

**UNIVERSIDAD AMAZONICA DE PANDO
AREA DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**



TRABAJO DIRIGIDO

**CONTROL Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO: “MEJORAMIENTO DE VIAS URBANAS
CON PAVIMENTO Y RECAPEO EN EL MUNICIPIO DE COBIJA”**

TOMO 1

Postulante:

Univ. Steven Hans Vargas Salazar

Tutor Colectivo:

Ing. José Luis Richard Manrique Sanabria

Asesor:

Ing. Diego Cayo Zabala

COBIJA – PANDO – BOLIVIA

2022

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme este logro.

DEDICATORIA

Dedico este logro cumplido a mi familia, para hacerlos sentir orgullosos del esfuerzo que se ha realizado.

RESUMEN GENERAL

Este documento contiene la información técnica del proceso constructivo desde inicio a fin de obra del proyecto MEJORAMIENTO DE VIAS URBANAS CON PAVIEMTO Y RECAPEO EN EL MUNICIPIO DE COBIJA, como producto del trabajo dirigido en la institución ejecutora del proyecto Empresa Constructora Pinto Montero, justificado por el convenio interinstitucional entre esta empresa y la Universidad Amazónica de Pando.

La información que contiene este documento contempla:

Los aspectos metodológicos del trabajo dirigido, contemplando los objetivos generales y específicos, y los datos generales del proyecto como inicio de obras y ubicación. (CAPITULO I)

El seguimiento técnico de la ejecución del proyecto describiendo las cantidades ejecutadas y los trabajos realizados para el cumplimiento de las actividades del proyecto. (CAPITULO II)

El control de calidad del proyecto, que se refiere a los ensayos realizados tanto en campo y en laboratorios que verifican la correcta ejecución del proyecto. (CAPITULO III)

El control al avance físico y financiero de acuerdo con cada planilla presentada, describiendo también modificaciones durante el proceso de ejecución del proyecto. (CAPITULO IV)

El desarrollo del análisis del funcionamiento y el cálculo del rendimiento de la planta de asfalto como aporte al trabajo dirigido. (CAPITULO V)

Las conclusiones y recomendaciones respecto al proyecto y aporte. (CAPITULO VI)

Los anexos complementarios al desarrollo del documento, como comprobantes de los datos que se ofrece en los capítulos que describen el trabajo dirigido. (ANEXOS)

INDICE GENERAL

CAPITULO I – ASPECTOS GENERALES	1
1.1 INTRODUCCION	1
1.2 ANTECEDENTES Y GENERALIDADES	2
1.2.1 Antecedentes del Trabajo Dirigido.....	2
1.2.2 Antecedentes del proyecto.....	4
1.2.2.1 Datos generales de la empresa privada:	4
1.2.2.2 Datos generales del proyecto:	5
1.2.2.3 Ubicación del proyecto:	6
1.2.2.4 Diagnóstico de la situación actual:	8
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.4 OBJETIVOS	10
1.4.1 Objetivo general.	10
1.4.2 Objetivos específicos.....	11
1.5 JUSTIFICACION	11
1.5.1 Justificación técnica del trabajo dirigido.....	12
1.5.2 Justificación técnica.....	12
1.5.3 Justificación socioeconómica.....	12
1.5.4 Justificación ambiental.....	13
CAPITULO II – MARCO CONCEPTUAL.....	14

2.1	ESTRUCTURA JERARQUICA DEL PROYECTO.....	14
2.2	LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO	15
2.3	CONFORMACIÓN DE PLATAFORMA.....	16
2.3.1	Materiales.	17
2.3.1.1	Laterita:	17
2.3.2	Maquinaria y equipos.	17
2.4	DRENAJES PLUVIALES.....	25
2.4.1	Materiales.	25
2.4.1.1	Brita:	26
2.4.1.2	Cemento Portland:	26
2.4.1.3	Arena:.....	26
2.4.1.4	Barras corrugadas de acero:	26
2.4.1.5	Madera para encofrado:	27
2.4.1.6	Tubo Pead:	27
2.4.2	Maquinaria y equipos.	27
2.5	CAPA DE RODADURA O PAVIMENTO	27
2.5.1	Materiales.	28
2.5.1.1	Asfalto:.....	28
2.5.1.2	Kerosene:	29
2.5.1.3	Agregados pétreos:	29

