJA).

Figura 3.7 Cronograma Orden de Cambio N°1



Fuente: ODC N°1 - MEJ, VIAL CON PAVIMENTO ARTICULADO CALLE CARMELA PINTO BARRIO LA CRUZ (COBIJA).

**Figura 3.8 Cronograma Orden de Cambio N°2**



Fuente: ODC N°2 - MEJ, VIAL CON PAVIMENTO ARTICULADO CALLE CARMELA PINTO BARRIO LA CRUZ (COBIJA).

**3.4. COMPROBAR QUE LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO DE SUELOS CUMPLAN CON LAS CONDICIONES REQUERIDAS POR EL PROYECTO.**

En todo diseño de una estructura de pavimento se requiere el conocimiento básico de las características y la capacidad portante del suelo de manera que pueda resistir los esfuerzos y deformaciones para un tránsito previsto. Durante la ejecución de la obra, se realizaron ensayos de control de calidad sobre suelos y hormigones, cumpliendo con las normativas ASTM y AASHTO, para asegurar el cumplimiento de los requisitos técnicos y legales establecidos en el proyecto.

A continuación, se detalla el proceso de control y verificación que se llevó a cabo, así como el análisis de los resultados obtenidos.

✓ Control y Calidad de Suelos

- Sistema de clasificación A.A.S.H.T.O M-147
- Designación Proctor Modificado ASTM D422 – AASHTO T180
- C.B.R. (California Bearing Ratio) ASTM D 1883 – AASHTO T193.
- Compresión de Especímenes Cilíndricos de Suelo Cemento ASTM D1633
- Densidad In Situ (Método del Cono Arena) ASTM D1556 AASHTO T191.

✓ Control y Calidad de Hormigones

- Método de consistencia del hormigón mediante en Cono de Abrams – ASTM C143 – AASHTO T 119
- Ensayo de Resistencia a la Compresión de Cilindros ASTM C39 – AASTO T22

### **3.4.1. Control de Calidad de Suelos**

#### **3.4.1.1. Sistema de clasificación A.A.S.H.T.O M-147**

Esta norma se utiliza para clasificar y especificar los materiales granulares empleados en la construcción de carreteras y pavimentos. Este sistema clasifica los suelos en función de su granulometría, plasticidad y propiedades de soporte, lo que permite determinar su aptitud para su uso en capas de subbase, base y rellenos estructurales. La clasificación ayuda a seleccionar los materiales adecuados para garantizar el rendimiento, la durabilidad y la estabilidad de las estructuras viales bajo cargas de tráfico previstas.

Contenido de humedad:

Cuando se compacten las muestras de suelo y agregado estas deberán tener la humedad igual o ligeramente menor a la óptima necesaria para asegurar la densidad de diseño.

✓ Muestra 1: Material Ripio Laterítico

**Tabla 3.7** *Análisis de Tamices del Agregado Grueso (AASHTO T-11) Ripio Laterítico - San Antonio.*

<b>Tamices</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>Peso Retenido (gr)</b>	<b>%Retenido Acumulado</b>	<b>%Que Pasa</b>
3"	75.0	0,0	0,0	100.0
2 1/2"	63.0	0,0	0,0	100.0
2"	50.8	0,0	0,0	100.0
1 1/2"	38.1	219,0	4,79	95,21
1"	25.4	275,1	10,81	89,19
¾"	19.1	299,5	17,36	82,64
½"	12.5	358,4	25,20	74,80
3/8"	9.52	362,9	33,13	66,87
Nº4	4.76	213,4	37,80	62,20

Fuente: Elaboración Propia en base a resultados de laboratorios.

**Tabla 3.8** *Análisis de Tamices del Agregado Fino Ripio Laterítico - San Antonio.*

<b>Tamices</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>Peso Retenido (gr)</b>	<b>%Retenido Acumulado</b>	<b>%Que Pasa</b>
<b>Nº10</b>	2,000	210,34	7,40	57,60
<b>Nº40</b>	0,425	338,47	19,30	50,19
<b>Nº100</b>	0,150	476,22	36,05	39,78
<b>Nº200</b>	0,075	270,56	45,56	33,86

Fuente: Elaboración Propia en base a resultados de laboratorios.

**Tabla 3.9** *Resultados Finales*

<b>Clasificación AASHTO</b>	A - 2 - 6 (0)
<b>Clasificación SUCS</b>	GC

Fuente: Elaboración Propia en base a resultados de laboratorios.

En este sector tenemos un suelo A - 2 – 6 (0) estos suelos son Gravas Arcillosas, Gravas Arcillo-Arenosas (GC).

✓ Muestra 2: Material de Relleno para Terraplén.

**Tabla 3.10** *Análisis de Tamices del Agregado Grueso (AASHTO T-11) para Terraplén*

Tamices	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	%Retenido Acumulado	%Que Pasa
3"	75.0	0,0	0,0	100.0
2 1/2"	63.0	0,0	0,0	100.0
2"	50.8	0,0	0,0	100.0
1 1/2"	38.1	0,0	0,0	100.0
1"	25.4	0,0	0,0	100.0
3/4"	19.1	0,0	0,0	100.0
1/2"	12.5	0,0	0,0	100.0
3/8"	9.52	0,0	0,0	100.0
Nº4	4.76	0,0	0,0	100.0

Fuente: Elaboración Propia en base a resultados de laboratorios.

**Tabla 3.11** *Análisis de Tamices del Agregado Fino del Terraplén*

Tamices	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	%Retenido Acumulado	%Que Pasa
Nº10	2,000	142,14	16,45	83,55
Nº40	0,425	76,52	25,30	74,70
Nº100	0,150	115,63	38,69	61,31
Nº200	0,075	68,37	46,60	53,40

Fuente: Elaboración Propia en base a resultados de laboratorios.

**Tabla 3.12** *Resultados Finales*

Clasificación AASHTO	A – 4 (4)
Clasificación SUCS	ML

Fuente: Elaboración Propia en base a resultados de laboratorios.

En este sector tenemos un suelo A - 4 (4) estos suelos son Limos inorgánicos, Limos Arenosos (ML).

✓ Muestra 3: Sector Puente 1 Terraplén (progresivas 0+120 – 0+160)

**Tabla 3.13** *Análisis de Tamices del Agregado Grueso (AASHTO T-11) Sector Puente 1*

Tamices	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	%Retenido Acumulado	%Que Pasa
3"	75.0	0,0	0,0	100.0
2 1/2"	63.0	0,0	0,0	100.0
2"	50.8	0,0	0,0	100.0
1 1/2"	38.1	0,0	0,0	100.0
1"	25.4	0,0	0,0	100.0
3/4"	19.1	0,0	0,0	100.0
1/2"	12.5	0,0	0,0	100.0
3/8"	9.52	0,0	0,0	100.0
N°4	4.76	0,0	0,0	100.0

Fuente: Elaboración Propia en base a resultados de laboratorios.

**Tabla 3.14** *Análisis de Tamices del Agregado Fino Sector Puente 1*

Tamices	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	%Retenido Acumulado	%Que Pasa
N°10	2,000	95,25	11,10	88,90
N°40	0,425	77,82	20,07	79,93
N°100	0,150	111,23	32,90	67,10
N°200	0,075	68,44	40,79	59,21

Fuente: Elaboración Propia en base a resultados de laboratorios.

**Tabla 3.15** *Resultados Finales*

<b>Clasificación AASHTO</b>	A – 7 - 6 (6)
<b>Clasificación SUCS</b>	CH

Fuente: Elaboración Propia en base a resultados de laboratorios.

En este sector tenemos un suelo A – 7 - 6 (6) estos suelos son Arcillas Inorgánicas de Alta Plasticidad (CH).

✓ Muestra 4: Sector Puente 2 Terraplén (progresivas 0+120 – 0+060)

**Tabla 3.16** *Análisis de Tamices del Agregado Grueso (AASHTO T-11) Sector Puente 2*

Tamices	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	%Retenido Acumulado	%Que Pasa
3"	75.0	0,0	0,0	100.0
2 1/2"	63.0	0,0	0,0	100.0
2"	50.8	0,0	0,0	100.0
1 1/2"	38.1	0,0	0,0	100.0
1"	25.4	0,0	0,0	100.0
3/4"	19.1	0,0	0,0	100.0
1/2"	12.5	0,0	0,0	100.0
3/8"	9.52	0,0	0,0	100.0
N°4	4.76	0,0	0,0	100.0

Fuente: Elaboración Propia en base a resultados de laboratorios.

**Tabla 3.17** *Análisis de Tamices del Agregado Fino Sector Puente 2*

Tamices	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	%Retenido Acumulado	%Que Pasa
N°10	2,000	156,25	17,87	82,13
N°40	0,425	86,92	27,80	72,20
N°100	0,150	117,25	41,21	58,79
N°200	0,075	72,46	49,50	50,50

Fuente: Elaboración Propia en base a resultados de laboratorios.

**Tabla 3.18** *Resultados Finales*

<b>Clasificación AASHTO</b>	A – 4 (4)
<b>Clasificación SUCS</b>	ML

Fuente: Elaboración Propia en base a resultados de laboratorios.

En este sector tenemos un suelo A - 4 (4) estos suelos son Limos inorgánicos, Limos Arenosos (ML).

#### **3.4.1.2. Determinación de Límites de Atterberg ASTM D 4318-00 - AASHTO T89**

Los límites de Atterberg son una serie de ensayos que se realizan en suelos para determinar su comportamiento y clasificarlos. Estos límites definen los estados de consistencia del suelo, es decir, si es sólido, semisólido o líquido. Los principales límites son:

- ✓ Límite líquido (LL): Es el contenido de humedad al cual el suelo pasa de un estado plástico a un estado líquido. Se determina mediante el ensayo de la cuchara o copa de Casagrande se golpea consecutivamente contra la base de la máquina, haciendo girar la manivela, hasta que el surco que previamente se ha hecho en la muestra se cierre en una longitud de 12,7 mm (1/2"). Si el número de golpes para que se cierre el surco es 25, la humedad del suelo (razón peso de agua/peso de suelo seco) corresponde al límite líquido (Manual de carreteras ABC).
- ✓ Límite plástico (LP): Es el contenido de humedad más baja al cual el suelo comienza a desmoronarse cuando se forma un cilindro de 3.2 mm (1/8) de diámetro.
- ✓ Índice de plasticidad (IP): Se obtiene restando el límite plástico al límite líquido ( $IP = LL - LP$ ). Este índice es una medida de la plasticidad del suelo. Un Índice de plasticidad bajo, como por ejemplo del 5%, significa que un pequeño incremento en el contenido de humedad del suelo, lo transforma de semisólido a la condición de líquido, es decir resulta muy sensible a los cambios de humedad. Por el contrario, un índice de plasticidad alto, como por ejemplo del 20%, indica que para que un suelo pase del estado semisólido al líquido, se le debe agregar gran cantidad de agua.

Resultados de Límites Atterberg:

**Tabla 3.19** *Ensayo Sistema de Clasificación del Ripio Laterítico (Hacienda San Antonio Comunidad Nuevo Triunfo)*

<b>Límite Líquido</b>	32,14%
<b>Límite Plástico</b>	21,69%
<b>Índice de Plasticidad</b>	10,45%
<b>Clasificación AASHTO</b>	A – 2 - 6 (0)
<b>Clasificación SUCS</b>	GC

Fuente: Elaboración Propia en base a resultados de laboratorios.

Clasificado como A-2-6(0) y GC, indica un suelo granular con una pequeña cantidad de finos plásticos.

**Tabla 3.20** *Ensayo Sistema de Clasificación del Material de Relleno Para el Terraplén*

<b>Límite Líquido</b>	33,58%
<b>Límite Plástico</b>	23,62%
<b>Índice de Plasticidad</b>	9,6%
<b>Clasificación AASHTO</b>	A – 4 (4)
<b>Clasificación SUCS</b>	ML

Fuente: Elaboración Propia en base a resultados de laboratorios.

Clasificado como A-4 (4) y ML, corresponde a un suelo granular con una cantidad moderada de finos plásticos.

**Tabla 3.21** *Ensayo Sistema de Clasificación del Material Sector Puente 1 (progresivas 0+160 – 0+120)*

<b>Límite Líquido</b>	42,68%
<b>Límite Plástico</b>	22,38%
<b>Índice de Plasticidad</b>	20,30%
<b>Clasificación AASHTO</b>	A – 7 - 6 (6)
<b>Clasificación SUCS</b>	CH

Fuente: Elaboración Propia en base a resultados de laboratorios.

Clasificado como A-7-6(6) y CH, indica un suelo con una alta plasticidad y un contenido significativo de arcilla, no cumple y fue rechazado por la supervisión.

**Tabla 3.22** *Ensayo Sistema de Clasificación del Material Sector Puente (progresivas 0+120 – 0+060)*

<b>Límite Líquido</b>	32,81%
<b>Límite Plástico</b>	0,00%
<b>Índice de Plasticidad</b>	0,00%
<b>Clasificación AASHTO</b>	A – 4 (4)
<b>Clasificación SUCS</b>	ML

Fuente: Elaboración Propia en base a resultados de laboratorios.

Clasificado como A-4 (4) y ML, similar al material de relleno, pero con un índice de plasticidad nulo, el suelo cumple con lo requerido en las especificaciones técnicas lo cual permite su utilización en la subbase.

### 3.4.1.3. Designación Proctor Modificado ASTM D422 – AASHTO T180

El ensayo Proctor Modificado, definido por las normas ASTM D422 y AASHTO T180, es una prueba de laboratorio fundamental en ingeniería geotécnica que se utiliza para determinar la máxima densidad seca que puede alcanzar un suelo al ser compactado bajo condiciones de energía determinadas. En otras palabras, este ensayo nos indica cuál es la máxima cantidad de suelo que podemos colocar en un volumen dado, aplicando una energía de compactación específica (Manual de carreteras ABC).

**Figura 3.9** *Ensayo Proctor Modificado*



Fuente: Elaboración Propia

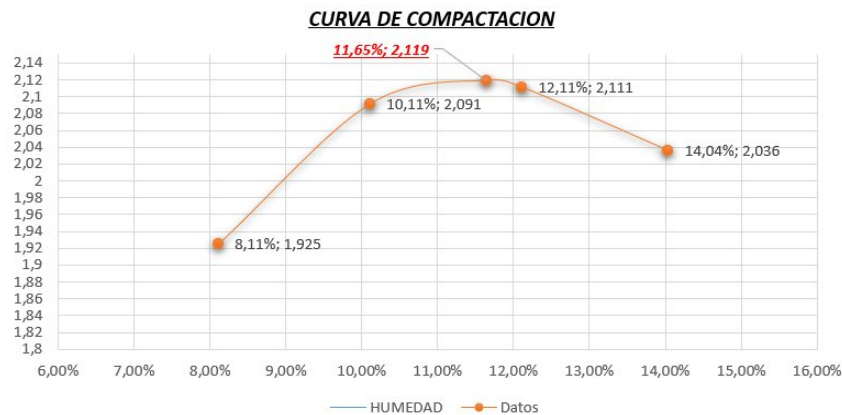
**Tabla 3.22** Ensayo de Proctor modificado del Ripio Lateritico

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL	Tamices	%Que Pasa	Límite de Consistencia		CLASIFICACION SISTEMA AASHTO
	N°4	62,20			
	N°10	57,60	L.L	32,14%	
	N°40	50,19	L.P	21,69%	
	N°200	33,86	I.P	10,45%	
					A – 2 – 6 (0)
DETALLES	1	2	3	4	
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm3)	2,081	2,367	2,367	2,321	
HUMEDAD (%)	8,11%	10,11%	12,11%	14,04%	
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1,925	2,091	2,111	2,036	

Fuente: Elaboración Propia en base a resultados de laboratorios.

Este ripio laterítico ha sido clasificado como A-2-6 (0) según el sistema AASHTO. Esto indica que se trata de un suelo granular bien graduado, con una cantidad limitada de finos y una plasticidad baja.

**Figura 3.10** Curva de Compactación del Ripio Lateritico



Fuente: Elaboración Propia en base a resultados de laboratorios.

**Tabla 3.23** Resultado Final de Humedad del Suelo

HUMEDAD MAXIMA SECA	% HUMEDAD OPTIMA
2,119 gr/cm3	11,65%

Fuente: Elaboración Propia en base a resultados de laboratorios.

El ripio laterítico analizado presenta características adecuadas para ser utilizado como material de relleno. Al compactarse a la humedad óptima, se garantiza una mayor estabilidad y resistencia del suelo.

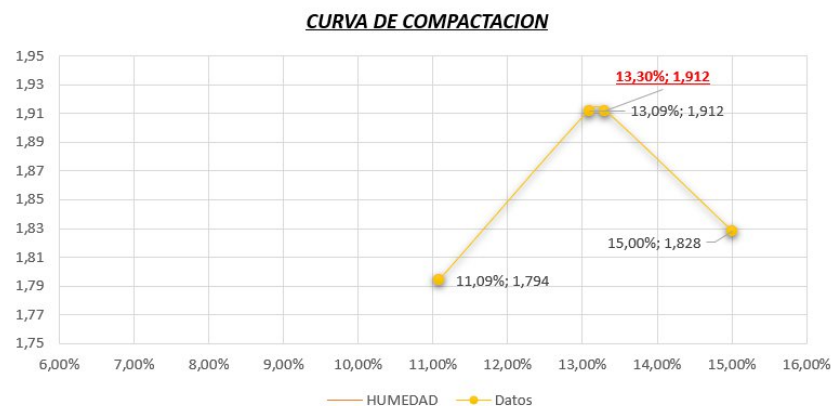
**Tabla 3.24** *Ensayo de Proctor Modificado del Material de Relleno para el Terraplén*

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL	Tamices	%Que Pasa	Límite de Consistencia		CLASIFICACION SISTEMA AASHTO
	N°4	100,00			
	N°10	83,55	L.L	33,58%	
	N°40	74,70	L.P	23,62%	
	N°200	53.40	I.P	9,96%	
					A – 4 (4)
DETALLES	1	2	3		
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm3)	1,993	2,162	2,102		
HUMEDAD (%)	11,09%	13,09%	15,00%		
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1,794	1,912	1,828		

Fuente: Elaboración Propia en base a resultados de laboratorios.

El material del terraplén ha sido clasificado como A - 4 (4) según el sistema AASHTO. Esto indica que se trata de un suelo granular con una cantidad significativa de finos (pasantes por el tamiz N°200), con una plasticidad baja a media.

**Figura 3.11** *Curva de Compactación del Material de Relleno para el Terraplén*



Fuente: Elaboración Propia en base a resultados de laboratorios

**Tabla 3.25 Resultado Final de Humedad del Suelo**

HUMEDAD MAXIMA SECA	% HUMEDAD OPTIMA
1,912 gr/cm <sup>3</sup>	13,30%

Fuente: Elaboración Propia en base a resultados de laboratorios.

Los valores de humedad óptima y densidad seca máxima obtenidos del ensayo Proctor Modificado son fundamentales para garantizar la calidad y durabilidad del terraplén. La utilización de este material es recomendable siempre y cuando se tenga un control adecuado de la humedad durante la compactación que es esencial para alcanzar la máxima densidad y asegurar la estabilidad de la estructura.

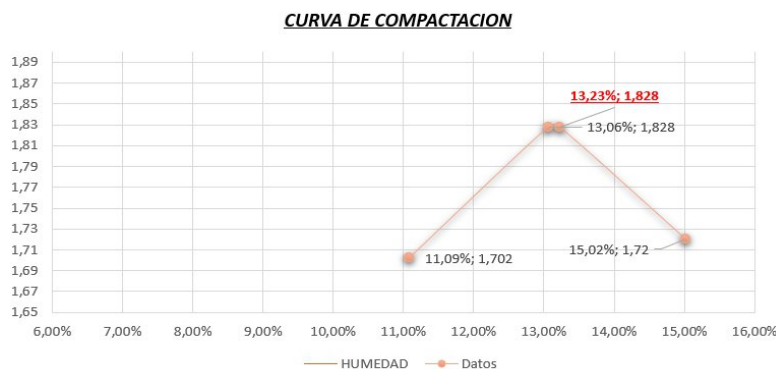
**Tabla 3.26 Ensayo de Proctor modificado Sector Puente 1 (progresivas 0+120 – 0+160)**

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL	Tamices	%Que Pasa	Límite de Consistencia		CLASIFICACION SISTEMA AASHTO
	Nº4	100,00	L.L	42,68%	
	Nº10	88,90	L.P	22,38%	
	Nº40	79,93	I.P	20,30%	
	Nº200	59,21			A – 7 - 6 (6)
DETALLES	1	2	3		
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm <sup>3</sup> )	1,890	2,067	1,979		
HUMEDAD (%)	11,09%	13,06%	15,02%		
DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	1,702	1,828	1,720		

Fuente: Elaboración Propia en base a resultados de laboratorios.

Sector Puente 1 es de clasificación A-7-6(6) según el sistema AASHTO. Esto indica un suelo fino con una alta plasticidad.

**Figura 3.11** Curva de Compactación Sector Puente 1 (progresivas 0+120 – 0+160)



Fuente: Elaboración Propia en base a resultados de laboratorios.

**Tabla 3.27** Resultado Final de Humedad del Suelo

HUMEDAD MAXIMA SECA	% HUMEDAD OPTIMA
1,828 gr/cm3	13,23%

Fuente: Elaboración Propia en base a resultados de laboratorios.

Este tipo de suelo puede ser problemático para la construcción debido a su alta plasticidad y susceptibilidad a la expansión y contracción con los cambios de humedad.

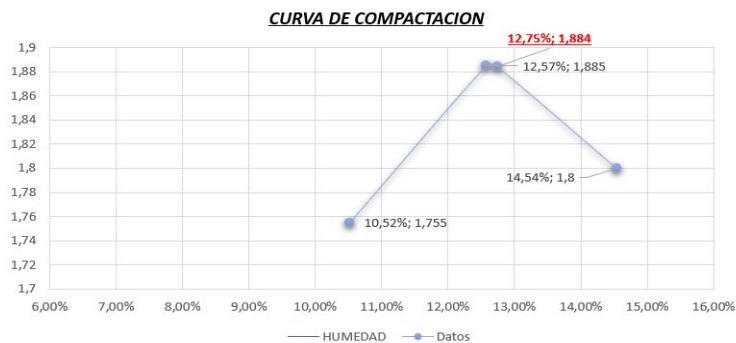
**Tabla 3.28** Ensayo de Proctor modificado Sector Puente 2 (progresivas 0+060 – 0+120)

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL	Tamices	%Que Pasa	Límite de Consistencia		CLASIFICACION SISTEMA AASHTO
	N°4	100,00	L.L	32,81%	
	N°10	82,13	L.P	0,00%	A – 4 (4)
	N°40	72,20	I.P	0,00%	
	N°200	50,50			
DETALLES	1	2	3		
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm3)	1,962	2,121	2,062		
HUMEDAD (%)	10,52%	12,57%	14,54%		
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1,775	1,885	1,800		

Fuente: Elaboración Propia en base a resultados de laboratorios.