2.5.1.4	Diesel:	30
2.5.1.5	Cemento Portland:	30
2.5.1.6	Arena:.....	30
2.5.2	Maquinaria y equipos.	30
2.6	BACHEO Y RECAPADO.....	34
2.6.1	Materiales.	35
2.6.1.1	Asfalto:.....	35
2.6.1.2	Geomalla de fibra de vidrio:	35
2.6.1.3	Agregados pétreos:	36
2.6.1.4	Diesel:	36
2.6.1.5	Laterita:	36
2.6.2	Maquinaria y equipos.	36

CAPITULO III – DESCRIPCION Y EJECUCION DEL PROYECTO37

3.1	ASPECTOS GENERALES	37
3.1.1	Modificación presupuestaria y de plazo al contrato.	38
3.1.2	Estructura jerárquica del proyecto.	41
3.1.3	Tramo general del proyecto.	43
3.2	CONFORMACIÓN DE PLATAFORMA.....	44
3.2.1	Levantamiento topográfico.....	44
3.2.1.1	Metodología de trabajo topográfico:.....	44

3.2.2	Equipos topográficos.	52
3.2.3	Datos técnicos de conformación de plataforma.	55
3.2.4	Materiales.	56
3.2.4.1	Laterita:	56
3.2.4.2	Agua:	58
3.2.4.3	Elementos de plomería:	58
3.2.5	Maquinaria y equipos.	58
3.2.5.1	Maquinaria pesada:	58
3.2.6	Procesos constructivos.	59
3.2.6.1	Retiro de la capa asfáltica:	59
3.2.6.2	Perfilado y nivelado de la subrasante:	61
3.2.6.3	Reparación de acometidas de agua potable:	62
3.2.6.4	Conformación de capa base con material laterítico:	64
3.3	DRENAJES PLUVIALES.	68
3.3.1	Estudio topográfico.	69
3.3.2	Datos técnicos de drenaje pluvial.	69
3.3.3	Materiales.	70
3.3.3.1	Brita Numero 2:	70
3.3.3.2	Cemento Portland:	71
3.3.3.3	Arena:	71

3.3.3.4	Barras corrugadas de acero:.....	71
3.3.3.5	Agua:.....	72
3.3.3.6	Madera para encofrado:.....	72
3.3.3.7	Tubo Pead de 24 pulg.:.....	72
3.3.4	Maquinaria y equipos.	72
3.3.5	Proceso constructivo.....	73
3.3.5.1	Excavación con maquinaria:.....	74
3.3.5.2	Conformación de sub-drenes con Brita 2:.....	75
3.3.5.3	Hormigón armado para cámara de drenaje:.....	75
3.3.5.4	Provisión y tendido tubería pead 24”:.....	79
3.3.5.5	Relleno y compactado:.....	80
3.3.5.6	Fabricación y tendido de tubos de H°A° de Diámetro=1000mm:.....	81
3.3.5.7	Cordón y cuneta de hormigón armado:.....	83
3.4	CAPA DE RODADURA O PAVIMENTO.....	86
3.4.1	Replanteo topográfico para la ejecución del pavimentado.....	87
3.4.2	Datos técnicos de pavimentado.	89
3.4.3	Materiales.	89
3.4.3.1	Asfalto STYLINK 60/85:.....	89
3.4.3.2	Kerosene:.....	91
3.4.3.3	Agregados pétreos:.....	91

3.4.3.4	Diesel:	91
3.4.3.5	Cemento Portland:	92
3.4.3.6	Arena:.....	92
3.4.3.7	Agua:.....	92
3.4.4	Maquinaria y equipos.	93
3.4.5	Procesos constructivos.....	95
3.4.5.1	Imprimación asfáltica:	95
3.4.5.2	Carpeta asfáltica E=5cm:	97
3.4.5.3	Reparación y limpieza de cámaras de alcantarillas:	103
3.5	BACHEO Y RECAPADO.....	104
3.5.1	Levantamiento topográfico y replanteo del bacheo y recapado.	104
3.5.2	Datos técnicos del bacheo y recapado.	106
3.5.3	Materiales.	106
3.5.3.1	Asfalto STYLINK 60/85:	106
3.5.3.2	Geomalla de fibra de vidrio:	106
3.5.3.3	Agregados pétreos:	107
3.5.3.4	Diesel:	107
3.5.3.5	Laterita:	107
3.5.3.6	Agua:.....	107
3.5.4	Maquinaria y equipos.	107

3.5.5	Procesos constructivos.....	109
3.5.5.1	Riego de liga:	109
3.5.5.2	Recapado asfáltico E=3cm:	110
3.5.5.3	Bacheo profundo:.....	116
3.5.5.4	Geomalla para junta:	120

CAPITULO IV – CONTROL DE CALIDAD..... 122

4.1	CONFORMACION DE PLATAFORMAS	124
4.1.1	Análisis granulométrico por tamizado AASHTO T-27, ASTM C 136.....	124
4.1.1.1	Materiales y equipos:	125
4.1.1.2	Caracterización de suelos:	125
4.1.2	Límites de Atterberg – ASTM D 4318-00.....	127
4.1.2.1	Materiales y equipos:	128
4.1.3.1	Materiales y equipos:	130
4.1.4	Relación soporte califonia C.B.R. AASHTO T-193, ASTM D 1883 – 05.....	131
4.1.4.1	Materiales, herramientas y equipos:	132
4.1.5.1	Materiales y equipos:	134
4.2	CONFORMACION DE DRENAJES.....	137
4.2.1.1	Materiales:	138
4.2.2	Ensayo a la compresión de cilindros de hormigón ASTM C-39, AASHTO T-22.	

4.2.2.1	Materiales y equipos:	141
4.3	CONFORMACIÓN DE LA CAPA DE RODADURA.....	143
4.3.1	Granulometría de los materiales individuales DNER-ME 083/98 y Granulometría de los materiales combinados ABNT NBR 7217, ASTM E-40.....	143
4.3.1.1	Materiales y equipos:	143
4.3.2	Densidades del material y absorción del agua, árido grueso ASTM C-127, AASHTO T85-91.....	145
4.3.2.1	Materiales y equipos:	146
4.3.3	Densidades del material y absorción del agua, árido fino ASTM C-128, AASHTO T84-00.	147
4.3.3.1	Materiales y equipos:	149
4.3.4	Equivalente de arena DNER-ME 054/97, ASTM D 2419.	150
4.3.4.1	Materiales y equipos:	152
4.3.5	Desgaste del agregado por abrasión, ensayo de Los Ángeles DNER-ME 035/98, ASTM E 131.	154
4.3.5.1	Materiales y equipos:	156
4.3.6	Ensayo índice de forma ASTM D-4791 / 95 (3:1).....	157
4.3.6.1	Materiales y equipos:	159
4.3.7	Evaluación de la durabilidad mediante el uso de solución de sulfato de sodio DNER-ME 089/94, ASTM E88.....	159
4.3.7.1	Materiales y equipos:	161

4.3.8	Diseño de mezclas asfálticas METODO MARSHALL.	163
4.3.8.1	Cálculos:	163
4.3.8.2	Acondicionamiento de los datos:	166
4.3.8.3	Determinación del contenido óptimo de asfalto:	166
4.3.8.4	Informe:	167
4.3.9	Determinación de la resistencia a la deformación plástica, método MARSHALL ASTM D-1559, AASHTO T 245-97.....	169
4.3.9.1	Materiales y equipos:	172
4.3.10	Control de espesor y densidad por extracción de núcleos ASTM D 3549.	174
4.3.10.1	Materiales y equipos:	175
CAPITULO V – MARCO ADMINISTRATIVO.....		179
5.1	AVANCE FISICO	179
5.2	AVANCE FINANCIERO.....	185
5.3	PERSONAL COMPROMETIDO	188
CAPITULO VI – RENDIMIENTOS DE LA PLANTA DE ASFALTO		192
6.1	DESCRIPCION DE LA PLANTA DE ASFALTO	193
6.2	FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE ASFALTO.....	193
6.2.1	Dosificación de áridos.	195
6.2.2	Secado del material granular.	199
6.2.3	Calentado del cemento asfáltico.	205