En del Sector Puente 2 se clasifica como A- 4 (4) según el sistema AASHTO. Esto indica un suelo granular con una cantidad significativa de finos (partículas menores a 0.075 mm), principalmente limos.

**Figura 3.12** Curva de Compactación Sector Puente 2 (progresivas 0+060 – 0+120)



Fuente: Elaboración Propia en base a resultados de laboratorios.

**Tabla 3.29** Resultado Final de Humedad del Suelo

HUMEDAD MAXIMA SECA	% HUMEDAD OPTIMA
1,884 gr/cm3	12,75%

Fuente: Elaboración Propia en base a resultados de laboratorios.

El Sector Puente 2 presenta características que lo hacen adecuado para la construcción de vías para llevar a cabo un diseño adecuado para garantizar la estabilidad y durabilidad.

#### 3.4.1.4. C.B.R. (California Bearing Ratio) ASTM D 1883 – AASHTO T193.

El CBR se utiliza ampliamente en el diseño de pavimentos y carreteras para evaluar la capacidad de soporte del suelo y determinar el espesor de las capas de base y subbase necesarios para soportar las cargas del tráfico. Un CBR más alto indica un suelo más resistente y una mayor capacidad de soportar cargas.

Este ensayo se describe en las normas ASTM D 1883 y AASHTO T193. Estas normas establecen los procedimientos, los requisitos de los equipos y los criterios de aceptación de los resultados (Manual de carreteras ABC).

**Figura 3.13** *Ensayo de CBR (California Bearing Ratio)*



Fuente: Elaboración Propia.

Análisis de Resultados:

Los valores de CBR cercanos a 0% representan a suelos de pobre calidad, mientras que los más cercanos a 100% son indicativos de la mejor calidad, de acuerdo con lo estipulado en las especificaciones técnicas del proyecto, el valor de C.B.R. para la conformación de la capa subbase no debe ser menor al 20%, los resultados obtenidos del laboratorio detalladas en tabla (2.32) cumplen con lo especificado.

**Tabla 3.30** *Ensayo C.B.R. para Capa Subbase*

Nº	Ubicación	Clasificación de suelos AASHTO	Proctor Modificado (gr/cm3)	Proctor Modificado al 95%	C.B.R. (al 100%)	% DE EXP.
1	Sub-base (0+590-0+020)	A - 2 - 6 (0)	2,119	20,40%	28,00%	1.04%

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de laboratorios.

Los resultados obtenidos del ensayo del C.B.R. que se muestran en la tabla 2.30 del tipo de suelo A-2-6 (0) este tipo de suelo cumplen con lo establecido. Los resultados del ensayo CBR indican que el material seleccionado para la subbase cumple con los requisitos técnicos y es adecuado para su uso en el proyecto.

**Tabla 3.31** *C.B.R. para Base*

Nº	Ubicación	Clasificación de suelos AASHTO	Proctor Modificado (gr/cm3)	Proctor Modificado al 95%	C.B.R. (al 100%)	% DE EXP.
1	Base (0+590-0+020)	A - 4 (4)	1,884	49.80%	53.60%	1.61%

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de laboratorios.

En la tabla 3.31, los resultados obtenidos en laboratorio de las muestras de suelo cumplen con lo especificado en las especificaciones técnicas; no obstante, al ser mejorado con cemento los valores obtenidos del C.B.R incrementan de acuerdo con el tipo de suelo y la cantidad de cemento proporcionado, este valor se calculó mediante el método de ensayo de “suelo-cemento” ASTM D1633 donde se determina la resistencia a la compresión de cilindros elaborados con suelo – cemento.

#### **3.4.1.5.Compresión de Especímenes Cilíndricos de Suelo Cemento ASTM D1633**

Este es un método de ensayo estándar para determinar la resistencia a la compresión de cilindros moldeados de suelo-cemento. Este tipo de ensayo es fundamental en la ingeniería geotécnica y civil, especialmente en proyectos que involucran la estabilización de suelos mediante la adición de cemento (Manual de carreteras ABC).

##### ✓ ¿Qué es un Suelo-Cemento?

Un suelo-cemento es un material compuesto artificial que se obtiene mezclando un suelo granular o fino con una cantidad específica de cemento. Al hidratarse el cemento, se forma una matriz que une las partículas del suelo, mejorando significativamente sus propiedades mecánicas, como la resistencia, la rigidez y la durabilidad. (la resistencia de acuerdo con las especificaciones técnicas)

El principal objetivo de este ensayo es evaluar la resistencia a la compresión del suelo-cemento, es decir, su capacidad para soportar cargas sin fallar.

**Figura 3.14** *Resistencia a la compresión de suelo- cemento*



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 3.33** *Especímenes de Suelo – Cemento*

Nº	CANTIDAD DE CEMENTO	EDAD DIAS	PESO (kg)	CARGA ENSAYE (kN)	RESISTENCIA (Mpa) Nominal	RESISTENCIA (Mpa) 28 DIAS
1	3%	7	3,78	18,72	2,4	3,4
2	4%	7	3,81	21,47	2,8	3,9
3	5%	7	3,79	25,43	3,3	4,6
4	6%	7	3,80	27,42	3,6	4,9
5	7%	7	3,81	29,50	3,8	5,3

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de laboratorio.

**Tabla 3.34** *Resistencia a la Compresión de Suelo – Cemento Capa Base*

Nº	CANTIDAD DE CEMENTO	EDAD DIAS	PESO (kg)	CARGA ENSAYE (kN)	RESISTENCIA A (Mpa) Nominal	RESISTENCIA A (Mpa) 28 DIAS	PROGRESIVAS
1	5%	7	3,81	25,0	3,3	4,6	(0+110– 0+040)
2	5%	7	3,84	26,50	3,4	4,8	Clasificación suelos
3	5%	7	3,79	25,10	3,3	4,5	A-4(4)

Fuente: Elaboración propia en base a resultados de laboratorio.

Los resultados indican que el suelo-cemento utilizado para la capa base ha alcanzado la resistencia adecuada para soportar las cargas a las que estará sometida, cumpliendo las especificaciones técnicas. El incremento en la resistencia a los 28 días confirma la efectividad del proceso de estabilización.

#### 3.4.1.6. Densidad In Situ (Método del Cono Arena) ASTM D1556 AASHTO T191.

El ensayo de densidad in situ mediante el método del cono de arena es una prueba geotécnica que se utiliza para determinar la densidad de un suelo en su estado natural, es decir, en el lugar donde se encuentra. Esta densidad es un parámetro fundamental para evaluar la calidad de la compactación de un relleno, terraplén o cualquier otra estructura de suelo.

Este método establece un procedimiento para determinar en terreno la densidad de suelos cuyo tamaño máximo absoluto de partículas sea menor o igual a 50 mm (2") en un caso y menor o igual a 150 mm. (6") en el otro. Este procedimiento está referido a dos equipos utilizados en la medición del volumen de la perforación: cono de arena de 6" (cono convencional) cono de arena de 12" (macrocono) (Manual de carreteras ABC).

**Figura 3.15** *Ensayo de densidad in situ "método de cono de arena"*



Fuente: Elaboración propia.

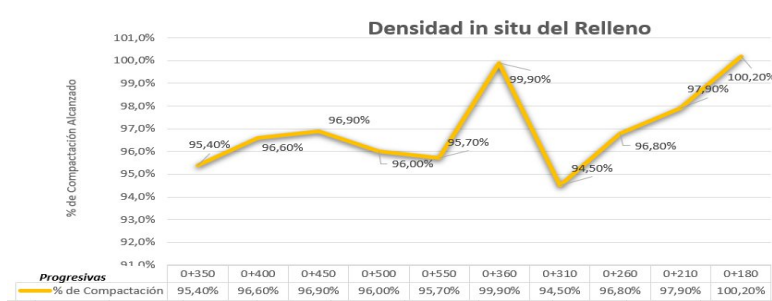
Análisis de Resultados:

**Tabla 3.35** *Ensayo de densidad in situ Relleno*

N° de Pruebas	Tipo de suelo	Progresiva	% de Compactación	Ubicación
1	ML	0+350	95,4%	
2	ML	0+400	96,6%	
3	ML	0+450	96,9%	
4	ML	0+500	96,0%	
5	ML	0+550	95,7%	Calle
6	ML	0+360	99,9%	Carmela Pinto
7	ML	0+310	94,5%	
8	ML	0+260	96,8%	
9	ML	0+210	97,9%	
10	ML	0+180	100,2%	

Fuente: Elaboración en base a resultados de laboratorios.

**Figura 3.16 Densidades Alcanzadas en el Relleno**



Fuente: Elaboración propia.

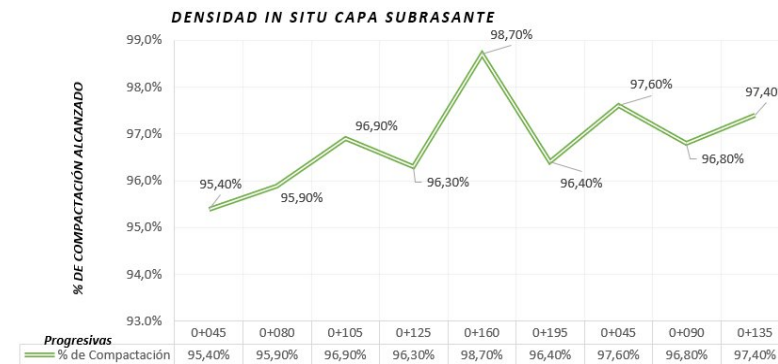
El 90% de los ensayos realizados cumplen con la densidad máxima estipulada en las Especificaciones Técnicas.

**Tabla 3.36 Ensayo de densidad in situ Capa Subrasante**

Nº de Pruebas	Tipo de suelo	Progresiva	% de Compactación	Ubicación
1	ML	0+045	95,4%	
2	ML	0+080	95,9%	
3	ML	0+105	96,9%	
4	ML	0+125	96,3%	Calle Carmela
5	ML	0+160	98,7%	Pinto
6	ML	0+195	96,4%	
7	ML	0+045	97,6%	
8	ML	0+090	96,8%	Calle Ignacio Coitines
9	ML	0+135	97,4%	

Fuente: Elaboración en base a resultados de laboratorios.

**Figura 3.17 Densidades Alcanzadas en la Capa Subrasante**



Fuente: Elaboración propia.

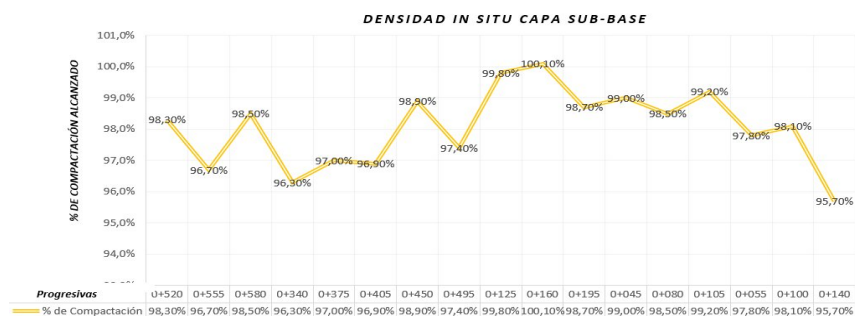
La figura 3.17, se muestra el comportamiento del porcentaje de compactación alcanzada en diferentes puntos de la vía de la Subrasante de todos los puntos obtenidos el 100% logra alcanzar la densidad máxima estipulada en las Especificaciones Técnicas.

**Tabla 3.37** Ensayo de densidad in situ Capa Sub-base

Nº de Pruebas	Tipo de suelo	Progresiva	% de Compactación	Ubicación
1	ML	0+520	98,3%	
2	ML	0+555	96,7%	
3	ML	0+580	98,5%	
4	ML	0+340	96,3%	
5	ML	0+375	97,0%	
6	ML	0+405	96,9%	
7	ML	0+450	98,9%	Calle Carmela
8	ML	0+495	97,4%	Pinto
9	ML	0+125	99,8%	
10	ML	0+160	100,1%	
11	ML	0+195	98,7%	
12	ML	0+045	99,0%	
13	ML	0+080	98,5%	
14	ML	0+105	99,2%	
15	ML	0+055	97,8%	
16	ML	0+100	98,1%	Calle Ignacio Coitines
17	ML	0+140	95,7%	

Fuente: Elaboración en base a resultados de laboratorios.

**Figura 3.18** Densidades Alcanzadas en la Capa Sub-base



Fuente: Elaboración propia.

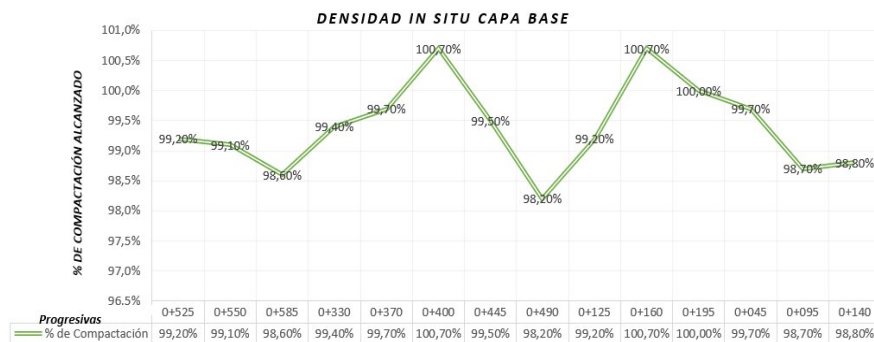
En la siguiente figura se muestra el comportamiento del porcentaje de compactación alcanzada en diferentes puntos de la vía de la capa sub-base, los estudios realizados cumplen con la densidad máxima estipulada de las especificaciones técnicas del proyecto.

**Tabla 3.38** *Ensayo de densidad in situ Capa Base*

Nº de Pruebas	Tipo de suelo	Progresiva	% de Compactación	Ubicación
1	Suelo - Cemento	0+525	99,2%	Calle Carmela Pinto
2	Suelo - Cemento	0+550	99,1%	
3	Suelo - Cemento	0+585	98,6%	
4	Suelo - Cemento	0+330	99,4%	
5	Suelo - Cemento	0+370	99,7%	
6	Suelo - Cemento	0+400	100,7%	
7	Suelo - Cemento	0+445	99,5%	
8	Suelo - Cemento	0+490	98,2%	
9	Suelo - Cemento	0+125	99,2%	
10	Suelo - Cemento	0+160	100,7%	
11	Suelo - Cemento	0+195	100,0%	
12	Suelo - Cemento	0+045	99,7%	Calle Ignacio Coitines
13	Suelo - Cemento	0+095	98,7%	
14	Suelo - Cemento	0+140	98,8%	

Fuente: Elaboración en base a resultados de laboratorios.

**Figura 3.19** *Densidades Alcanzadas en la Capa Base*



Fuente: Elaboración propia.

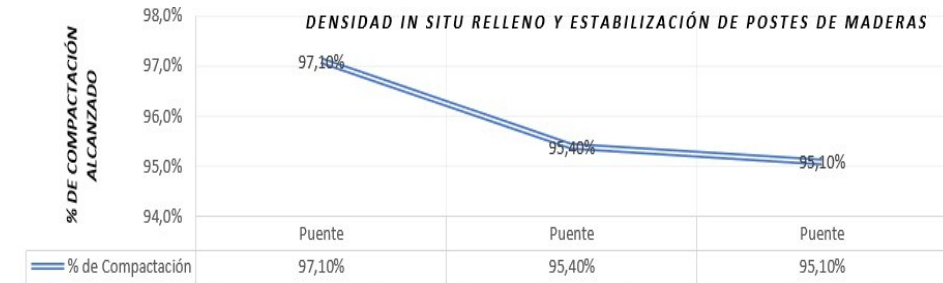
En la siguiente figura se muestra que las pruebas realizadas superan el 95% de compactación requerida por las especificaciones técnicas.

**Tabla 3.39** *Ensayo de densidad in situ Relleno y Estabilización de Postes de Maderas.*

N° de Pruebas	Tipo de suelo	Progresiva (0+120 – 0+060)	% de Compactación
1	Relleno y estabilización de postes de madera	puente	97,1%
2	Relleno y estabilización de postes de madera	puente	95,4%
3	Relleno y estabilización de postes de madera	puente	95,1%

Fuente: Elaboración en base a resultados de laboratorios.

**Figura 3.20** *Densidades alcanzadas en el Relleno y Estabilización de Postes de Maderas.*



Fuente: Elaboración propia.

Para una mayor estabilización de la plataforma se amplió el relleno en el sector puente de cataratas, en la figura 2.37 se puede evidenciar que los laboratorios in situ realizados con el cono de arena superan el 95% de la densidad máxima estipulada en las Especificaciones Técnicas.

### 3.4.2. Control de Calidad de Hormigones

El control de calidad de hormigones es un conjunto de procedimientos y ensayos sistemáticos que se llevan a cabo para garantizar que las propiedades del hormigón utilizado en una obra civil o construcción que cumplan con las especificaciones técnicas y requisitos establecidos en el proyecto.

De acuerdo con las especificaciones del proyecto, se exige una resistencia a compresión mínima de 210 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. Para asegurar un control de calidad, se tomarán muestras de hormigón cada 25 m<sup>3</sup> (aproximadamente 370 metros lineales), de las cuales se fabricarán al menos dos probetas cilíndricas para determinar la resistencia alcanzada.

### 3.4.2.1. Consistencia del hormigón mediante en Cono de Abrams – ASTM C143 – AASHTO T 119

El ensayo del cono de Abrams es un método estándar en la industria de la construcción para determinar la consistencia del hormigón fresco. Este ensayo se refiere a la facilidad con la que el hormigón puede ser mezclado, transportado, colocado y compactado sin segregación ni pérdida de homogeneidad, proporcionando una medida indirecta de la trabajabilidad del hormigón.

El procedimiento es aplicable a hormigones preparados con áridos de tamaño máximo absoluto 50mm. Es válido para establecer la docilidad de hormigones frescos con asentamientos comprendidos entre 2 y 15 cm (Manual de carreteras ABC).

Este ensayo se realizó de acuerdo con las normas ASTM C143 (American Society for Testing and Materials) y AASHTO T 119 (American Association of State Highway and Transportation Officials).

Los hormigones se clasifican por su consistencia en: Secos, plásticos, blandos, fluido y líquido tal como se indica en la tabla (2.41).

**Tabla 3.40** *Asentamientos de Cono de Abrams*

Consistencia	Asentamiento en (cm)	Tolerancia en (cm)
Seca	0-2	0
<b>Plástica</b>	<b>3-5</b>	<b>± 1</b>
Blanda	6-9	± 1
Fluida	10-15	± 2

Fuente: Norma Boliviana de Hormigón Armado CBH 87.

**Figura 3.21** *Asentamiento del Hormigón Fresco*



Fuente: Elaboración propia.

#### **3.4.2.2. Resistencia a la Compresión de Cilindros ASTM C39 – AASHTO T22**

La resistencia a la compresión es una propiedad mecánica fundamental que cuantifica la capacidad de un material, como el hormigón, de soportar cargas axiales aplicadas en sentido vertical. Esta propiedad es de vital importancia en el diseño estructural, ya que permite dimensionar adecuadamente los elementos sometidos a esfuerzos de compresión. La norma ASTM C39 (y su equivalente AASHTO T22) establece el procedimiento estándar para determinar experimentalmente la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón, asegurando así la calidad y confiabilidad de las estructuras.

Los resultados de las pruebas obtenidas se emplean fundamentalmente para determinar que la mezcla del hormigón suministrada cumpla con los requerimientos establecidos en las especificaciones técnicas del proyecto, los resultados de la resistencia a la compresión obtenidas en laboratorio dependen del tamaño y forma del espécimen, mezclado, colocado, moldeado, fabricación, edad, temperatura, humedad, curado y vibrado.

Las probetas que evalúan la calidad del concreto se desmoldan antes de las 48 horas después de moldeadas. Máximo en 30 minutos después de desmoldar, colocar las probetas en una solución de agua de cal 3 g/L El propósito del curado húmedo es para maximizar la hidratación del cemento (Manual de carreteras ABC).

**Figura 3.22** *Ensayo de Resistencia a la Compresión*



Fuente: Elaboración propia.

**Análisis de Resultados:**

Todas las estructuras de hormigón armado establecidas en las especificaciones técnicas para los siguientes elementos:

- Losetas Hexagonales H<sup>o</sup> S<sup>o</sup>
- Cordón Cuneta H<sup>o</sup> A<sup>o</sup>
- Viga de Confinamiento H<sup>o</sup> A<sup>o</sup>

La extracción de muestras para los cordones cunetas de hormigón armado, para un grado de control se realizó a cada 22 m<sup>3</sup> equivalente a 240 metros lineales, se tomaron 2 muestras como mínimo de cordón-cuneta vaciado.

**Tabla 3.41** *Resistencia a la compresión "Cordón-Cuneta"*

N°	Progresivas	Probetas		Carga de Ensaye (KN)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> ) 28 días	Resistencia requerida H-21
		Der.	Izq.			
1	0+240 – 0+300	M-1		299,65	240,3	> 210 (kg/cm <sup>2</sup> )
2		M-2		290,25	239,4	> 210 (kg/cm <sup>2</sup> )
3	0+240 – 0+300		M-3	302,00	242,2	> 210 (kg/cm <sup>2</sup> )
4			M-4	280,00	231,6	> 210 (kg/cm <sup>2</sup> )
5	0+300 – 0+360	M-5		290,40	232,9	> 210 (kg/cm <sup>2</sup> )
6		M-6		283,55	233,9	> 210 (kg/cm <sup>2</sup> )
7	0+300 – 0+360		M-7	293,50	235,4	> 210 (kg/cm <sup>2</sup> )
8			M-8	278,70	229,9	> 210 (kg/cm <sup>2</sup> )

<b>9</b>	0+360 – 0+420	M-9	278,60	223,4	> 210 (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>10</b>		M-10	294,15	242,6	> 210 (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>11</b>	0+360 – 0+420	M11	286,00	229,4	> 210 (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>12</b>		M12	276,85	228,4	> 210 (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>13</b>	0+520 – 0+590	M-13	291,45	233,7	> 210 (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>14</b>		M-14	297,00	245,0	> 210 (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>15</b>	0+520 – 0+590	M15	286,90	230,1	> 210 (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>16</b>		M16	295,75	244,0	> 210 (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>17</b>	Calle Ignacio Coitines	M-17	282,10	232,7	> 210 (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>18</b>		M-18	273,15	225,3	> 210 (kg/cm <sup>2</sup> )

Fuente: Elaboración en base a resultados de laboratorio

Como se evidencia en la Tabla 2.42, los resultados evaluados de los cordones cunetas de los ensayos de resistencia a la compresión cumplen y excede la resistencia requerida en las especificaciones técnicas del proyecto, de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Corroborando que todas las muestras alcanzaron o superaron los requerimientos de resistencia establecidos.

**Tabla 3.42** Resistencia a la compresión "Vigas de Confinamiento"

Progresivas	Probetas	Carga de Ensayo	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia requerida
	Vigas	(KN)	28 días	H-21
0+240	P-1	300,2	240,8	> 210 (kg/cm <sup>2</sup> )
	P-2	278,55	229,8	> 210 (kg/cm <sup>2</sup> )
0+420	P-3	302,50	242,6	> 210 (kg/cm <sup>2</sup> )
	P-4	280,40	231,3	> 210 (kg/cm <sup>2</sup> )
0+520	P-5	298,30	239,2	> 210 (kg/cm <sup>2</sup> )
	P-6	276,10	227,8	> 210 (kg/cm <sup>2</sup> )
0+590	P-7	288,25	231,2	> 210 (kg/cm <sup>2</sup> )
	P-8	283,60	233,9	> 210 (kg/cm <sup>2</sup> )

Fuente: Elaboración en base a resultados de laboratorio

De acuerdo con los resultados obtenidos en los ensayos de resistencia a la compresión en Tabla 2.43, se evidencia que la calidad del hormigón utilizado en las vigas de confinamiento

es superior a lo especificado por la resistencia mínima requerida de 210 kg/cm<sup>2</sup> en las especificaciones técnicas.

**Tabla 3.43** Resistencia a la compresión "Losetas Hexagonales"

Progresivas	Probetas	Carga de Ensaye	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia requerida
	Vigas	(KN)	28 días	H-21
Lote 1	M-1	302,50	242,6	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )
	M-2	314,28	259,3	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )
Lote 2	M-3	296,72	238,0	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )
	M-4	318,22	262,5	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )
Lote 3	M-5	310,0	248,6	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )
	M-6	315,60	260,3	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )
Lote 4	M-7	322,15	258,4	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )
	M-8	314,70	259,6	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )
Lote 5	M-9	304,20	244,0	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )
	M-10	301,85	249,0	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )
Lote 6	M-11	297,20	238,4	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )
	M-12	304,35	251,1	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )
Lote 7	M-13	308,00	247,0	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )
	M-14	319,40	263,5	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )
Lote 8	M-15	311,65	249,9	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )
	M-16	304,00	250,8	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )
Lote 9	M-17	303,60	243,5	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )
	M-18	317,15	261,6	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )
Lote 10	M-19	310,00	248,6	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )
	M-20	290,25	239,4	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )
Lote 11	M-21	315,10	252,7	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )
	M-22	308,90	247,7	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )
Lote 12	M-23	305,65	245,1	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )
	M-24	311,10	249,5	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )

<b>Lote 13</b>	M-25	313,55	251,5	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )
	M-26	309,80	248,5	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Lote 14</b>	M-27	310,95	249,4	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )
	M-28	305,20	244,8	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Lote 15</b>	M-29	304,25	244,0	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )
	M-30	316,70	254,0	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Lote 16</b>	M-31	301,60	241,9	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )
	M-32	322,40	258,6	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Lote 17</b>	M-33	303,60	243,5	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )
	M-34	309,80	248,5	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Lote 18</b>	M-35	307,35	246,5	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )
	M-36	309,70	248,4	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Lote 19</b>	M-37	319,15	256,0	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )
	M-38	313,80	251,7	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Lote 20</b>	M-39	314,60	252,3	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )
	M-40	308,25	247,2	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Lote 21</b>	M-41	306,85	246,1	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )
	M-42	301,10	241,5	> 230 (kg/cm <sup>2</sup> )

Fuente: Elaboración en base a resultados de laboratorios.

Los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión, presentados en la Tabla 3.43, demuestran que el 100% de las resistencias obtenidas en las losetas hexagonales cumplen con el valor mínimo especificado de 210 kg/cm<sup>2</sup>, cumpliendo así con los requerimientos establecidos.

### **3.5. REALIZAR INFORMES MENSUALES DEL TRABAJO DIRIGIDO, ADJUNTANDO LA DOCUMENTACIÓN GENERADA POR LA SUPERVISIÓN TÉCNICA DE LA OBRA.**

La gestión exitosa de cualquier proyecto ya sea de investigación, desarrollo o construcción, requiere de una documentación rigurosa y actualizada. Los informes mensuales y la documentación técnica son dos herramientas fundamentales en este proceso, ofreciendo una visión integral del proyecto desde su concepción hasta su finalización.

Con el fin de garantizar la transparencia y el control del avance de la obra, se elaboraron informes periódicos de seguimiento, de acuerdo con el reglamento de modalidad de graduación.

Estos reportes se basarán en el seguimiento realizado a la ejecución de la obra, evidenciando logros y dificultades de esta.

#### **3.5.1. Informe Mensual**

Los Informes Mensuales del Trabajo Dirigido son documentos técnicos que detallan de manera sistemática el avance de un proyecto, bajo la supervisión de un tutor. Estos informes sirven como un registro detallado de las actividades realizadas durante un período específico, así como de los resultados obtenidos, los desafíos encontrados y las soluciones implementadas.

##### ✓ Detalles de un Informe Mensual

Este informe contiene información del avance de la obra, se puede observar en el Anexo “C”

- Antecedentes del proyecto
- Datos generales del proyecto
- Actividades de la obra
- Porcentaje de avance de la obra
- Reporte fotográfico de la obra

### 3.5.1.1. Informe N°1

En este primer informe N°1 del mes de diciembre del proyecto "LOTE 2: MEJORAMIENTO VIAL CON PAVIMENTO ARTICULADO CALLE CARMELA PINTO BARRIO LA CRUZ (COBIJA)". El proyecto que tiene un costo total de Bs. 2.617.830,76, se observa el inicio de la obra donde no se tuvo mucho avance debido a las lluvias que eran continuas la cual causaba que el suelo quede saturado imposibilitando así el trabajo de movimiento de tierra.

✓ Antecedentes:

Se formalizó el contrato el 4 de noviembre de 2022 entre el Fondo Nacional de Inversión Productiva y Social (FPS) y la empresa Asociación Accidental Integral del Norte.

Existe un convenio entre la Universidad Amazónica de Pando (UAP) y la FPS, para que los estudiantes realicen pasantías en el proyecto, bajo supervisión técnica.

En el anexo "C1" podemos observar el reporte fotográfico donde se muestra el estado de la vía a causa de las lluvias continuas.

### 3.5.1.2. Informe N°2

El informe N°2 contiene un resumen detallado de las actividades realizadas y el avance del proyecto en el mes de enero.

✓ Actividades destacadas:

- **Ensayos de densidad In Situ:** Se realizó bajo el método del cono de arena, basado en la norma ASTM D 1556-82, para evaluar la densidad de los suelos compactados.
- **Ensayo Proctor:** Se utiliza para determinar la relación entre la densidad seca y la humedad de compactación de los materiales.
- **Enlosetado:** Se ejecutaron 1.535,94 m<sup>2</sup> de losetas hexagonales.
- **Cama de arena:** Se instaló una capa de arena de 76,80 m<sup>3</sup>, con un espesor de 0,05 metros.

- **Cordones cunetas:** Se realizaron excavaciones, encofrados y vaciados de cordones-cunetas.

✓ Avance físico y financiero:

En diciembre y enero, se registró un avance físico del 13,49% con un monto ejecutado de Bs. 353.090,85.

Se destaca el progreso en actividades como trazado y replanteo (91,39%) y relleno y compactado con maquinaria (30,53%).

El informe técnico incluye también procedimientos detallados para los ensayos de compactación, densidad del suelo y pruebas de hormigón, junto con una descripción exhaustiva de los materiales y equipos utilizados.

✓ Cumplimiento del cronograma

De acuerdo con la información presentada, el proyecto se encuentra avanzando de acuerdo con el cronograma establecido.

La información proporcionada en el informe se puede apreciar en el Anexo “C2”. La cual ayuda para una evaluación más completa del proyecto, analizar datos, ensayos de laboratorios y las actividades realizadas durante ese periodo.

### **3.5.1.3. Informe N°3**

El informe N°3 técnico correspondiente al mes de febrero presenta los siguientes puntos clave:

✓ Actividades Técnicas Realizadas:

- **Pruebas de Docilidad del Hormigón (Cono de Abrams):** Se realizaron pruebas de asentamiento de concreto fresco para determinar su docilidad, con el uso del Cono de Abrams (ASTM C 143 AASHTO T119).
- **Ensayo a Compresión de Hormigón:** Se aplicaron pruebas de compresión en sondas cilíndricas para verificar la resistencia del concreto, con una conservación bajo condiciones de humedad y temperatura controladas (ASTM C39).

✓ Avance en la Ejecución:

- Enlosetado: Se ejecutaron 1.535,94 m<sup>2</sup> de losetas hexagonales.
- Cama de Arena: Se colocaron 76,80 m<sup>3</sup> de cama de arena con un espesor de 0,05 metros.
- Cordones Cunetas: Excavación y encofrados de cordones-cunetas de 45 cm de altura y 40 cm de ancho.

✓ Avance Físico y Financiero:

En febrero y marzo, se reportó un avance físico del 29,48% con un monto ejecutado de Bs. 771.861,23, acumulando un avance físico total del 42.97% del proyecto.

✓ Actividades destacadas por su avance:

- Hormigón armado H21: Avance del 26,71%, alcanzando un volumen acumulado de 72,64 m<sup>3</sup>.
- Corte y nivelación de terreno: Avance del 89,56%, acumulando 1.380,06 m<sup>3</sup>.
- Provisión de losetas hexagonales: Avance del 47,88%, con un total de 2.095,94 m<sup>2</sup>.

✓ Cumplimiento del cronograma:

Las actividades programadas para el mes de febrero se han ejecutado en su mayoría, lo que indica un buen seguimiento del cronograma establecido.

En el Anexo “C3” se observa la información mencionada y el reporte fotográfico adjunto ilustran el progreso de la obra.

#### **3.5.1.4. Informe N°4**

El presente informe N°4 se detalla el avance de la obra correspondientes al mes de marzo. Se observa un progreso significativo en diversas actividades, destacando la culminación de varias tareas, así como un avance sustancial en la colocación de tuberías y losetas hexagonales.

✓ Actividades realizadas

Durante marzo de 2023, se realizaron los siguientes ensayos y actividades de obra:

- Ensayos de docilidad del hormigón mediante el Cono de Abrams (ASTM C143 AASHTO T119), para evaluar la trabajabilidad del hormigón fresco. Esto es esencial para asegurar la calidad del material durante la colocación y compactación sin
- Ensayo a Compresión de Hormigón: Se aplicaron pruebas de compresión en sondas cilíndricas para verificar la resistencia del concreto, con una conservación bajo condiciones de humedad y temperatura controladas (ASTM C39).

✓ Avance físico y financiero

En el periodo de marzo, el avance físico fue del 52,04%, con Bs. 1.362.448,78 ejecutados, alcanzando un acumulado del 95.02% de avance total del proyecto.

✓ Actividades destacadas:

- Provisión y tendido de tubería PEAD Ø=400mm - PN8: Completo al 100%.
- Trazado y replanteo: Avance del 100%, alcanzando los 5.722,61 m<sup>2</sup> contratados.
- Colocación de losetas hexagonales: Avance del 95%, con 4.542,65 m<sup>2</sup> instalados de un total de 4.788,04 m<sup>2</sup>.

A pesar de retrasos puntuales debidos a inundaciones en la zona baja de Cobija, el ritmo de ejecución ha sido eficiente, con avances notables en la instalación de tuberías, losetas y replanteo del terreno. Esto reflejo un buen manejo de recursos y planificación para mantener el cronograma a pesar de contingencias.

Proximidad a la finalización: Con un avance acumulado del 95.02%, el proyecto está próximo a concluir dentro de los plazos establecidos, cumpliendo con los estándares técnicos y financieros previstos.

El proyecto ha mantenido un progreso continuo con una ejecución de calidad, cumpliendo las metas establecidas en el cronograma a pesar de dificultades imprevistas, acercándose a su finalización.

Las imágenes del reporte fotográfico se encuentran en el Anexo “C4”, donde se evidencia de manera clara el avance físico de la obra.

### **3.5.1.5. Informe N°5**

El presente informe final consolida los avances del proyecto hasta el mes de abril y mayo de marcando la culminación exitosa de todas las actividades programadas.

#### ✓ Avances Destacados:

- Finalización total: Se ha alcanzado el 100% de avance físico en todas las partidas del proyecto, cumpliendo con los objetivos establecidos.
- Colocación de losetas: Se completó la instalación de las losetas hexagonales, conformando la superficie de rodamiento de la vía.
- Señalización vial: Se ejecutó la señalización horizontal y vertical, garantizando la seguridad de los usuarios de la vía.
- Acabados finales: Se realizaron los trabajos de sellado de juntas, pintura y acondicionamiento de las áreas verdes, otorgando un acabado estético al proyecto.

#### ✓ Avance Físico

El proyecto culminó con un avance físico total del 100%, cumpliendo con el cronograma establecido.

Control de calidad: Se mantuvo un riguroso control de calidad durante todas las etapas de la obra, asegurando la durabilidad y funcionalidad de la infraestructura.

El proyecto ha sido ejecutado con éxito, cumpliendo con los objetivos planteados. La culminación de la obra representa una mejora significativa en la infraestructura vial de la zona, beneficiando a los habitantes y contribuyendo al desarrollo local.

Este informe final N°5 proporciona una visión completa del proyecto que se puede observar en el Anexo “C5”, desde su inicio hasta su culminación exitosa. Los datos presentados permiten evaluar el cumplimiento de los objetivos, la calidad de los trabajos realizados y el impacto de la obra en la comunidad.

## **CAPITULO IV. REDISEÑO DE LA CARPETA ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO ARTICULADO DEL BARRIO LA CURZ CALLE CARMELITA PINTO**

### **4. ANALISIS DEL DISEÑO PRELIMINAR**

Para realizar el diseño de espesor de la carpeta estructural del pavimento articulado mediante el método de la PCA, se debe contar con ciertos parámetros de diseño, como ser; los datos de ensayo de suelos realizados en laboratorio y el estudio de tráfico.

Los datos del estudio de suelos y el estudio de tráfico utilizados por el proyectista para realizar el diseño de los espesores de la carpeta estructural del pavimento articulado serán comparados con los datos obtenidos en campo, durante la ejecución del proyecto.

#### **4.1. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO AASHTO – 93**

El método de la AASHTO 93, contempla la implementación de modelos matemáticos donde se involucran variables que condicionan el desarrollo de estos. Es el más usado y cuenta con dos técnicas de diseño para estructuras de pavimento: rígido y flexible. En el caso de pavimentos articulados, la AASHTO 93 recomienda usar en principio los mismos criterios de diseño utilizados para el diseño de pavimento flexible.

El método requiere información basada en las características y propiedades de los materiales que conforman los suelos de cada capa de la estructura, así como la composición vehicular que someterá la estructura de pavimento a las cargas variables de tránsito.

El diseño para el pavimento según la AASHTO está basado en la determinación del Número Estructural “SN” que debe soportar el nivel de carga exigido por el proyecto, en función al tránsito y la confiabilidad entre otros, para la determinación de este parámetro se utiliza

normalmente un ábaco en el cual se ingresa con el valor de la confiabilidad y conociendo los valores de los demás parámetros como son el tránsito, la desviación estándar, la confiabilidad y el índice de serviciabilidad, se obtiene el SN el cual es un valor fundamental para la determinación de los espesores finales de las diferentes capas que conforman la estructura de pavimento.

#### 4.1.1. Estudio de Tráfico

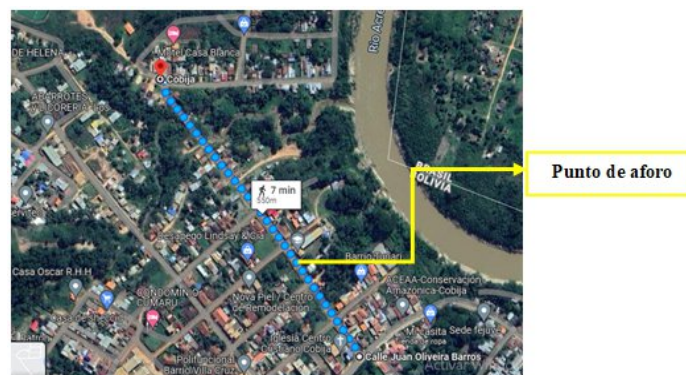
El estudio de tránsito es uno de los parámetros fundamentales para el diseño de pavimentos, ya que nos brindará la cantidad de vehículos que circulan por la vía en un intervalo de tiempo, por lo tanto, las cargas que soportara la vía. Dicho estudio se realiza con el propósito de obtener datos reales relacionados con el movimiento de vehículos, sobre puntos o secciones específicas dentro de un sistema vial de carreteras o calles.

Dichos datos se obtuvieron a través de conteos volumétricos, el estudio se realizó durante 1 semana, se cuantificó el 100% de los vehículos que circularon en ambas direcciones de la vía. Los aforos se realizaron durante las horas pico entre en los cuales se determinaron el tránsito promedio diario semanal, tipo de vehículos, número, tipo y peso de los ejes.

- ✓ Identificación del tramo

De acuerdo con el tipo de tráfico existente identificamos el punto de aforo.

**Figura 4.1** Tramo de estudio: Calle Carmela Pinto Barrio La Cruz







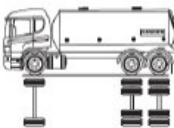
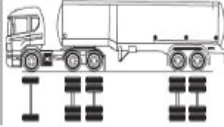

Fuente: Elaboración propia.

##### 4.1.1.1. Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)

El tránsito promedio diario anual, representa el promedio de los volúmenes diarios de tránsito durante un año en una sección dada de una vía.

Para calcular el Transito Promedio Diario Anual (TPDA), se necesita realizar un estudio de tráfico vehicular mediante aforos vehiculares, Los estudios sobre volúmenes de tránsito como él (TPDA) son realizados con el propósito de obtener información relacionada con el movimiento de vehículos sobre puntos o secciones específicas dentro del sistema vial.

**Figura 4.2 Configuración vehicular**

Nº	Tipo de Vehículo	Descripción	Figura
1	Motocicletas	Vehículo de 2 ruedas Peso: 200 – 250 kg (sin carga)	
2	Automóviles	Vehículo liviano de 4 ruedas Peso: hasta 2 toneladas (sin carga)	
3	Trufis, Camionetas y Otros	Vehículo semi liviano para el transporte de personas con una capacidad de carga determinada. Peso: hasta 4 toneladas	
4	1RS-1RD	Vehículo pesado de eje delantero simple (1RS) y 1 eje trasero doble (1RD). Peso: 1 Eje simple = 7 ton. 1 Eje Doble = 11 ton.	
5	1RS-2RD	Vehículo pesado de 1 eje delantero simple y 2 ejes traseros doble. Peso: 1 Eje simple = 7 ton. 2 Ejes Doble = 18 ton.	
6	1RS-2RD-2RD	Vehículo pesado de 1 eje delantero simple y 4 ejes traseros dobles. Peso: 1 Eje simple = 7 ton. 2 Ejes Doble = 18 ton. 2 Ejes Doble = 18 ton.	
7	1RS-2RD-3RD	Vehículo pesado de 1 eje delantero simple y 5 ejes traseros dobles. Peso: 1 Eje simple = 7 ton. 2 Ejes Doble = 18 ton. 3 Ejes Doble = 25 ton.	

Fuente: Manual para Diseños de Carreteras ABC.

#### 4.1.1.2. Periodos de aforo vehicular

El conteo se realizó a partir del lunes 14 de septiembre hasta el 20 de noviembre de 2022, en las horas de máximo tráfico vehicular, es decir; 3 periodos de 1 hora por día como se muestra en la tabla 3.1.

**Tabla 4.1** *Periodos de aforo vehicular*

DIA	Periodo 1 (hrs.)	Periodo 2 (hrs.)	Periodo 3 (hrs.)
Lunes	07:00 a 08:00	12:00 a 13:00	18:00 a 19:00
Martes	07:00 a 08:00	12:00 a 13:00	18:00 a 19:00
Miércoles	07:00 a 08:00	12:00 a 13:00	18:00 a 19:00
Jueves	07:00 a 08:00	12:00 a 13:00	18:00 a 19:00
Viernes	07:00 a 08:00	12:00 a 13:00	18:00 a 19:00
Sábado	07:00 a 08:00	12:00 a 13:00	18:00 a 19:00
Domingo	07:00 a 08:00	12:00 a 13:00	18:00 a 19:00

Fuente: Elaboración propia

✓ Resultado de conteo vehicular

El conteo vehicular se realizó de forma manual, mi persona ubicada en un punto para realizar el conteo, el registro vehicular que circula por la vía, los detalles del aforo vehicular se muestran en el (Anexo “E1”), para determinar el Transito Promedio Diario Anual se debe conocer el Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD).

✓ Volumen Horario Máxima Demanda (VHMD)

Es la selección del aforo en horas de máxima demanda (Horas Pico), es decir; el máximo registro en 1 hora para cada tipo de vehículo. El método descarta el tráfico ligero como ser las motocicletas, sin embargo, para efectos de este ejemplo se consideró en el diseño, aun sabiendo que su impacto es mínimo.

(VHMD) = Volumen Horario Máxima Demanda.