6.2.4	Mezclado de los materiales y vaciado de la mezcla asfáltica en tolva.	209
6.3	RENDIMIENTO DE LA PLANTA DE ASFALTO	213
6.3.1	Porcentaje de humedad en el agregado (Fh).....	214
6.3.2	Altura de producción sobre el nivel del mar (Fa).....	216
6.3.3	Porcentaje del agregado que pasa el tamiz numero 8 (Ff).....	217
6.3.4	Temperatura de mezcla (Ft).....	218
6.3.5	Análisis teórico del rendimiento de la planta de asfalto TEREX MAGNUM80. 219	
6.3.6	Análisis práctico del rendimiento de la planta de asfalto TEREX MAGNUM80. 221	
CAPITULO VII – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		223
7.1	CONCLUSIONES	223
7.2	RECOMENDACIONES.....	224
7.3	BIBLIOGRAFIA	225

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. -	Datos generales del proyecto	5
Tabla 2. -	Coordenadas U.T.M. del tramo del proyecto.....	7
Tabla 3. -	Lista de actividades del proyecto.....	37
Tabla 4. -	Variación de monto y plazo para el Contrato Modificatorio	38
Tabla 5. -	Lista de actividades Contrato Modificatorio.....	39
Tabla 6. -	Lista de actividades Orden de Trabajo.....	41
Tabla 7. -	Ítems de conformación de plataformas	55
Tabla 8. -	Paquete estructural	56
Tabla 9. -	Cálculo de capa base para acopio de material	64
Tabla 10. -	Respaldo técnico de la capa base.....	67
Tabla 11. -	Ítems de drenaje pluvial	70
Tabla 12. -	Granulometría del material: Brita numero 2	71
Tabla 13. -	Dosificación del Hormigón para obras de arte	77
Tabla 14. -	Dosificación del Hormigón para cordones y cunetas	84
Tabla 15. -	Ítems de pavimentado.....	89
Tabla 16. -	Granulometría del material: Brita ¾, Pedrisco y Polvo de Brita.....	91
Tabla 17. -	Rendimiento y cantidades del vaciado de la carpeta asfáltica.....	102
Tabla 18. -	Ítems para el recapado	106
Tabla 19. -	Rendimiento y cantidades del vaciado del recapado asfaltico	116

Tabla 20. -	Clasificación de suelos	127
Tabla 21. -	Ensayos de límites de Atterberg	129
Tabla 22. -	Resultados de ensayos Proctor modificado	131
Tabla 23. -	Ensayos CBR realizados para el control de calidad del proyecto.	133
Tabla 24. -	Densidades en campo de la capa base	135
Tabla 25. -	Consistencias del hormigón.....	139
Tabla 26. -	Consistencia del hormigón utilizado en el proyecto.....	139
Tabla 27. -	Resistencia a la compresión de hormigones para obras de drenaje.....	142
Tabla 28. -	Granulometría individual y combinada de los materiales	144
Tabla 29. -	Densidades y absorción para el árido grueso	147
Tabla 30. -	Densidades para el árido fino	150
Tabla 31. -	Ensayo del equivalente de arena	153
Tabla 32. -	Ensayo de Los Ángeles	157
Tabla 33. -	Cantidad de muestra de acuerdo con el tamaño nominal	158
Tabla 34. -	Ensayo del índice de forma	159
Tabla 35. -	Ensayo de durabilidad mediante el uso de solución de sulfato de sodio.....	163
Tabla 36. -	Ensayo del control de espesor y compactado del pavimento	176
Tabla 37. -	Actividades modificadas en el proyecto.....	179
Tabla 38. -	Volúmenes de avance de obra	182
Tabla 39. -	Porcentajes de avance de obra.....	183