7 = Número total de días de conteo (1 semana)

$$\text{VHMD} = \frac{\sum \text{HMD}}{7} \quad \text{Ec.(1)}$$

**Tabla 4.2** *Resumen del aforo vehicular*

DIA	VEHÍCULOS LIVIANOS				VEHÍCULOS PESADOS				TOTAL/DIA MAS TRANSITADO
	Motos	Autos	Trufis	Camionetas	1RS- 1RD	1RS- 2RD	1RS- 2RD- 2RD	1RS- 2RD- 3RD	

Lunes	796	40	10	20	1	-	-	-	867
Martes	853	31	10	10	1	-	-	-	905
Miércoles	685	35	14	14	3	-	-	-	751
Jueves	748	50	12	13	2	-	-	-	825
Viernes	781	43	12	21	1	-	-	-	852
Sábado	358	20	5	9		-	-	-	392
Domingo	360	12	2	7		-	-	-	381
<b>TOTAL</b>	<b>4581</b>	<b>31</b>	<b>65</b>	<b>94</b>	<b>8</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>4973</b>
<b>VHMD</b>	<b>654.4</b>	<b>33</b>	<b>9.28</b>	<b>13.42</b>	<b>1.14</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>905</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.1.3. Transito Promedio Diario Anual (TPDA)

El tránsito promedio diario anual, representa el promedio de los volúmenes diarios de tránsito durante un año en una sección dada de una vía.

El criterio de expansión consiste en asignarle un porcentaje de expansión al Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD), registrada mediante el conteo vehicular, como se puede observar en la tabla 4.3, el porcentaje asignado varía de acuerdo con el horario, siendo el 100 % las horas de máxima demanda (horas pico).

**Tabla 4.3** *Criterio de expansión vehicular*

	<b>VHMD =</b>	<b>905</b>
0:00:00		
1:00:00	0,05	45.25
2:00:00	0,1	90.5
3:00:00	0,1	90.5
4:00:00	0,1	90.5
5:00:00	0,5	452.5
6:00:00	0,8	724
<b>7:00:00</b>	<b>1</b>	<b>905</b>
<b>8:00:00</b>	<b>1</b>	<b>905</b>
9:00:00	0,8	724
10:00:00	0,8	724

11:00:00	0,8	724
<b>12:00:00</b>	<b>1</b>	<b>905</b>
<b>13:00:00</b>	<b>1</b>	<b>905</b>
14:00:00	0,9	814.5
15:00:00	0,8	724
16:00:00	0,7	633.5
17:00:00	0,7	633.5
<b>18:00:00</b>	<b>1</b>	<b>905</b>
<b>19:00:00</b>	<b>1</b>	<b>905</b>
20:00:00	0,5	452.5
21:00:00	0,4	362
22:00:00	0,2	181
23:00:00	0,1	90.5
24:00:00	0,05	45.25
<b>VMD=</b>		<b>13032</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.4** *Transito promedio diario anual por tipo de vehículo*

<b>Tipo de vehículo</b>	<b>V.H.M.D.</b>	<b>% V.H.M.D.</b>	<b>T.P.D.A.</b>
Motocicletas	853	94,25%	12283,18
Automóviles	31	3,43%	446,35
Trufis, Camionetas y Otros	20	2,21%	287,88
1RS-2RS	1	0,11%	14,60
1RS-1RD	0	0%	0,00
1RS-2RD	0	0%	0,00
1RS-2RD-3RD	0	0%	0,00
<b>TOTAL (Veh.)</b>	<b>905</b>	<b>100%</b>	<b>13032</b>

Fuente: Elaboración propia

El transito promedio diario anual es entonces:

T.P.D.A. = **13032** Veh. /día

#### 4.1.2. PERIODO DE DISEÑO

Es el tiempo total para el cual se diseña el pavimento en función de la proyección del tránsito y el tiempo que se considera apropiado para que las condiciones del entorno comiencen a alterar, el funcionamiento del pavimento. El período de diseño recomendado para esta vía en estudio, clasificado como colectoras es de 10 a 20 años es el comúnmente empleado en el procedimiento de diseño de pavimentos.

**Tabla 4.5** *Periodo de Diseño (N)*

TIPO DE CARRETERA	PERIODO DE DISEÑO (años)
Autopista Regional	20 - 40
Troncales Sub-Urbanas	15 - 30
Troncales Rurales	
Colectoras Sub-Urbanas	<b>10 - 20</b>
Colectoras Rurales	

Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”.

Para efecto de diseño el período a utilizar en el presente proyecto es de **N=20** años.

##### 4.1.2.1. Factor equivalente de Carga (LEF)

Siguiendo el concepto de la AASHTO, el LEF (Load Equivalent Factor), es aquel que expresa la relación entre la pérdida de serviciabilidad del pavimento causada por el eje estándar de 80 KN (18 kips) y la pérdida de serviciabilidad equivalente producida por una determinada carga ‘X’ de un mismo tipo de eje. Este factor permite determinar los ESAL’s (Equivalent Single Axle Load-Ejes equivalentes de carga) por tipo de eje, aplicando los factores equivalentes de carga, según el método de la AASHTO, para determinar los valores de los factores equivalentes de carga se requiere asumir el Numero Estructural (SN).

Habiendo asumido el valor del número estructural (SN = 5), se tiene los valores de los factores equivalentes de carga para cada tipo de vehículo según el número de ejes, los cuales se muestran en la tabla 4.6.

**Tabla 4.6 Factores equivalentes de carga**

Tipo de Vehículo	N° de Ejes	Tipo Peso por Eje			LEF
		Eje Simple	Eje Tándem	Eje Tridem	
Motocicletas	2	1			0.0001
Automóviles	2	4			0.0002
Trufís, Camionetas y otros	2	7			0.0105
1RS-2RS	2	15			0.471
			22		0.134
1RS-1RD	2	15			0.471
		24			3.40
1RS-2RD	2	15			0.471
			40		2.16
1RS-2RD-3RD	3	15			0.471
			40		2.16
				55	1.8

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 4.3 Tabla de Factores equivalentes de carga, Ejes Simples, Pt = 2.0**

Carga /eje		SN pulg (mm)					
(kips)	(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	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002
4	17.8	.002	.003	.002	.002	.002	.002
6	26.7	.009	.012	.011	.010	.009	.009
8	35.6	.030	.035	.036	.033	.031	.029
10	44.5	.075	.085	.090	.085	.079	.076
12	53.4	.165	.177	.189	.183	.174	.168
14	62.3	.325	.338	.354	.350	.338	.331
16	71.2	.589	.598	.613	.612	.603	.596
18	80.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	89.0	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
22	97.9	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
24	106.8	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
26	115.7	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
28	124.6	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
30	133.5	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7	9.2
32	142.4	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1
34	151.3	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9	15.6
36	160.0	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0	19.9
38	169.1	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0	25.1
40	178.0	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0	31.2
42	186.9	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2	38.5
44	195.8	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7	47.1
46	204.7	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7	57.0
48	213.6	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3	68.6
50	222.5	113	108	97	86	81	82

Fuente: Manual AASHTO-93 Design Requirement.

Figura 4.4 Tabla de Factores equivalentes de carga, Ejes Tandem,  $P_t = 2.0$

Carga p/eje		SN pulg (mm)					
(kips)	(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	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
4	17.8	.0003	.0003	.0003	.0002	.0002	.0002
6	26.7	.001	.001	.001	.001	.001	.001
8	35.6	.003	.003	.003	.003	.003	.002
10	44.5	.007	.008	.008	.007	.006	.006
12	53.4	.013	.016	.016	.014	.013	.012
14	62.3	.024	.029	.029	.026	.024	.023
16	71.2	.041	.048	.050	.046	.042	.040
18	80.0	.066	.077	.081	.075	.069	.066
20	89.0	.103	.117	.124	.117	.109	.105
22	97.9	.156	.171	.183	.174	.164	.158
24	106.8	.227	.244	.260	.252	.239	.231
26	115.7	.322	.340	.360	.353	.338	.329
28	124.6	.447	.465	.487	.481	.466	.455
30	133.5	.607	.623	.646	.643	.627	.617
32	142.4	.810	.823	.843	.842	.829	.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

Fuente: Manual AASHTO-93 Design Requirement

**Figura 4.5** Tabla de Factores equivalentes de carga, Ejes Tridem,  $Pt = 2.0$

Carga p/eje		SN pulg (mm)					
(kips)	(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	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
4	17.8	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001
6	26.7	.0004	.0004	.0003	.0003	.0003	.0003
8	35.6	.0009	.0010	.0009	.0008	.0007	.0007
10	44.5	.002	.002	.002	.002	.002	.001
12	53.4	.004	.004	.004	.003	.003	.003
14	62.3	.006	.007	.007	.006	.006	.005
16	71.2	.010	.012	.012	.010	.009	.009
18	80.0	.016	.019	.019	.017	.015	.015
20	89.0	.024	.029	.029	.026	.024	.023
22	97.9	.034	.042	.042	.038	.035	.034
24	106.8	.049	.058	.060	.055	.051	.048
26	115.7	.068	.080	.083	.077	.071	.068
28	124.6	.093	.107	.113	.105	.098	.094
30	133.5	.125	.140	.149	.140	.131	.126
32	142.4	.164	.182	.194	.184	.173	.167
34	151.3	.213	.233	.248	.238	.225	.217
36	160.0	.273	.294	.313	.303	.288	.279
38	169.1	.346	.368	.390	.381	.364	.353
40	178.0	.434	.456	.481	.473	.454	.443
42	186.9	.538	.560	.587	.580	.561	.548
44	195.8	.662	.682	.710	.705	.686	.673
46	204.7	.807	.825	.852	.849	.831	.818
48	213.6	.976	.992	1.015	1.014	.999	.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

Fuente: Manual AASHTO-93 Design Requirement.

#### 4.1.2.2. Eje Equivalente de Carga (ESAL'S)

Se define como ESAL's de diseño a la transformación de ejes de un tránsito mixto que circula por una vía a ejes equivalentes de 8.2 toneladas, 18 kips o 18,000 libras, en el carril de diseño durante la vida útil del pavimento.

Mediante el producto del factor de equivalencia de carga (LEF) tabla (4.6) y los valores del tránsito promedio diario anual (TPDA) acumulados durante el periodo de diseño, se obtiene el valor del eje equivalente de carga (ESAL's), la cual se muestra en la tabla (4.7) para cada tipo de vehículo considerados en el diseño.

**Tabla 4.7 Eje Equivalente de carga (ESAL's)**

TIPO DE VEHÍCULO	TPDA	LEF	ESAL
Motocicletas	12283,18	0,0001	1,228
Automóviles	446,35	0,0002	0,089
Trufis, Camionetas y Otros	287,88	0,0105	3,023
1RS-2RS	14,6	0,471	6,877
		0,134	1,956
1RS-1RD	0	-	-
1RS-2RD	0	-	-
1RS-2RD-3RD	0	-	-
<b>Total de diseño ESAL's</b>			<b>13,173</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.2.3. Factor Camión

El LEF da una manera de expresar los niveles equivalentes de daño entre ejes, pero también es conveniente expresar el daño en términos del deterioro producido por un vehículo en particular, es decir los daños producidos por cada eje de un vehículo son sumados para dar el daño producido por ese vehículo. Así nace el concepto de factor de camión que es definido como el número de ESAL's por vehículo. Este factor de camión puede ser computado para cada clasificación general de camiones o para todos los vehículos comerciales como un promedio para una dada configuración de tránsito. Es más exacto considerar factores de camión para cada clasificación general de camiones.

De este concepto nace el de Factor de Camión, la cual se define como el número de ESAL's entre el número de camiones ver Ec. (2), el número de camiones corresponde al tránsito promedio diario anual (TPDA) por cada tipo de vehículo.

$$\text{Factor Camion} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de ESAL's}}{\text{N}^\circ \text{ de Camiones}} \quad \text{Ec. (2)}$$

Este factor puede ser calculado para todos los vehículos como un promedio de una determinada configuración de tráfico o para cada tipo de camiones o vehículos como se muestra en la tabla siguiente.

**Tabla 4.8 Factor camión**

TIPO DE VEHÍCULO	TPDA	ESAL	Factor Camión
Motocicletas	12283,18	1,228	0,0001
Automóviles	446,35	0,089	0,0002
Trufis, Camionetas y Otros	287,88	3,023	0,0105
		6,877	
1RS-2RS	14,6	1,956	0,6049
1RS-1RD	0	-	-
1RS-2RD	0	-	-
1RS-2RD-3RD	0	-	-

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.2.4. Factor Crecimiento

El factor de crecimiento depende del número de años al que se proyectará el tránsito, la tasa del incremento anual vehicular; además refleja la medida en que aumentará el flujo de vehículos en el período de diseño, se utilizó el factor expresado en la siguiente ecuación:

$$FC = \frac{(1+i)^n - 1}{i} \quad \text{Ec. (3)}$$

Dónde:

FC = Factor de Crecimiento Anual

n = Vida Útil en años

i = Tasa de crecimiento anual en %

**Figura 4.6** *Tabla de Factor de Crecimiento*

Periodo de diseño, años (n)	Tasa de crecimiento anual, gen porcentaje							
	Sin Crecimiento	2	4	5	6	7	8	10
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	2.0	2.02	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.0	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.0	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.0	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.0	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.0	7.43	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.0	8.58	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.0	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.0	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.0	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.0	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.0	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.0	15.97	18.29	19.18	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.0	17.29	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.0	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.0	20.01	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.0	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.0	22.84	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.0	24.30	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28
25	25.0	32.03	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11	98.35
30	30.0	40.57	56.08	66.44	79.06	94.46	113.28	164.49
35	35.0	49.99	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02

Fuente: AASHTO, Guide for Desing of Pavement Structures 1993.

Para determinar la tasa de crecimiento anual se tomó los valores de la tabla de figura 4.6 de “factores de crecimiento” que dependen del periodo de diseño, de acuerdo con la demanda que presenta cada tipo de vehículo, como los que se muestran en la tabla (4.8).

**Tabla 4.8** Factor de Crecimiento

TIPO DE VEHÍCULO	%Tasa de Crecimiento	Factor Crecimiento
Motocicletas	7%	41.00
Automóviles	6%	36.79
Trufis, Camionetas y Otros	5%	33.06
1RS-2RS	2%	24.30
1RS-1RD	2%	24.30
1RS-2RD	-	-
1RS-2RD-3RD	-	-

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.2.5. Tránsito de Diseño ESAL's (TD)

Tránsito de diseño es el valor que representa la cantidad total de vehículos que transitará por la vía durante el periodo de diseño, este valor se obtiene mediante el producto del Tránsito Promedio Diario Anual con los valores del factor de Crecimiento obtenidos en la tabla 4.8 por 365 días del año, tal como se expresa en la Ec. (4).

$$TD = TPDA * FC * 365 \quad \text{Ec. (4)}$$

**Tabla 4.9** *Tránsito de Diseño*

TIPO DE VEHÍCULO	TPDA	Factor de Crecimiento	Tránsito de Diseño
Motocicletas	12283,18	41	183817788,7
Automóviles	446,35	36,79	5993744,023
Trufis, Camionetas y Otros	287,88	33,06	3473819,172
1RS-2RS	14,6	24,3	129494,7
1RS-1RD	-	-	-
1RS-2RD	-	-	-
1RS-2RD-3RD	0.00	-	-

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.2.6. Factor Direccional (FD)

El factor direccional es el factor del total del flujo vehicular registrado mediante el aforo vehicular, generalmente su valor es de 0.5, ya que la mitad de los vehículos va en una dirección y la otra mitad va en otra dirección. La guía para el diseño de estructuras de pavimento AASHTO presenta los valores del factor de distribución por dirección las cuales dependen del número de carriles que presenta la vía (ver tabla 4.10).

**Tabla 4.10** *Factor por Distribución por Dirección*

Número de Carriles en Ambas Direcciones	FD %
2	50
4	45
6 o más	40

Fuente: Guía para el diseño de pavimento, AASHTO, 1993.

Considerando la condición ideal para vías de dos carriles en ambas direcciones para el tramo en estudio; asignamos el valor de:

$$FD = 0.50$$

#### 4.1.2.7. Factor de Distribución por Carril.

Este factor se define por el carril de diseño aquel que recibe el mayor número de ESAL'S. Para un camino de dos carriles, cualquiera de los dos puede ser el carril de diseño, ya que el tránsito por dirección forzosamente se canaliza por ese carril. La AASHTO recomienda los siguientes porcentajes en función de números de carriles por cada dirección expuesto en la (tabla 4.11).

**Tabla 4.11** *Factor de Distribución por Carril*

Número de Carriles en Una Dirección	FDc
1	1.00
2	0.80 – 1.00
3	0.60 – 0.80
>4	0.50 -0.75

Fuente: Guía para el diseño de pavimento, AASHTO, 1993.

La vía posee dos carriles y cada carril con un sentido direccional por lo que el factor de distribución por carril es:

$$FDc = 1.0$$

Numero de Ejes Equivalentes (ESAL's)

El número de ejes equivalentes (ESAL's) es el número obtenido que representa al total de ejes equivalentes de todos los carriles y ambas direcciones de viaje, por lo que se debe distribuir por dirección y por carril (FD, FDc).

La ecuación para determinar el número de ejes equivalentes es la siguiente:

$$W_{18} = \sum_{i=1}^m [(TD * \text{Factor Camión}) * FD * FDc] \quad \text{Ec. (5)}$$

**Tabla 4.12** *Número de ESAL's*

TIPO DE VEHÍCULO	Factor Camión	Tránsito de Diseño	Nº de ESAL's
Motocicletas	0,0001	183817788,7	18381,78
Automóviles	0,0002	5993744,023	1198,75
Trufís, Camionetas y Otros	0,0105	3473819,172	36475,10
1RS-2RS	0,6049	129494,7	78331,34
1RS-1RD	-	-	-
1RS-2RD	-	-	-
1RS-2RD-3RD	-	-	-
<b><math>\Sigma</math>Nº de ESAL's</b>			<b>134386,97</b>
Distribución Direccional			0,5
Distribución por Carril			1
<b>ESAL's de Diseño (W18)</b>			<b>67193,49</b>

Fuente: Elaboración propia.

*El* ESAL's de diseño es:

ESAL's = **67193.49** ejes equivalentes de 18 kips en el carril de diseño.

✓ Los criterios que considera el método para el cálculo de espesores de capa son:

- Determinar el número de Ejes Equivalentes (ESAL'S)

Obtener las Variables de diseño:

- Factores Equivalente de Carga.
- Peso por ejes.
- Confiabilidad deseada
- Desviación Estándar
- Serviciabilidad.
- Módulo de Resiliencia.

Establecer las Propiedades de los materiales de cada capa, representada por los coeficientes estructurales.

Calcular los espesores del pavimento considerando el esfuerzo a la compresión de cada capa.

## 4.2. Variables a considerar en el Método de diseño AASHTO 93.

Para el diseño de la estructura de pavimento articulado se deben de tomar en cuenta los siguientes parámetros:

### 4.2.1. Confiabilidad (R)

El nivel de confianza es uno de los parámetros importantes introducidos por la AASHTO al diseño de pavimentos, porque establece un criterio que está relacionado con el desempeño del pavimento frente a las sollicitaciones exteriores. La confiabilidad se define como la probabilidad de que el pavimento diseñado se comporte de manera satisfactoria durante toda su vida de proyecto, bajo las sollicitaciones de carga e intemperismo, o la probabilidad de que los problemas de deformación y fallas estén por debajo de los niveles permisibles. Para elegir el valor de este parámetro se considera la importancia del camino, la confiabilidad de la resistencia de cada una de las capas y el tránsito de diseño pronosticado, (Hudiel, 2012).

La guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASHTO recomienda distintos niveles de confiabilidad en base a la clasificación funcional de las vías tal como se muestra en la tabla (4.13).

**Tabla 4.13** Niveles de confiabilidad recomendado por la AASHTO

Clasificación Funcional	Urbana	Rural
Interestatal y otras autopistas	85.0 – 99.9	80.0 – 99.9
Arterias principales	80.0 – 99.0	75.0 – 95.0
Colectores	<b>80.0 – 95.0</b>	75.0 – 95.0
Rutas locales	50.0 – 80.0	50.0– 80.0

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASHTO, 1993.

De acuerdo a la clasificación que se muestra en la tabla la vía de estudio pertenece a una red colectora – urbana, como el tránsito que circula en está es liviano, se asume un valor de confiabilidad (R) de 90% ya que es un promedio que corresponde a un valor recomendado.

#### 4.2.2. Desviación Estándar

Esta variable define que para un conjunto de variables (espesor de las capas, características de los materiales, condiciones de drenaje, etc.) que intervienen en un pavimento, el tránsito que pueda soportar el mismo a lo largo de un periodo de diseño sigue una ley de distribución normal. Y por medio de la tabla 4.14, con dicha distribución se obtiene el valor de  $Z_r$  en función de un nivel de confiabilidad  $R$ .

**Tabla 4.14** *Valores de  $Z_R$ , en función de la confiabilidad  $R$*

Confiabilidad $R$ (%)	Desviación normal estándar ( $Z_r$ )
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
<b>90</b>	<b>-1.282</b>
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

Fuente: Guía para el Diseño de Pavimentos, AASHTO, 1993.

Para el cálculo del diseño, se tomó una confiabilidad del 90% y una desviación estándar correspondiente de  $Z_r = -1.282$ , debido a la categoría de la vía que en este proyecto se asumió como colectora.

### 4.2.3. Índice de Serviciabilidad

Es el valor que indica el grado de confort (comodidad), que tiene la superficie del pavimento para el desplazamiento natural y normal de un vehículo, en otras palabras, un pavimento en perfecto estado se le asigna un valor de serviciabilidad inicial que depende del diseño del pavimento y de la calidad de la construcción y un pavimento en franco deterioro o con un índice de serviciabilidad final que depende de la categoría del camino, según el método de diseño AASHTO estos valores son los siguientes:

#### 4.2.3.1. Serviciabilidad inicial

$P_o = 4.5$  para pavimentos rígidos

$P_o = 4.2$  para pavimentos flexibles

#### 4.2.3.2. Serviciabilidad final

$P_t = 2.5$  o más para caminos principales

$P_t = 2.2$  para caminos de tránsito menor

✓ Los valores adoptados correspondientes al tipo y la categoría de la vía son:

Índice de serviciabilidad inicial                       **$P_o = 4.2$**

Índice de serviciabilidad final                       **$P_t = 2.0$**

La diferencia entre el índice de serviciabilidad inicial y el índice de serviciabilidad final se define como la pérdida de serviciabilidad:

$$\Delta PSI = P_o - P_t \quad \text{Ec. (6)}$$

Reemplazando los valores en la ecuación, la pérdida de serviciabilidad es:

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.0$$

$$\Delta PSI = 2.2$$

### 4.2.4. Error Standard $S_o$

La desviación estándar considera la variabilidad asociada a cada uno de los parámetros involucrados en el diseño, como la predicción del tránsito y el comportamiento del pavimento.

La guía de la AASHTO - 1993 recomienda adoptar valores de  $S_o$  comprendidos dentro de los siguientes intervalos:

**Tabla 4.15** *Desviación estándar para pavimentos rígidos y flexibles.*

DESVIACION ESTANDAR COMBINADO ( $S_o$ )		
Condición	Pavimento Rígido	Pavimento Articulado
<b>En Construcción Nueva</b>	0.35	<b>0.45</b>
En sobre Capas	0.39	0.49

Fuente: Manual AASHTO-93 Design Requirements.

Se utilizará un valor de desviación estándar de  $S_o = 0.45$  para este diseño.

#### 4.2.5. Capacidad Portante (C.B.R.)

La capacidad portante de los materiales, esta expresado en el ensayo de CBR (California Bearing Ratio) según la AASHTO T-93, que en las obras viales es la más utilizada y económica de realizar, en este sentido se optó por un CBR de diseño.

**Tabla 4.16** *Estadígrafo Percentil*

Ejes Equivalentes de Carga - ESAL's	Porcentaje a Seleccionar
< 10.000	60
10.000 – 1.000.000	75
> 1.000.000	<b>87.5</b>

Fuente: Guía para el Diseño de Pavimentos, AASHTO, 1993.

#### ✓ Capacidad Portante (C.B.R.)

En el diseño del presente proyecto el CBR de diseño se tomó el valor correspondiente al grado de compactación del 95% de la densidad máxima (AASHTO-T-180), porcentaje que es estandarizado en obras viales.

De acuerdo con los datos obtenidos en laboratorio, el valor del CBR de diseño a 87.5 percentil es igual a:

$$CBR_{20.40\%} = \text{subrasante}$$

$$CBR_{49.80\%} = \text{subbase}$$

$$CBR = 60.43\% \text{ base}$$

#### 4.2.6. Modulo Resiliente (MR)

Es la propiedad utilizada para caracterizar el suelo de la fundación del camino y otras capas, está en función de la subrasante para cuantificar la capacidad de soporte del pavimento, en este caso articulado. Se han establecido correlaciones para calcularlo a partir de otros ensayos, como el CBR, la guía de diseño de la AASHTO, establece las siguientes correlaciones para encontrar el Módulo Resiliente de la sub rasante.

**Tabla 4.17** *Correlación entre el CBR y Módulo Resiliente para Subrasante.*

Valor de CBR	Consideración
CBR < 10%	$Mr = 1500 * CBR$
CBR > 10%	$Mr = 4326 * \ln(CBR) + 241$

Fuente: Libro de diseño de pavimentos AASHTO 93.

En este caso como se obtuvo un CBR de diseño para la subrasante de 20,40 % utilizaremos el criterio correspondiente para calcular el Módulo Resiliente de la subrasante.

- ✓ Las ecuaciones de correlación recomendadas son las siguientes:

Para materiales de subrasante con CBR igual o menor a < 10 %

$$Mr = 1500 * CBR \quad \text{Ec. (7)}$$

Cálculo para determinar el módulo de resiliencia, para CBR de la subrasante 20.40 %

$$Mr = 4326 \times \ln(CBR) + 241$$

$$Mr = 4326 \times \ln(20.40\%) + 241$$

$$Mr = 13286.20 \text{ PSI}$$

Cálculo para determinar el módulo de resiliencia, para CBR de la subbase 49.80 %

$$Mr = 4326 \times \ln(CBR) + 241$$

$$Mr = 4326 \times \ln(49.80\%) + 241$$

$$Mr = 17147.07 \text{ PSI}$$

Cálculo para determinar el módulo de resiliencia, para CBR de la base 60.43 %

$$Mr = 4326 \times \ln(\text{CBR}) + 241$$

$$Mr = 4326 \times \ln(60.43\%) + 241$$

$$Mr = 17,984.03 \text{ PSI}$$

#### 4.2.7. Coeficiente de drenaje

El drenaje de agua en los pavimentos debe ser considerado como parte importante en el diseño de carreteras. A pesar de la importancia que se concede al drenaje en el diseño de carreteras, los métodos corrientes de dimensionamiento de pavimentos incluyen con frecuencia capas de base de baja permeabilidad y consecuentemente de difícil drenaje.

“Los coeficientes de drenaje sólo son aplicables a las capas base y sub-base no tratadas. El posible efecto del drenaje en la superficie de una pista de concreto y en cualquier otra capa estabilizada no se considera, es decir que se adopta un valor  $m = 1$  (AASHTO,1993).

Aplicando el concepto de la AASHTO para la determinación del coeficiente de drenaje, según la tabla (4.18) correspondiente al porcentaje de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación para una calidad de drenaje buena.

**Tabla 4.18** *Coeficiente de drenaje*

Calidad de Drenaje	% de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	<1%	1 - 5%	5 - 25%	> 25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.10	<b>1.00</b>
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy Pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASHTO, 1993.

El valor por utilizar en este diseño fue del  $m = 1$

#### 4.2.8. Coeficientes de las capas estructurales

Además del coeficiente de drenaje, existen otros factores estructurales que involucran las características y propiedades de los diferentes materiales que formarán parte del paquete estructural. El método asigna a cada capa del pavimento un coeficiente ( $a$ ), los cuales son requeridos para el diseño estructural normal del pavimento flexible. Estos coeficientes permiten convertir los espesores reales a números estructurales (SN), siendo cada coeficiente una medida de la capacidad relativa de cada material para funcionar como parte de la estructura de pavimento. Estos, se representan con la siguiente simbología:

$a_1$ : Para la capa de rodamiento

$a_2$ : Para la base estabilización con cemento

##### 4.2.8.1. Coeficiente estructural de la carpeta de rodamiento (adoquín de concreto) $a_1$ .

El espesor de la loseta es estándar de 10 cm (4 pulgadas), tal como indica el método AASHTO ilustrado en el manual centroamericano (p.107), por tanto, el número estructural de la capa de rodadura (SN1), ya está dado por:

$$a_1 = 0.45.$$

$$D1 = 4 \text{ pulg}$$

Para determinar el coeficiente estructural D1 se tiene la ecuación (9).

$$SN1 = D1 * a_1 \quad \text{Ec. (9)}$$

Reemplazando los valores en ecuación:

$$SN1 = 4 * 0.45$$

$$SN1 = 1.8 \quad SN1 = \text{SN real}$$

##### 4.2.8.2. Coeficiente estructural para la base granular $a_2$ .

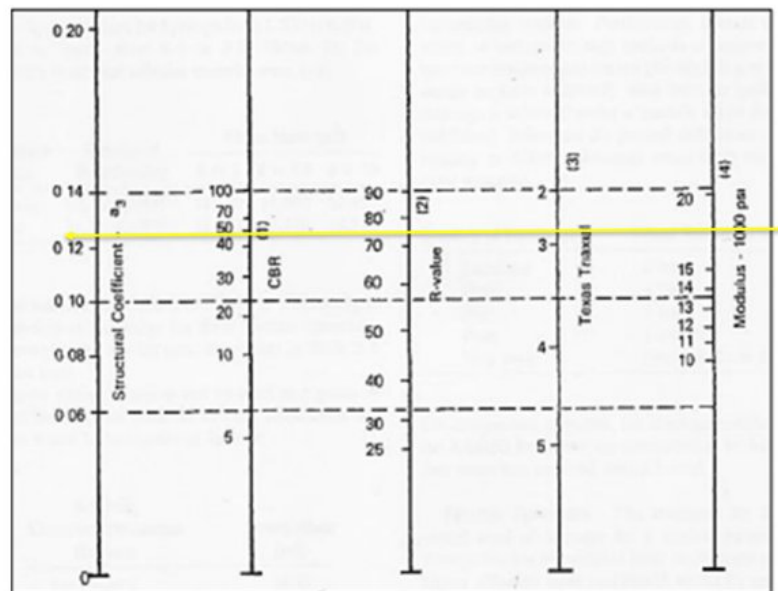
El valor del coeficiente estructural de capa de base granular ( $a_2$ ) se determina con el uso del nomograma de la guía, tomando como parámetro de entrada el valor del CBR del material

a emplearse como base granular correspondiendo al 20.40%, luego se traza una línea horizontal hasta interceptar en la línea vertical derecha con el valor de:

$$a_2 = 0.125$$

Para el cálculo de SN2 (SNREQUERIDO) utilizamos el Ábaco establecido por la Guía de diseño de estructura de pavimento (AASHTO 2004). Obteniendo un resultado de  $SN2 = 2.4$

**Figura 4.7** Relación entre el coeficiente estructural para base granular ( $a_2$ ) y distintos parámetros resistentes.



Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93.

**Figura 4.8** Coeficientes de capas y Modulo de Resiliencia para la Base granular con respecto al grafico (4.10).

CBR (Base)	Mr (Base)	a2
100	30000	0,138
70	27500	0,129
60	26250	0,125
50	24170	0,116
40	22083	0,107
30	19583	0,095
20	15000	0,07

INTERPOLAR

CBR (Base)	Mr (Base)	a2
60,43	26303,75	0,125

Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 4.9** *Coefficientes de capas y Modulo de Resiliencia para la Base granular con respecto al gráfico (4.10).*

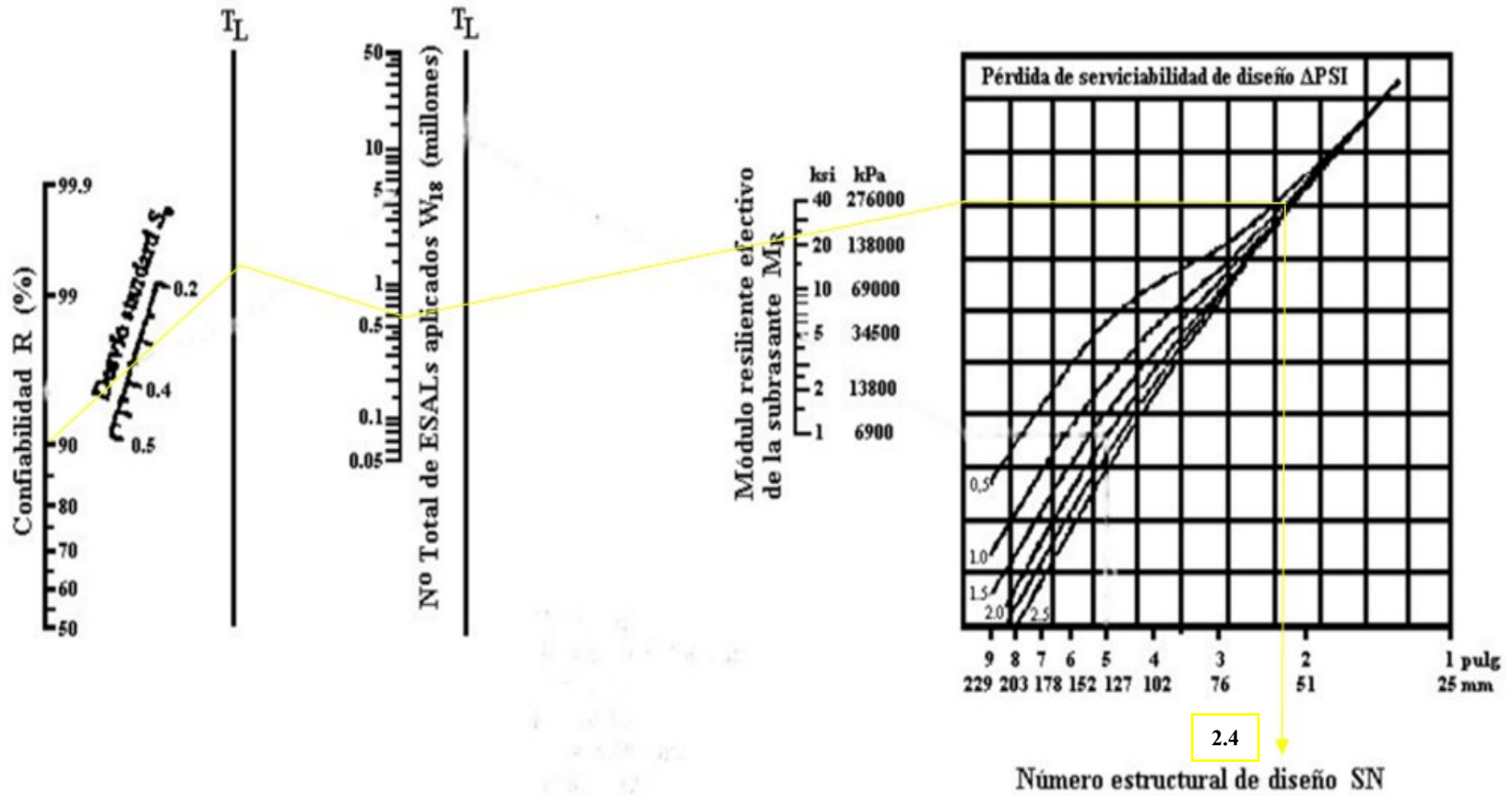
<b>CBR (Subbase)</b>	<b>Mr (Subbase)</b>	<b>a3</b>
100	20500	0,140
70	18750	0,130
50	17812,5	0,125
40	16875	0,120
30	15000	0,109
20	13000	0,094
10	10750	0,080
5	6000	0,050

INTERPOLAR

<b>CBR (Subbase)</b>	<b>Mr (Subbase)</b>	<b>a3</b>
49,80	17793,75	0,130

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 4.10 Nomograma para el diseño del número Estructural Requerido



Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASHTO, 1993.

✓ Espesor base granular

Determinar el coeficiente estructural  $D_2$  se tiene la siguiente ecuación:

$$D_2 = \frac{SN_2 - SN_1}{a_2 * m_2} \quad \text{Ec. (10)}$$

Reemplazar valores de la Ecuación (10):

$$D_2 = \frac{2.4 - 1.8}{0.125 * 1}$$

$$D_2 = 4.8 \text{ pulg}$$

El cálculo de espesor de la base granular da como resultado 4.8 pulgadas por lo que se propone un espesor:  $D_2 = 4$  pulgadas (10 cm), el cual cumple con el mínimo requerido por la AASTHO.

Se corrige el  $SN_2$

$$SN_2 = a_2 * D_2 * m_2 \quad \text{Ec. (11)}$$

$$SN_2 = 0.125 * 4 * 1$$

$$SN_2 = 0.55$$

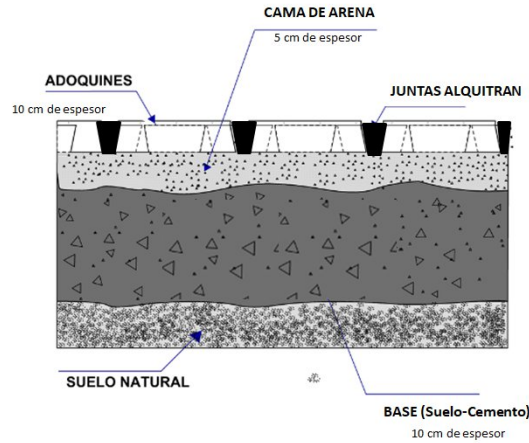
Como verificación:

$$SN_2 + SN_1 \geq SN \quad \text{Ec. (12)}$$

$$1.8 + 0.55 \geq 2.4$$

$$2.4 \geq 2.4 \text{ Cumple}$$

**Figura 4.11** *Espesores Finales*



Fuente: Enlosetado Articulado Protecbol.

12 cm de espesor

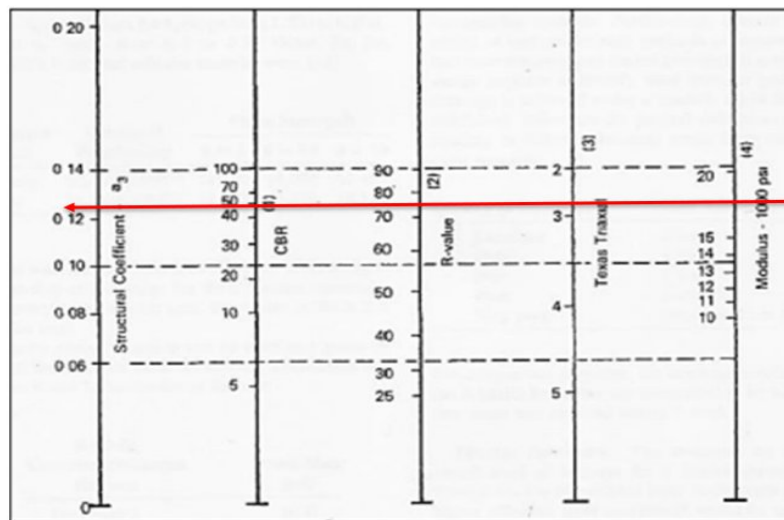
**4.2.8.3. Coeficiente estructural para la Sub-base granular  $a_3$ .**

Para obtener el coeficiente estructural se determina a partir del Módulo Resiliente el cual se obtiene del nomograma para sub-base granulares de la AASHTO (Ver Anexo G.5)

Dónde:

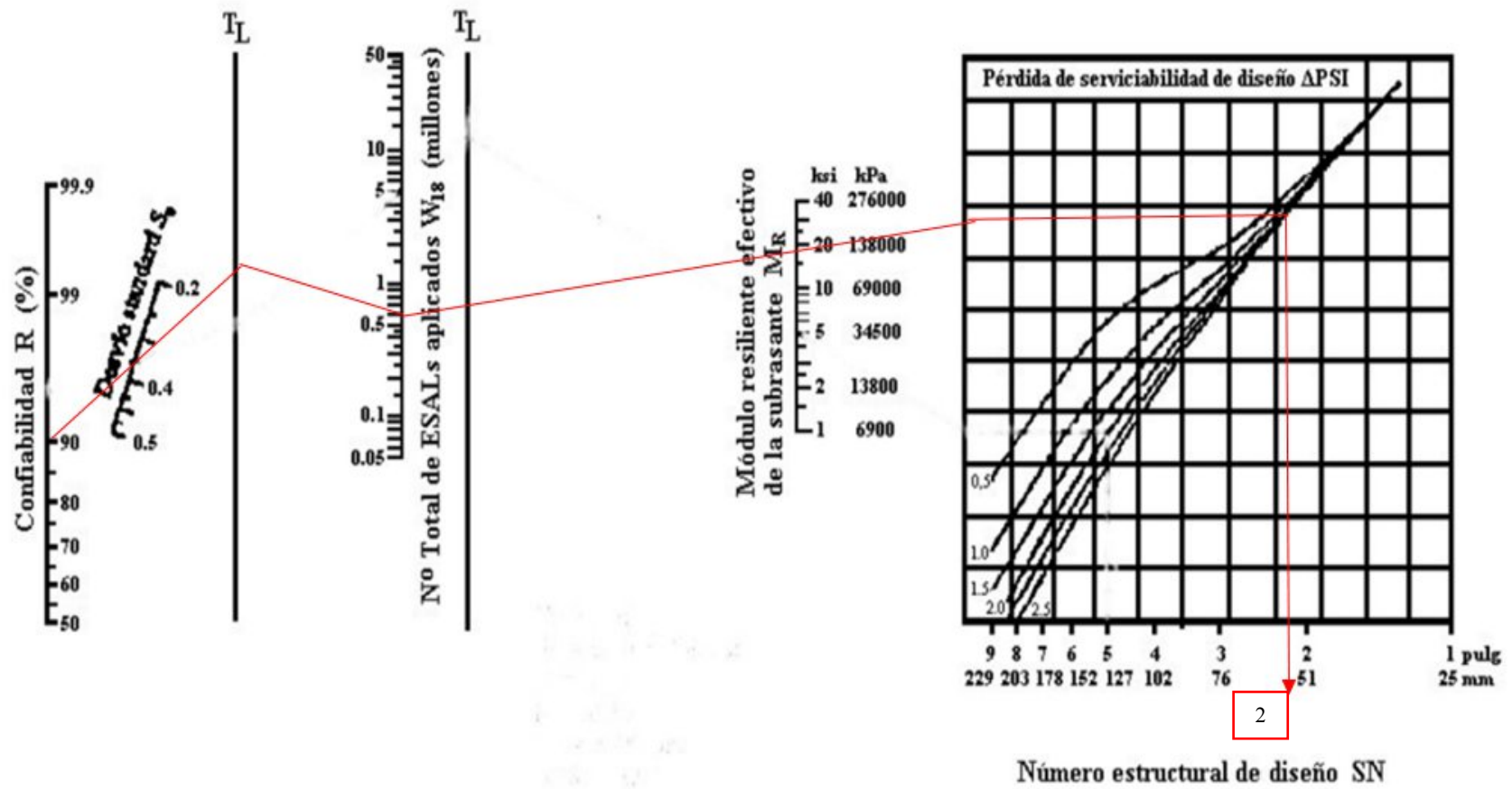
$$a_3 = 0.13$$

**Figura 4.12** *Relación entre el coeficiente estructural para base granular ( $a_3$ ) y distintos parámetros resistentes.*



Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93

Figura 4.13 Nomograma para el diseño del número Estructural Requerido



Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASHTO, 1993.

Para determinar el coeficiente estructural D3 se tiene la siguiente ecuación:

$$D_3 = \frac{SN_3 - (SN_1 - SN_2)}{a_3 * m_3} \quad \text{Ec. (13)}$$

Reemplazando Valores:

$$D_3 = \frac{2 - (1.8 - 2.4)}{0.13 * 1}$$

$$D_3 = 10 \text{ pulg}$$

Entonces SN real:

$$SN_3 = a_3 * D_3 * m_3 \quad \text{Ec. (14)}$$

$$SN_3 = 0.13 * 10 * 10$$

$$SN_3 = 0.13 * 10 * 1$$

$$SN_3 = 1.3$$

Verificación:

Como verificación la sumatoria de los números estructurales reales (SN1+SN2+SN3), debe ser Mayor o igual al número estructural requerido, es decir:

$$SN_3 + SN_2 + SN_1 \geq SN \text{ Req.} \quad \text{Ec. (15)}$$

$$2.4 + 2 + 1.8 \geq 1.3$$

$$4.40 \geq 1.3$$

**SN requerido cumple**

## CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5. CONCLUSIONES

Durante la ejecución del proyecto "Mejoramiento Vial con Pavimento Articulado en Calle Carmela Pinto, Barrio La Cruz (Cobija)", se realizó control, seguimiento y revisión exhaustiva de toda la documentación relevante, verificando lo siguiente:

La revisión exhaustiva de la documentación del proyecto ha permitido un adecuado control y seguimiento de la ejecución, garantizando el cumplimiento de los estándares de calidad, los requerimientos iniciales y las modificaciones aprobadas que surgieron a lo largo de la ejecución de la obra, facilitando así que esta logre ejecutarse debidamente.

Durante la ejecución del proyecto, se estableció un sistema de gestión del proyecto que incluyó un riguroso control de calidad y seguimiento del avance físico. Este sistema se materializó en las siguientes actividades:

Monitoreo continuo del progreso de la obra: Mediante la generación de informes detallados y la actualización periódica del cronograma de actividades, se garantizó un alineamiento constante entre lo planificado y lo ejecutado. Dos órdenes de cambio respaldaron las actualizaciones del cronograma ante imprevistos.

Verificación de la calidad: Se realizaron inspecciones periódicas in situ para asegurar el cumplimiento de las especificaciones técnicas y normativas, tanto en los materiales empleados como en los trabajos ejecutados.

Gestión de riesgos: Se identificaron proactivamente los riesgos potenciales que podrían afectar al proyecto, implementando medidas preventivas y correctivas para minimizar sus impactos.

Control documental: Se llevó un registro detallado del avance de la obra a través de planillas y reportes, lo que permitió detectar desviaciones a tiempo y tomar las medidas necesarias.

Reuniones periódicas: Se llevaron a cabo reuniones de seguimiento para evaluar el progreso, resolver dudas y tomar decisiones oportunas.

El proceso de control implementado consistió en un ciclo continuo de planificación, ejecución, verificación y acción correctiva. A través de este sistema, se logró garantizar que el proyecto se desarrollara conforme a los estándares de calidad establecidos y dentro de los plazos contractuales.

Durante la ejecución, se llevó a cabo el control y verificación de los ensayos de laboratorios realizados tanto para suelos como para hormigones, de acuerdo con las normativas ASTM, AASHTO y los requerimientos establecidos en las especificaciones técnicas.

En cuanto al control de calidad de suelos, se realizaron 4 ensayos de Designación Proctor Modificado (ASTM D422 – AASHTO T180), 4 ensayos de Sistema de clasificación (A.A.S.H.T.O M-147), los ensayos Densidad In Situ (Método del Cono Arena, ASTM D1556 AASHTO T191) y Compresión de Especímenes Cilíndricos (Suelo Cemento ASTM D1633) se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 5.1 Pruebas Realizadas**

NOMBRE	N.º DE PRUEBAS	RESULTADOS
Densidad In Situ (Método del Cono Arena, ASTM D1556 AASHTO T191)	53	Están entre los 94.5% y 100% de compactación.
Compresión de Especímenes Cilíndricos (Suelo Cemento ASTM D1633).	8	Están entre 3.4 y 4.8 MPa

Fuente: Elaboración Propia.

El proceso de control y verificación de los ensayos de laboratorio se realizó, presenciando y verificando los procedimientos en obra, así como realizando la rotura conjunta de las probetas en los laboratorios externos.

En lo referente al hormigón, se hicieron 2 clases de pruebas en estado fresco y endurecido, para verificar el asentamiento se realizó bajo la norma de (Consistencia del hormigón mediante en Cono de Abrams – ASTM C143 – AASHTO T 119), se obtuvo asentamientos de 3 a 5 cm que están dentro de los rangos establecidos por normativas, con el hormigón endurecido se extrajeron muestras y se realizaron las roturas de probetas mediante la norma (Resistencia a la Compresión de Cilindros ASTM C39 – AASHTO T22), estas muestras extraídas son de diversos elementos estructurales que en general alcanzaron y superaron la

resistencia mínima requerida de 210 kg/cm<sup>2</sup> establecida en las especificaciones técnicas las cuales se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 5.2 Pruebas Realizadas**

NOMBRE	N.º DE PRUEBAS	RESULTADOS
	18	Cordón Cuneta la resistencia: 235.3 kg/cm <sup>2</sup> a 245 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la Compresión de Cilindros ASTM C39 – AASHTO T22.	8	Viga de Confinamiento la resistencia: 227.8 kg/cm <sup>2</sup> a 242.6 kg/cm <sup>2</sup>
	42	Losetas Hexagonales la resistencia: 238 kg/cm <sup>2</sup> a 261.6 kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración Propia en base a los resultados de laboratorios.

Para garantizar el cumplimiento al cronograma y presupuesto del proyecto, se utilizaron las herramientas que el contrato nos permite como ser: contratos modificatorios y ordenes de cambio.

Se realizó un contrato modificatorio: C.M.1, Este instrumento legal tuvo como objeto principal la creación de nuevos ítems y variación de cantidades en los ítems contractuales no previstos inicialmente.

El plazo original del proyecto fue establecido en 150 días, el cual experimentó un incremento de 21 días calendario debido a las intensas lluvias y la inundación ocurrida en la ciudad de cobija durante ese período. Este ajuste al plazo original se realizó de acuerdo con las disposiciones contractuales y se formalizó mediante dos órdenes de cambio, ODC1 y ODC2 que otorgaron extensiones de 16 y 5 días calendario respectivamente teniendo un nuevo plazo para culminación de los trabajos 171 días calendarios. Cabe destacar que dicha ampliación no afectó el monto programado para la ejecución del proyecto.

El seguimiento continuo del avance físico, basado en las planillas del contratista y nuestros propios informes mensuales, nos permitieron constatar el progreso real de las actividades ejecutadas, oportunamente los retrasos y las tomas de decisiones correctivas. A pesar de algunos retrasos iniciales, se culminó el proyecto en su totalidad.

Se llevó a cabo un seguimiento de la ejecución financiera del proyecto a través de la revisión mensual de las planillas de avance de obra. El análisis comparativo de los datos permitió identificar un desfase significativo en los meses de marzo y abril.

Ante esta situación, se implementó un plan de recuperación que incluyó:

**Acciones correctivas:** Se llevó a cabo una evaluación exhaustiva de las causas que originaron los retrasos en la ejecución del proyecto, entre las cuales se identifican condiciones climáticas adversas, como precipitaciones intensas e inundaciones en la ciudad de Cobija. Para mitigar los impactos de estas contingencias, se implementaron las siguientes medidas correctivas:

**Optimización de la Programación de Actividades:** Se ajustaron los cronogramas de trabajo mediante la priorización de tareas críticas, maximizando las horas operativas disponibles en períodos con condiciones climáticas favorables.

**Gestión de Extensiones de Plazo:** Se prepararon y presentaron solicitudes de ampliación de plazos, debidamente justificadas y respaldadas con evidencia técnica y legal, considerando la naturaleza imprevisible de los eventos climáticos y su impacto directo en la ejecución de la obra.

**Reingeniería de procesos:** se evaluaron los procesos constructivos y se identificaron oportunidades para mejorar la eficiencia operativa. Este análisis permitió implementar las siguientes acciones:

**Optimización de las Secuencias de Trabajo:** Se reorganizaron las actividades constructivas para minimizar tiempos ociosos y maximizar la utilización de recursos, garantizando una ejecución más ágil y coordinada.

**Integración de Recursos:** Se promovió una coordinación más efectiva entre equipos, materiales y maquinaria, reduciendo tiempos de espera y optimizando el flujo de trabajo.

Gracias a estas medidas, se logró recuperar el tiempo perdido y ejecutar la totalidad del presupuesto asignado, cumpliendo con los objetivos financieros del proyecto.

Referente al Rediseño del Proyecto:

Para realizar el rediseño del paquete estructural del pavimento articulado por el método AASHTO-93. El cual requiere información basada en las características y propiedades de los materiales que conforman los suelos de cada capa de la estructura, así como la composición vehicular que someterá la estructura de pavimento a las cargas variables de tránsito. Al realizar los ensayos de suelos se realizaron 2 C.B.R. (California Bearing Ratio), donde se determinó el Módulo de Resiliente de la subrasante  $M_r = 13286.20$  y subbase  $M_r = 17147.07$  tomando estos valores para el diseño.

Una vez realizado el cálculo estructural, se obtiene los espesores de las capas del pavimento articulado que son las siguientes:

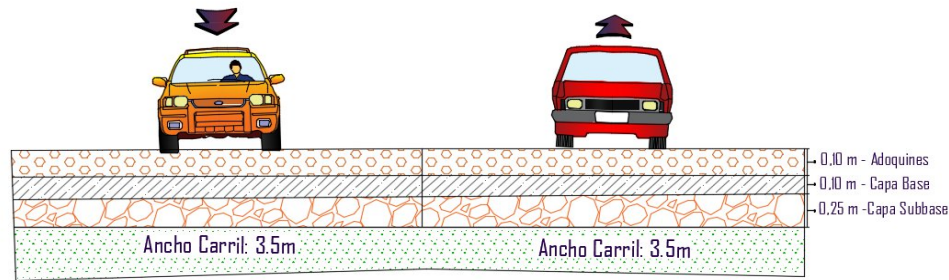
**Tabla 5.3** *Espesores del pavimento*

CAPAS	ESPESOR	
	PULG	CM
LOSETAS	4"	10
CAMA DE ARENA	2"	5
CAPA BASE (suelo cemento)	4"	10
CAPA SUBBASE	10"	25

Fuente: Elaboración Propia en base a los resultados de laboratorios.

Los resultados obtenidos por el método AASHTO-93 fueron verificados por el programa WinPAS (Pavement Analysis Software) donde se pudo comprobar que los espesores obtenidos en el cálculo anterior si cumplen con el SN requerido en el anexo (Anexos F-2) CAPAS DEL PAVIMENTO se presenta de manera detallada. En esta sección se ilustran de forma clara y precisa cada uno de los aspectos abordados, La documentación visual contenida en estos anexos es fundamental para validar y corroborar los datos técnicos discutidos en el cuerpo principal del informe.

**Figura 5.1** *Espesores de Pavimento*



Fuente: Elaboración Propia.

## 5.2. RECOMENDACIONES

Con el objetivo de potenciar el desarrollo de proyectos de investigación, se recomienda a los estudiantes que opten por la modalidad de trabajo dirigido seguir una serie de pautas y buenas prácticas que les permitan alcanzar sus metas académicas.

La puntualidad es esencial en todas las etapas del proyecto. Cumplir con los plazos establecidos para la entrega de informes, la asistencia a reuniones y el seguimiento de las actividades programadas refleja un alto nivel de compromiso.

La gestión documental del proyecto debe ser dinámica y adaptarse a los cambios inherentes a cualquier obra. La revisión periódica de los planos, especificaciones técnicas y otros documentos contractuales, así como la incorporación de los contratos modificatorios y órdenes de cambio esto para conocer las cláusulas, términos y condiciones establecidos, lo cual facilita una gestión efectiva del proyecto y garantiza el cumplimiento de las obligaciones contractuales. Esta práctica es fundamental para evitar desviaciones del alcance original y para minimizar los riesgos asociados a los cambios. Su correcta interpretación es clave para mantener el control sobre el desarrollo de la ejecución de la obra.

Respecto al mantenimiento y Rediseño del Pavimento Articulado:

La durabilidad y funcionalidad a largo plazo del pavimento articulado dependen de un adecuado programa de mantenimiento. Se recomienda realizar inspecciones visuales y técnicas periódicas, con una frecuencia mínima anual, para evaluar el estado del pavimento articulado. Estas inspecciones deben ser realizadas por personal técnico capacitado en la identificación de patologías típicas de los pavimentos articulados. Asimismo, es fundamental capacitar al

personal local en técnicas de reparación menores, como la reparación de juntas y la reposición de elementos dañados, a fin de garantizar una respuesta rápida y eficiente ante cualquier eventualidad

El mantenimiento del pavimento articulado facilita la reparación de fallas puntuales, se recomienda que el municipio de Cobija implemente un plan de mantenimiento preventivo una vez al año que incluya la limpieza regular de los sistemas de drenaje y la inspección de las condiciones del pavimento. Esto garantizará que este no se deteriore rápidamente y que las calles se mantengan en buen estado durante todo lo año.

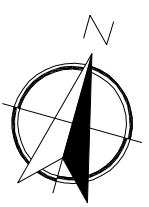
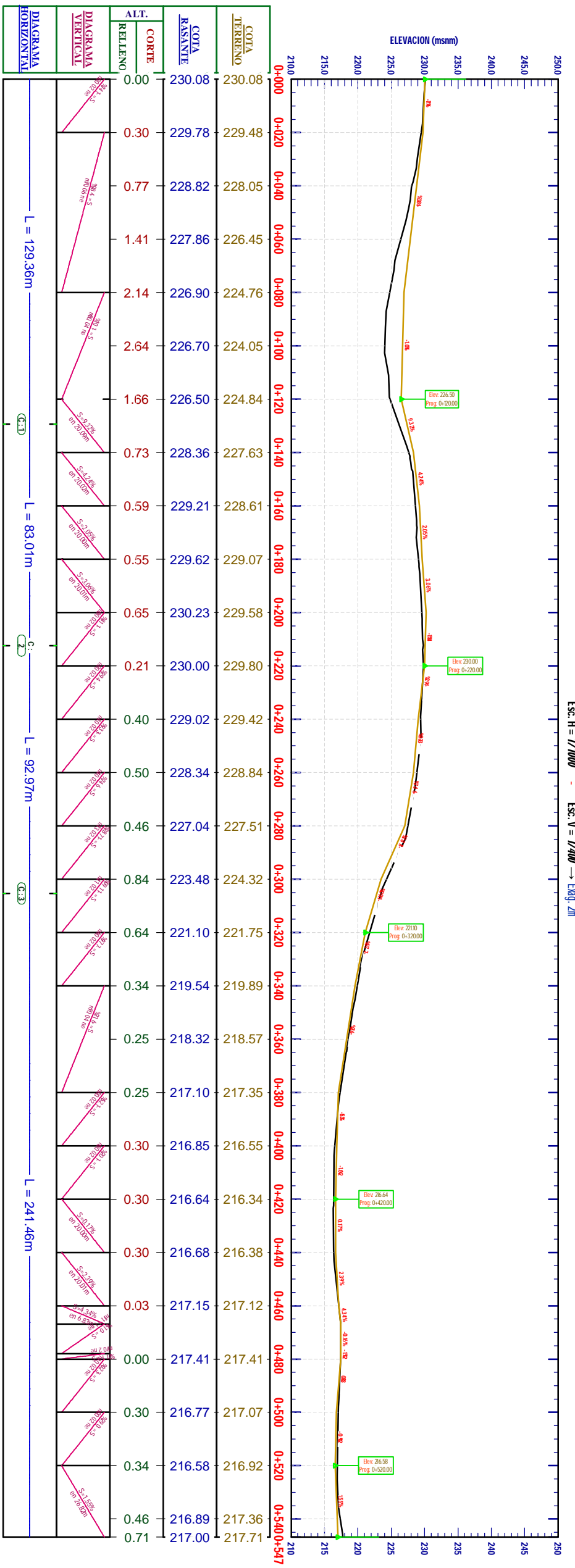
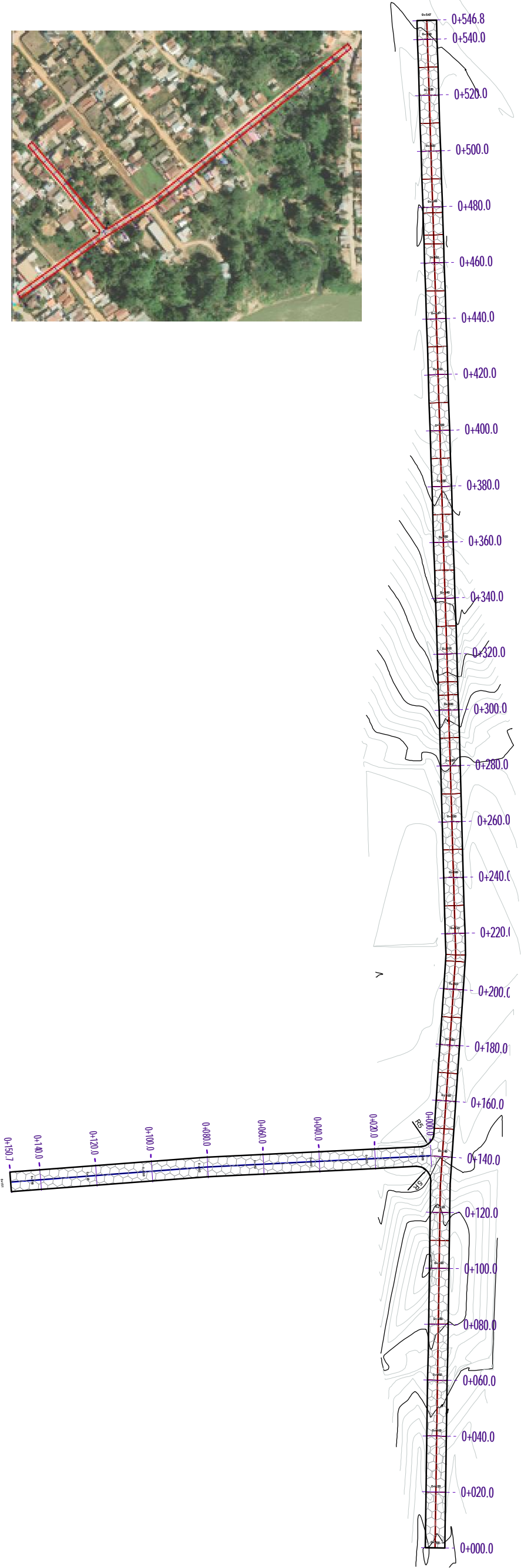
La validación del diseño estructural de la vía, aunque cumpla con las normativas AASHTO-93, requiere un monitoreo periódico durante los primeros años de servicio. Este seguimiento permitirá evaluar el desempeño de la estructura bajo las cargas reales y condiciones ambientales. Paralelamente, es imperativo garantizar la funcionalidad óptima de los sistemas de drenaje y cordón cuneta, realizando limpiezas y mantenimientos preventivos regulares. La obstrucción de estos sistemas puede generar acumulaciones de agua y residuos, incrementando la humedad en las capas inferiores del pavimento y acelerando procesos de deterioro como asentamientos y deformaciones. La implementación de estas recomendaciones asegurará la durabilidad y óptimo desempeño del pavimento articulado. Un adecuado mantenimiento no solo protege la inversión en la infraestructura vial, sino que también garantiza que esta se mantenga en condiciones óptimas durante su vida útil, asegurando así la seguridad y el bienestar de sus usuarios.

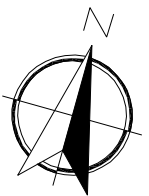
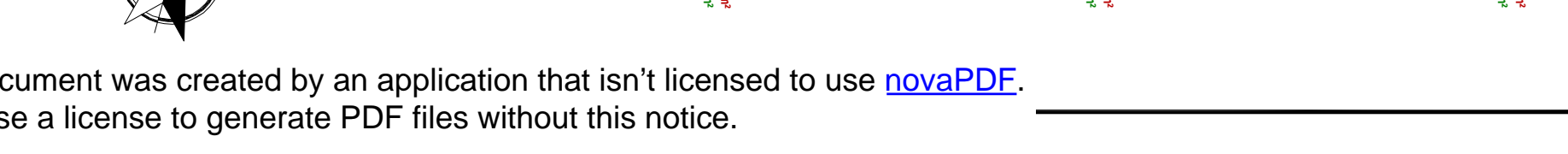
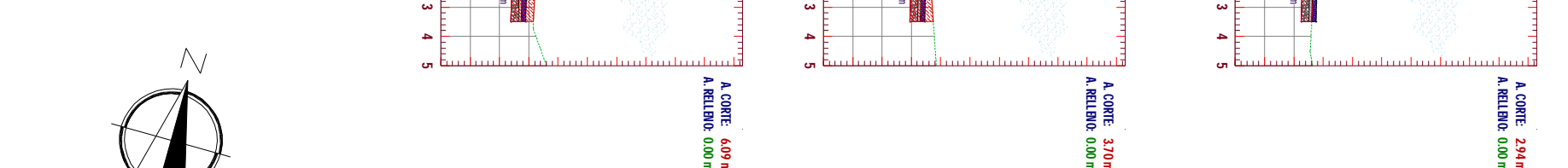
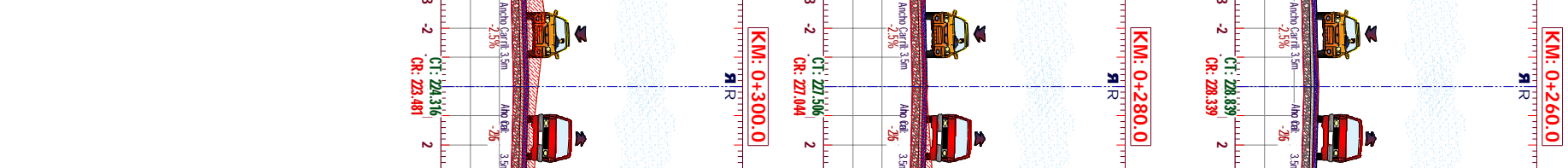
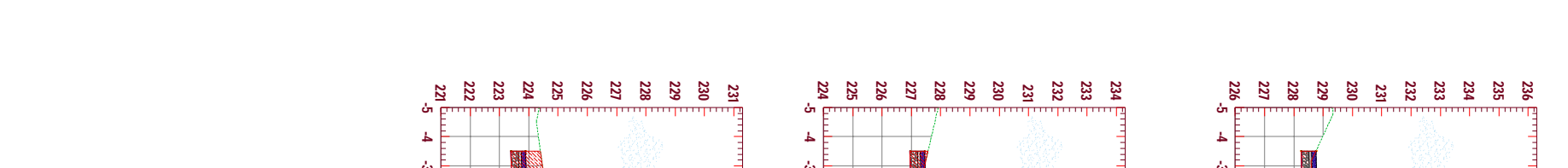
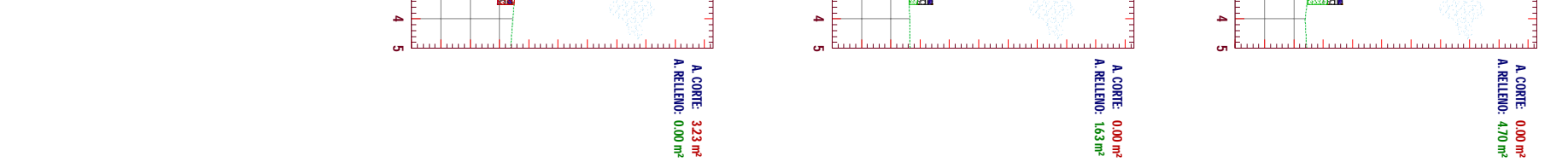
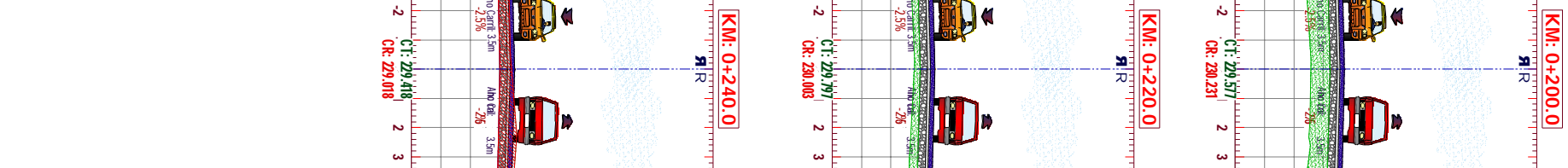
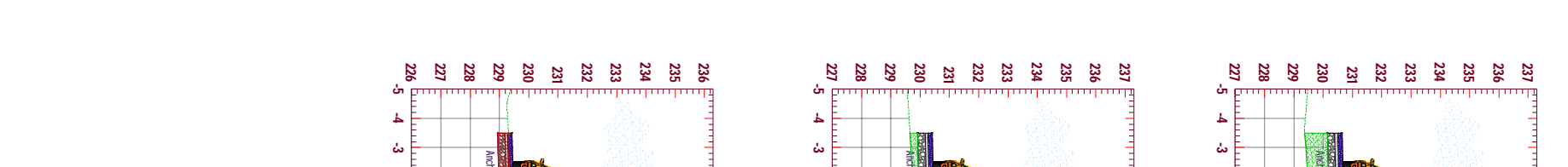
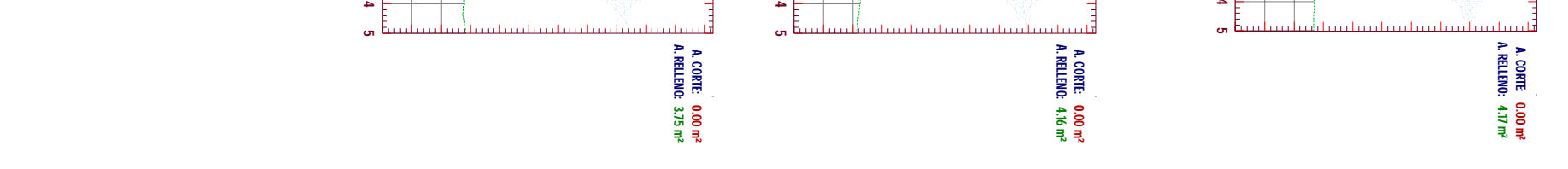
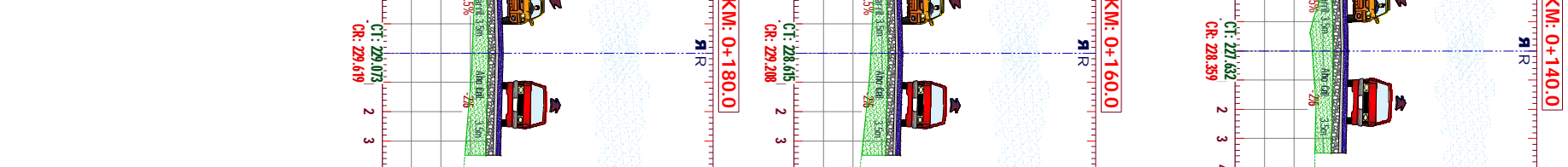
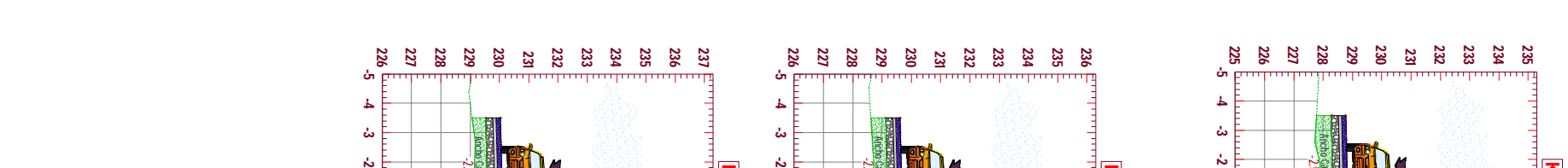
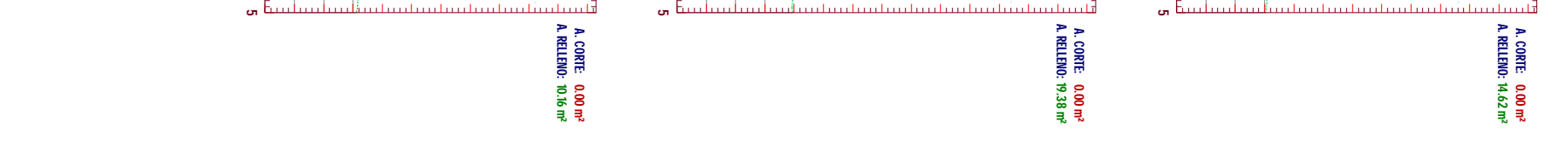
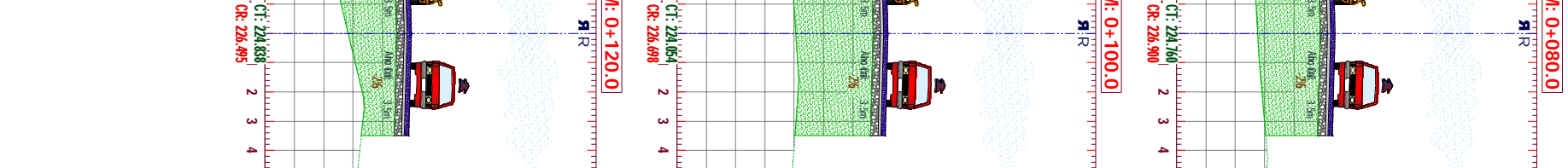
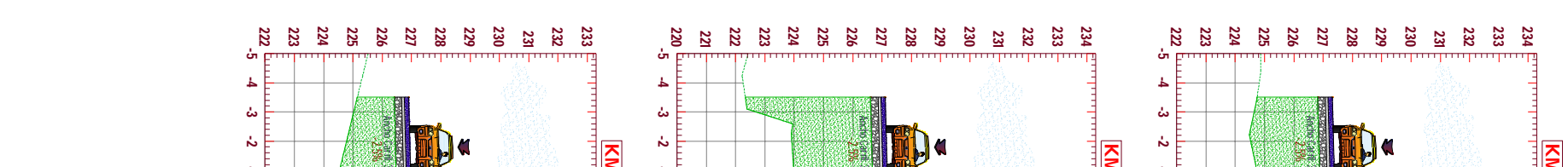
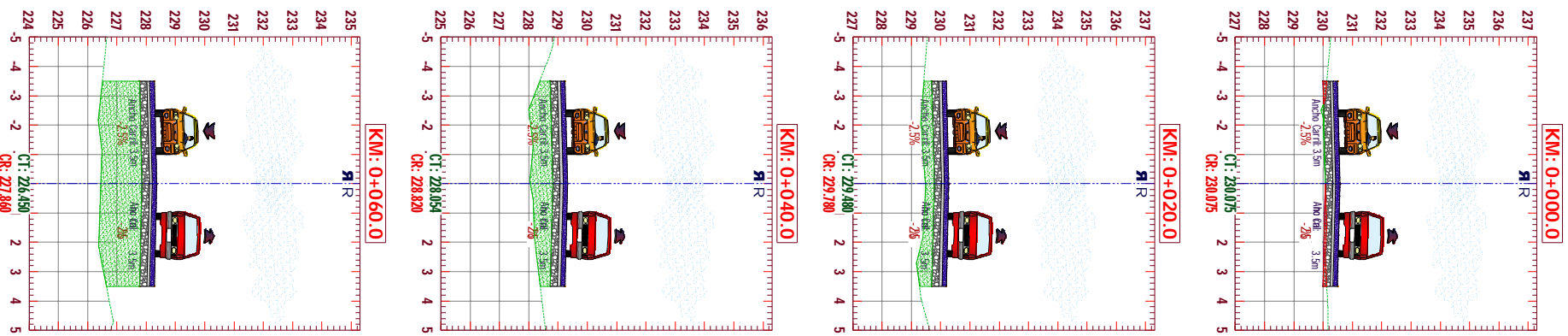
Siguiendo estas recomendaciones, los estudiantes podrán desarrollar proyectos de alta calidad, aplicando los conocimientos teóricos adquiridos en el aula a situaciones reales. La capacidad de trabajar en equipo, gestionar el tiempo de manera eficiente y resolver problemas de manera creativa serán habilidades fundamentales para el éxito en este tipo de proyectos. La implementación de un plan de mantenimiento preventivo es fundamental para garantizar la durabilidad y funcionalidad de las obras a largo plazo, asegurando así la seguridad y el bienestar de la comunidad.

Los invitamos a asumir este desafío con entusiasmo y compromiso, seguros de que sus esfuerzos tendrán un impacto positivo en su formación profesional y en el entorno que los rodea.

## CAPITULO VI. BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Castillo, J. (2003). *Pavimento articulado: Historia y estructuras*. Editorial Técnica de Pavimentos.
- ✓ Jucumani Gutiérrez, E. (2021). *Cómputos métricos en la construcción*. Editorial de Ingeniería Civil.
- ✓ Ministerio de Obras Públicas. (2023). *Guía de Supervisión de Obras*.
- ✓ Urteaga Consultores S.A.C. (2023). *Movimiento de tierras: Procesos y técnicas*.
- ✓ Fondo Nacional de Inversión Productiva y Social (FPS). (2022). *Resumen ejecutivo del proyecto Lote 2: Mejora Vial con Pavimento Articulado Calle Carmela Pinto Barrio La Cruz (Cobija)*.
- ✓ Asana. (2024). *Herramientas de gestión de proyectos: Cronogramas y avances*.
- ✓ Senamhi. (2023). *Informe meteorológico: Precipitaciones en Cobija*.
- ✓ Noticiero Pando. (2023). *Inundaciones y bloqueos en Cobija*. Prensa Digital Pando.
- ✓ ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA, M. d. (2016). “Guía de Supervisión de Obras”. La Paz: [www.oopp.gob.bo](http://www.oopp.gob.bo).
- ✓ Manual de carreteras ABC. (s.f.). Manual de ensayos de suelos y materiales.
- ✓ NORMA BOLIVIANA CBH, 8. (1987). HORMIGÓN ARMADO. La Paz: Instituto Boliviano de Normalización y Calidad.
- ✓ Cuevas, M. L. (2019). ANALISIS, CONTROL DE CALIDAD Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO ENLOSETADO DE VIAS COBIJA TRAMO: TERMINAL – MAESTRANZ.
- ✓ Castillo, X. S. (2003) DISEÑO DE PAVIMENTOS ARTICULADOS PARA TRÁFICOS MEDIO Y ALTO.





UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO  
 CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

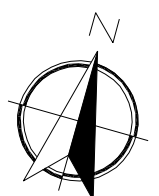
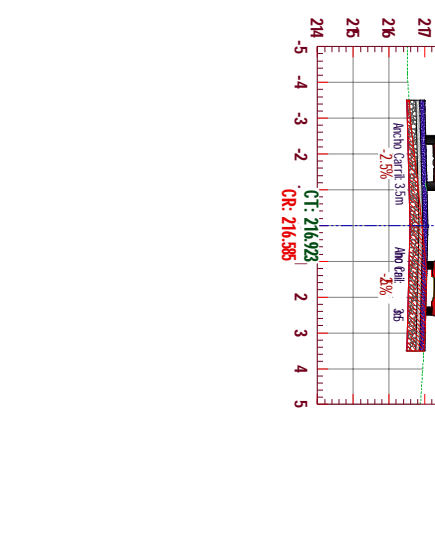
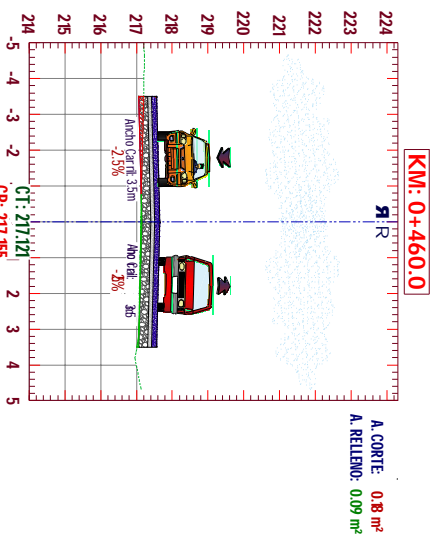
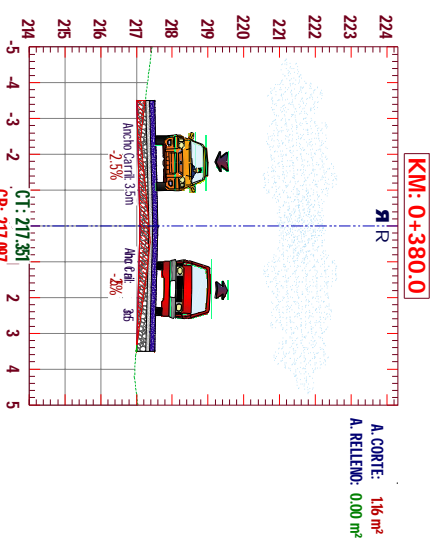
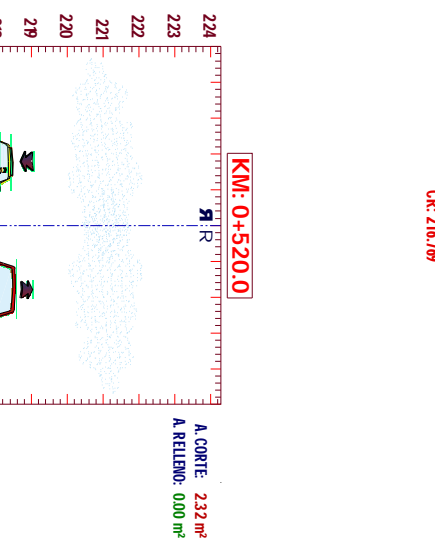
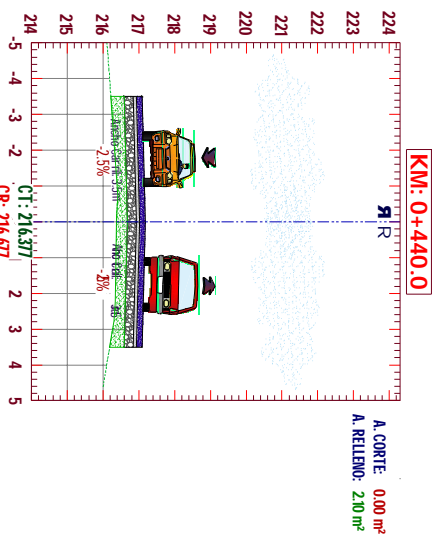
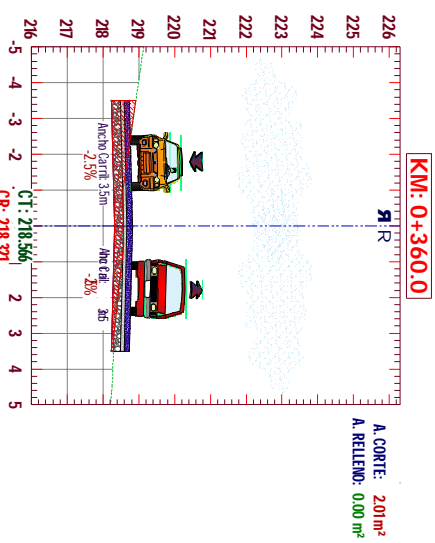
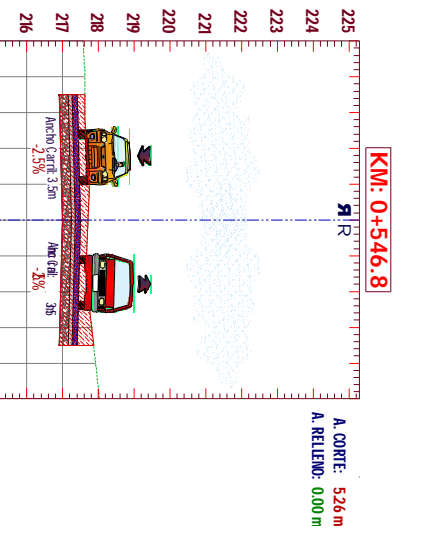
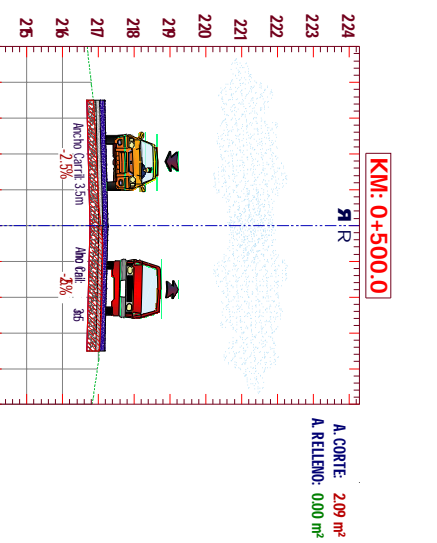
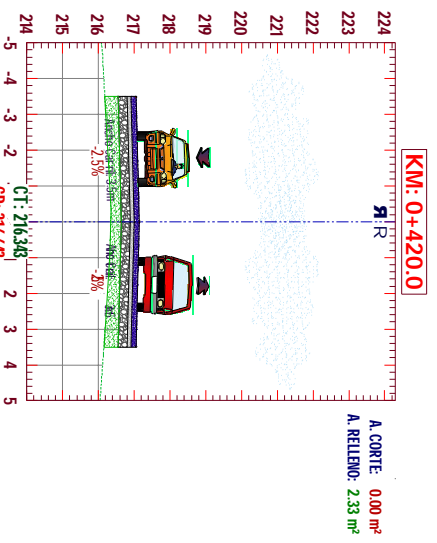
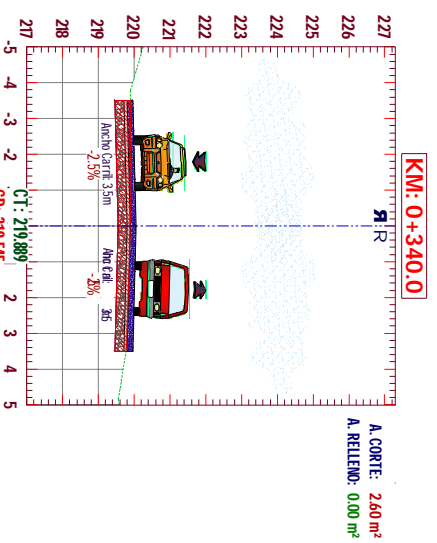
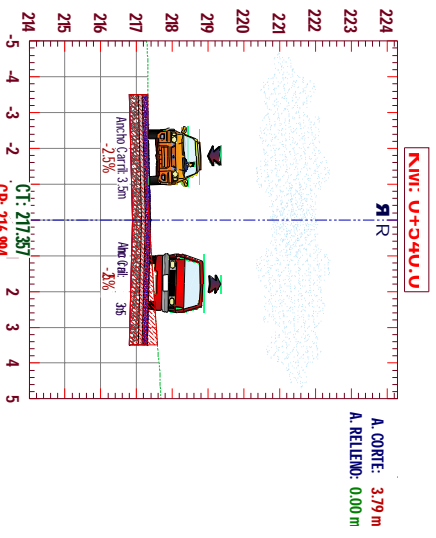
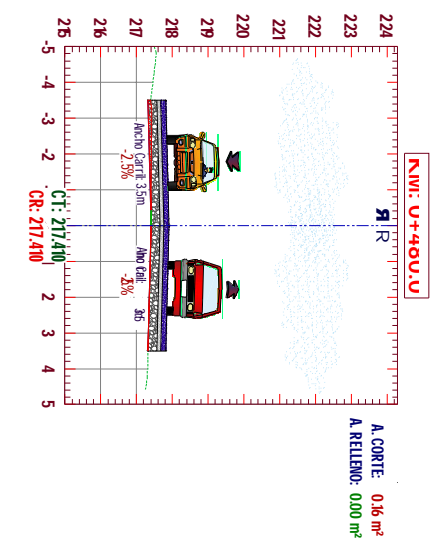
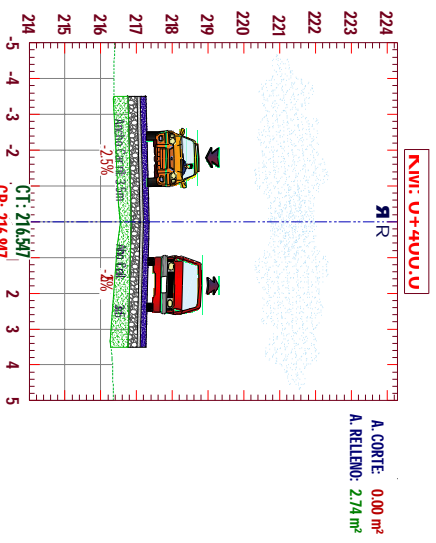
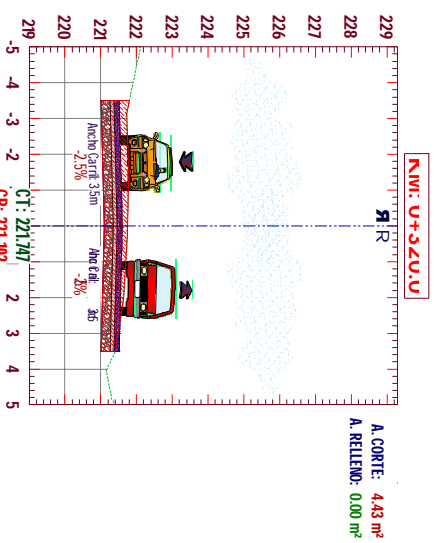


UBICACION DEL OBRA:  
 BARRIO LA CRUZ  
 CALLE CARMELA PINTO

UNIVERSITARIA:  
 KAREN YANAINA ARTEAGA LOPEZ

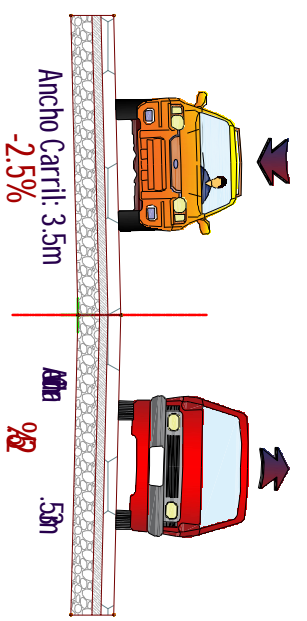
NOMBRE DEL PROYECTO:  
 "APOYO AL CONTROL Y SEGUIMIENTO DE SUPERVISION DEL PROYECTO:  
 MEJ VIAL CON PAVIMENTO ARTICULADO CALLE CARMELA PINTO BARRIO LA CRUZ (COBUJA)"

LAMINA:  
 2/3



SECCION - C/ CARMELA PINTO

PROGR.	AREA DE CORTE (m²)	AREA DE RELLENO (m²)	VOLUMEN CORTE (m³)	VOLUMEN RELLENO (m³)	V. CORTE ACUMULADO (m³)	V. RELLENO ACUMULADO (m³)
0+000	0.31	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
0+020	0.00	2.54	3.07	25.85	3.07	25.85
0+040	0.00	4.29	0.00	68.32	3.07	94.17
0+060	0.00	9.58	0.00	138.73	3.07	232.90
0+080	0.00	14.62	0.00	242.08	3.07	474.98
0+100	0.00	19.38	0.00	340.01	3.07	814.99
0+120	0.00	10.16	0.00	295.32	3.07	110.31
0+140	0.00	4.17	0.00	143.36	3.07	1253.67
0+160	0.00	4.16	0.00	83.34	3.07	1337.01
0+180	0.00	3.75	0.00	79.10	3.07	1416.10
0+200	0.00	4.70	0.00	84.47	3.07	1500.58
0+220	0.00	1.63	0.00	63.26	3.07	1563.83
0+240	3.23	0.00	32.33	16.29	35.40	1580.12
0+260	2.94	0.00	61.69	0.00	97.09	1580.12
0+280	3.70	0.00	66.32	0.00	163.42	1580.12
0+300	6.09	0.00	97.86	0.00	261.27	1580.12
0+320	4.43	0.00	105.24	0.00	366.51	1580.12
0+340	2.60	0.00	70.36	0.00	436.87	1580.12
0+360	2.01	0.00	46.07	0.00	482.94	1580.12
0+380	1.16	0.00	31.61	0.02	514.55	1580.14
0+400	0.00	2.74	11.55	27.39	526.10	1607.53
0+420	0.00	2.33	0.00	50.67	526.10	1658.20
0+440	0.00	2.10	0.00	44.30	526.10	1702.50
0+460	0.18	0.09	1.79	21.93	527.89	1724.43
0+480	0.16	0.00	3.42	0.94	531.31	1725.38
0+500	2.09	0.00	22.54	0.01	553.85	1725.39
0+520	2.32	0.00	44.11	0.00	597.96	1725.39
0+540	3.79	0.00	61.15	0.00	659.11	1725.39
0+547	5.26	0.00	30.86	0.00	689.96	1725.39



UNIVERSIDAD AMAZONICA DE PANDO  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

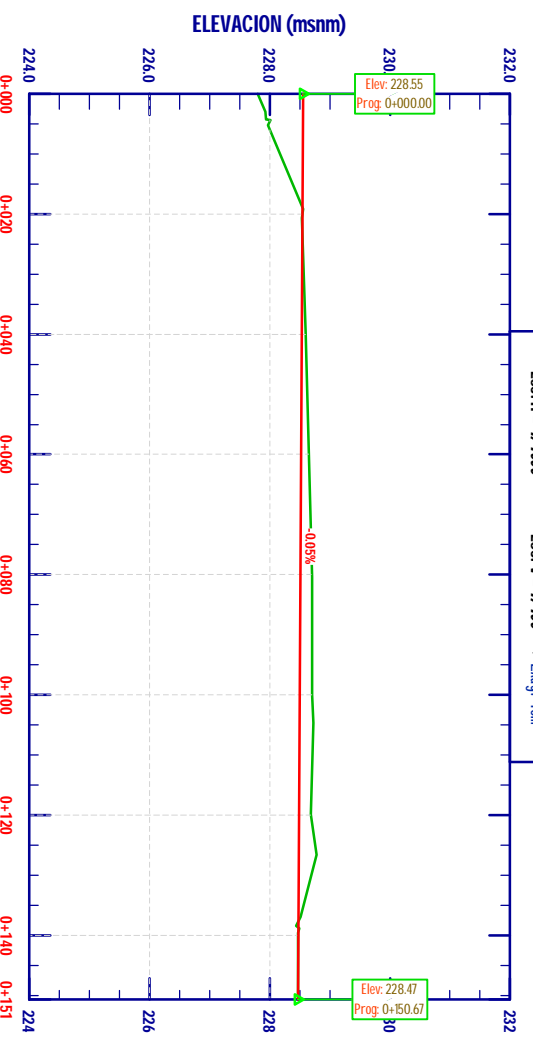
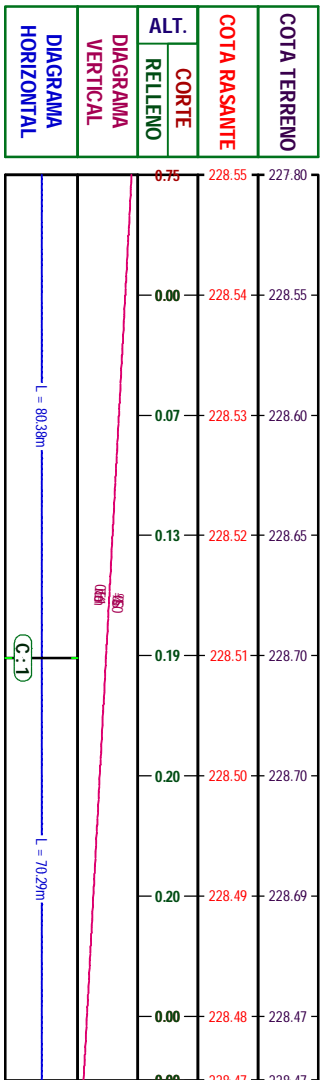
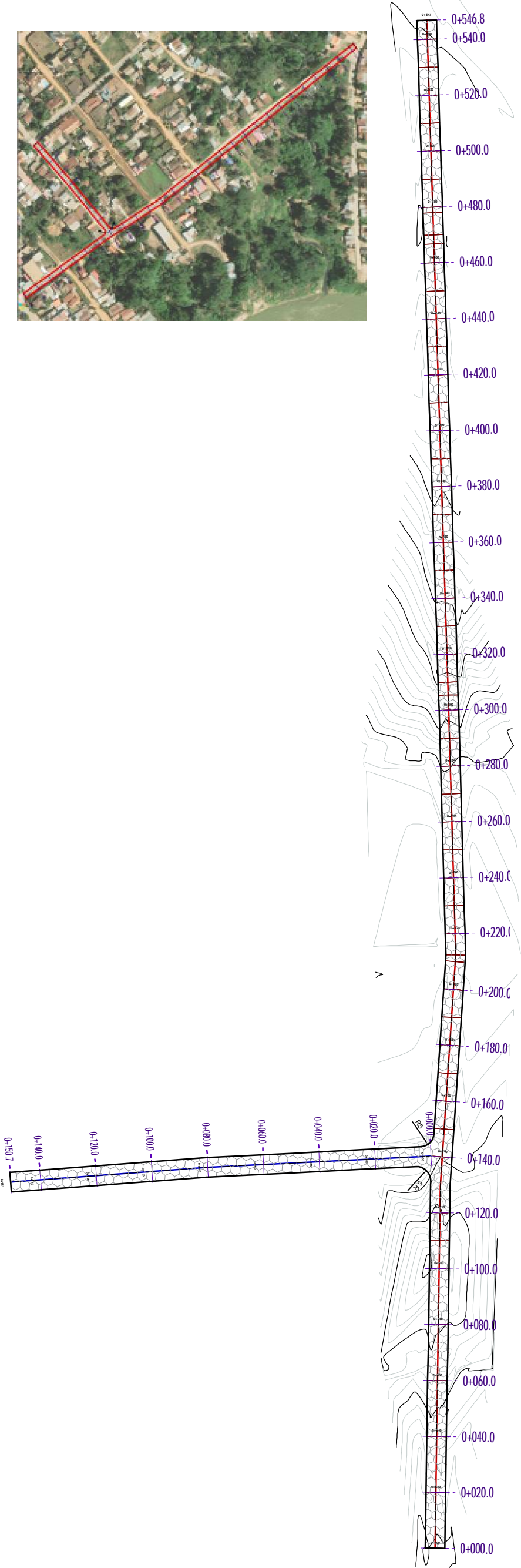


UBICACION DEL OBRA:  
BARRIO LA CRUZ  
CALLE CARMELA PINTO

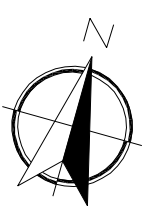
UNIVERSITARIA:  
KAREN YANNAINA ARTEAGA LOPEZ

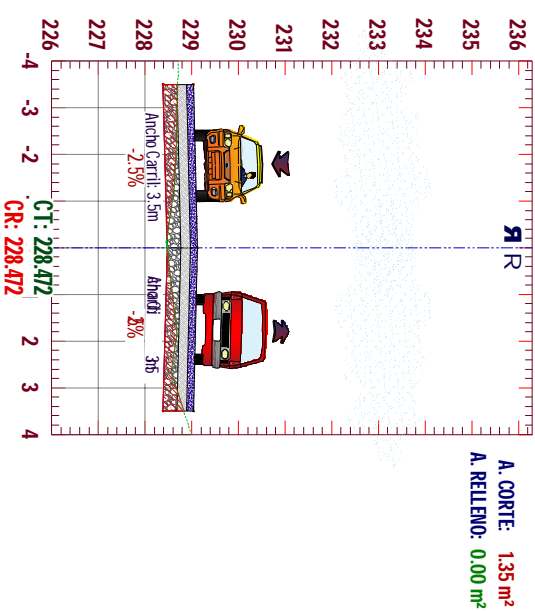
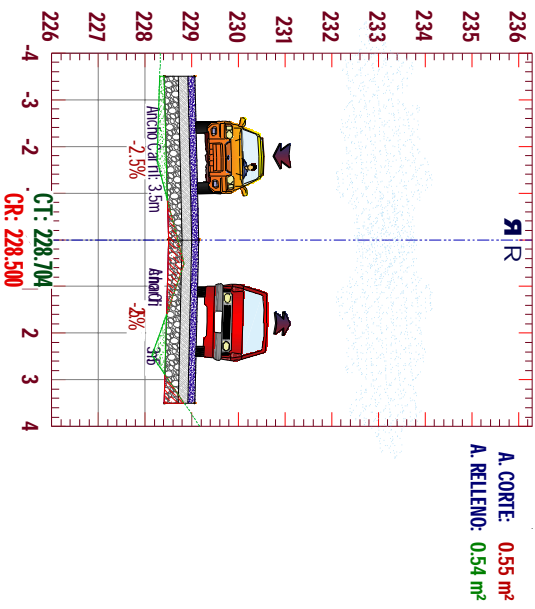
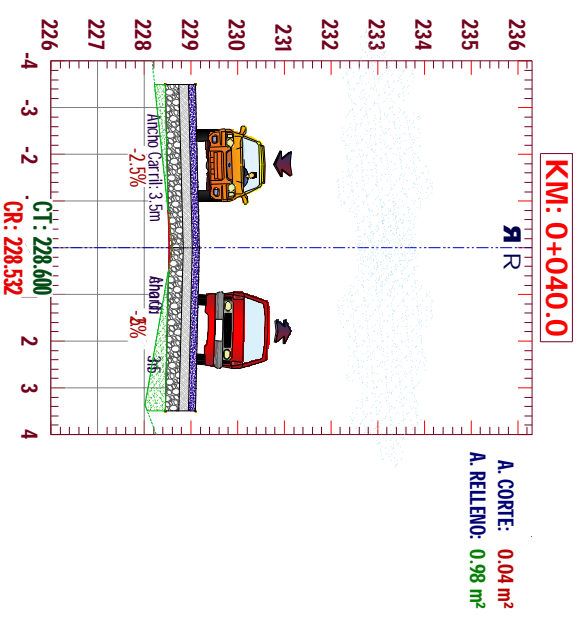
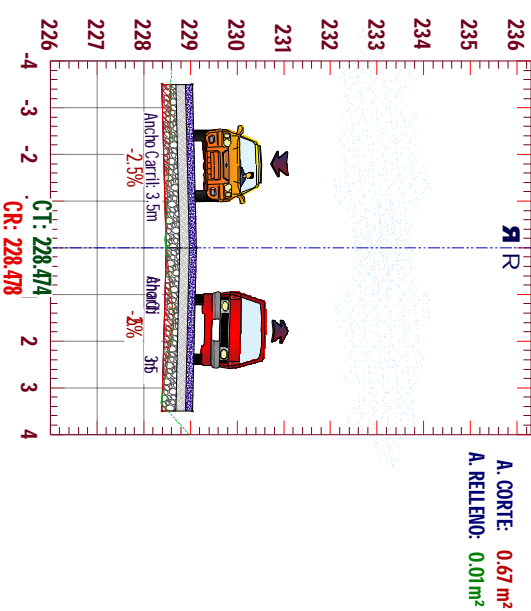
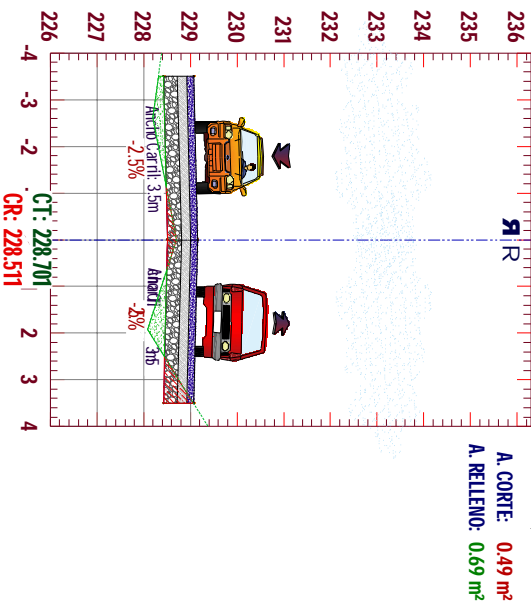
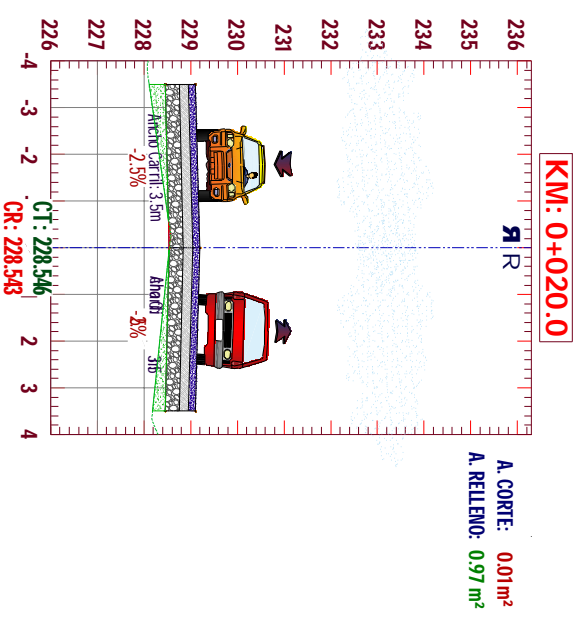
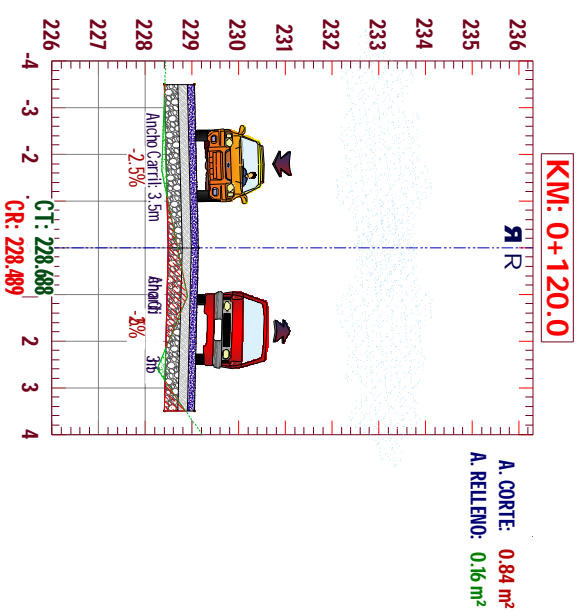
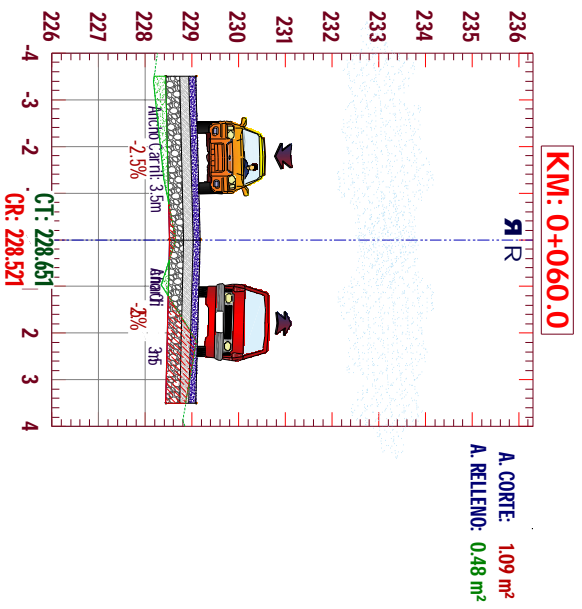
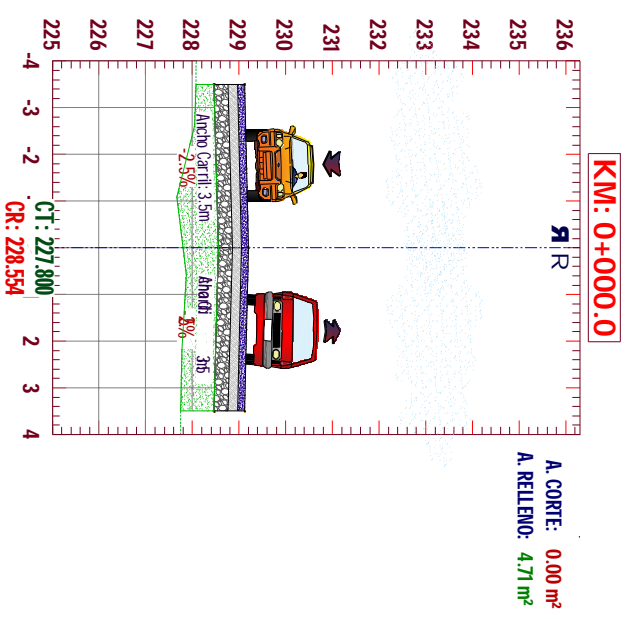
NOMBRE DEL PROYECTO:  
"ARROYO AL CONTROL Y SEGUIMIENTO DE SUPERVISION DEL PROYECTO:  
MEJ. VIAL CON PAVIMENTO ARTICULADO CALLE CARMELA PINTO BARRIO LA CRUZ (COBUILA)"

LAMINA:



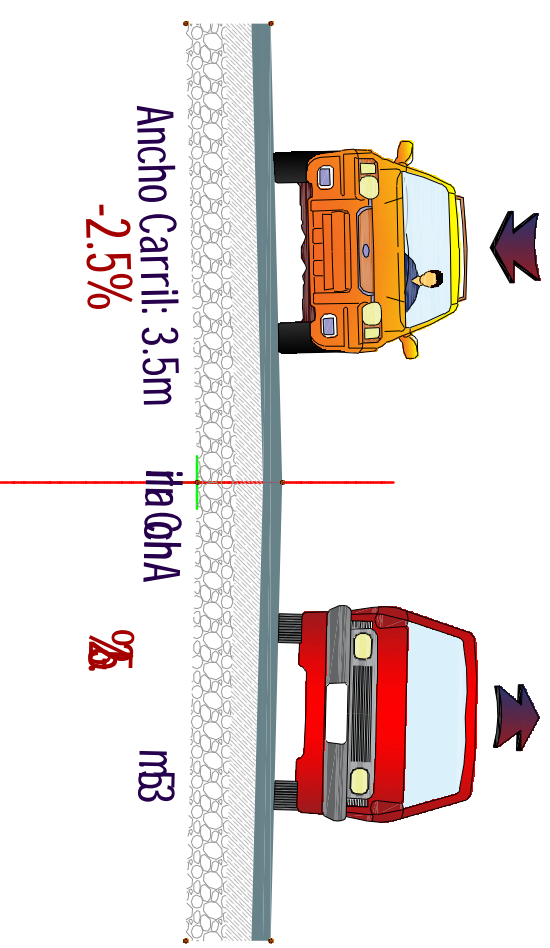
PERFIL LONGITUDINAL - COTINIES  
Esc. H = 1/1000 - Esc. V = 1/100 → Exdg. 10m





CUADRO DE METRADOS - CALLE COITINES						
PROGR.	AREA DE CORTE (m²)	AREA DE RELLENO (m²)	VOLUMEN CORTE (m³)	VOLUMEN RELLENO (m³)	V. CORTE ACUMULADO (m³)	V. RELLENO ACUMULADO (m³)
0+000	0.00	4.71	0.00	0.00	0.00	0.00
0+020	0.01	0.97	0.12	56.78	0.12	56.78
0+040	0.04	0.98	0.55	19.52	0.67	76.30
0+060	1.09	0.48	11.31	14.56	11.97	90.87
0+080	0.49	0.69	15.76	11.69	27.74	102.56
0+100	0.55	0.54	10.42	12.34	38.16	114.90
0+120	0.84	0.16	13.91	7.04	52.06	121.94
0+140	0.67	0.01	15.14	1.68	67.20	123.62
0+151	1.35	0.00	10.78	0.04	77.98	123.66

## SECCION - PISTAS Y VEREDAS



UNIVERSIDAD AMAZONICA DE PANDO  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



UBICACION DEL OBRA:  
BARRIO LA CRUZ  
CALLE CARMELA PINTO

UNIVERSITARIA:  
KAREN YANAINA ARTEAGA LOPEZ

NOMBRE DEL PROYECTO:  
"APOYO AL CONTROL Y SEGUIMIENTO DE SUPERVISION DEL PROYECTO:  
MEJ. VIAL CON PAVIMENTO ARTICULADO CALLE CARMELA PINTO BARRIO LA CRUZ (COBUIA)"

LAMINA:  
2/2