Tabla 40. - Resumen general del avance físico.....	184
Tabla 41. - Variación del presupuesto general durante le ejecución del proyecto	185
Tabla 42. - Pagos de avance de obra.....	186
Tabla 43. - Resumen general del avance financiero	187
Tabla 44. - Personal requerido y utilizado en el proyecto	188
Tabla 45. - Descripción general de la planta de asfalto	193
Tabla 46. - Coeficientes de producción real de acuerdo con el contenido de humedad	215
Tabla 47. - Coeficientes de producción real de acuerdo con la a.s.n.m.....	216
Tabla 48. - Coeficientes de producción real de acuerdo con el porcentaje de finos.....	217
Tabla 49. - Coeficientes de producción real de acuerdo con la temperatura de mezcla .	218
Tabla 50. - Valores para reemplazar en la ecuación de rendimiento teórico real.....	220
Tabla 51. - Rendimiento teórico real	220
Tabla 52. - Cálculo del rendimiento por medio de datos obtenidos en planta.....	222
Tabla 53. - Comparación entre el rendimiento teórico y el rendimiento practico	222

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Ubicación del proyecto	7
Figura 2.	Tipos de tractor oruga de acuerdo con el movimiento de su hoja topadora	18
Figura 3.	Cargador frontal trabajando en conjunto con camión volquete	19
Figura 4.	Retro excavadora en uso de la pluma o brazo	20
Figura 5.	Excavadora Komatsu PC210 en parqueo de maquinarias	21
Figura 6.	Motoniveladora perfilando la subrasante	22
Figura 7.	Camión volquete descargando material laterítico	22
Figura 8.	Camión cisterna regando	23
Figura 9.	Compactador DYNAPAC CA 250 PD	24
Figura 10.	Compactador DYNAPAC CA 250	25
Figura 11.	Cisterna de riego de asfalto VOLKSWAGEN 12-140H	31
Figura 12.	Terminadora de asfalto BLAW KNOX PF-5510	32
Figura 13.	Compactador de asfalto de rodillo liso INGERSOLL RAND DD-110	33
Figura 14.	Compactador de asfalto de rodillo neumático DYNAPAC CP-271	34
Figura 15.	Organigrama del proyecto	42
Figura 16.	Corte de estructuras complementarias	46
Figura 17.	Cámara de inspección invadiendo plataforma	46
Figura 18.	Variación de cota de alcantarillas para el diseño geométrico	48
Figura 19.	Cotización emitida de ENDE para la empresa Contratista	49

Figura 20.	Nube de puntos para el diseño geométrico	50
Figura 21.	Testigos izquierdo y derecho, delimitando el ancho para plataforma	51
Figura 22.	Control topográfico para nivelación de plataforma	52
Figura 23.	Imagen y descripción de Estación total Leica TS06	53
Figura 24.	Imagen y descripción de trípode Crain Tri – Max	53
Figura 25.	Prisma y jalón Leica	54
Figura 26.	G.P.S. Diferencial Leica Viva GS 10	54
Figura 27.	Sección tipo del paquete estructural	56
Figura 28.	Ruta del Banco de Explotación a Banco Pinto Montero	57
Figura 29.	Retiro de la capa asfáltica	60
Figura 30.	Perfilado y nivelado de la subrasante	62
Figura 31.	Fuga de agua de acometida de agua potable	63
Figura 32.	Reparación de acometida de agua potable	63
Figura 33.	Acopio de material laterítico para capa base	65
Figura 34.	Distribución de material laterítico mediante Motoniveladora	66
Figura 35.	Compactado de capa base	66
Figura 36.	Tubo de hormigón armado extraído de un drenaje anterior	68
Figura 37.	Control topográfico para cordones y cunetas	69
Figura 38.	Equipos utilizados para las actividades que conforman el drenaje pluvial	73
Figura 39.	Excavación para cabezal de hormigón armado	74

Figura 40.	Material granular conformando un sub-dren	75
Figura 41.	Encofrado y armadura para cabezal de hormigón armado	76
Figura 42.	Proceso constructivo de hormigones para obras de arte	78
Figura 43.	Tubos Pead de 24” colocados para el desvió de aguas pluviales	79
Figura 44.	Relleno y compactado de material laterítico	80
Figura 45.	Tubos de hormigón armado deteriorados	81
Figura 46.	Tendido de tubos de hormigón armado de diámetro igual a 1000mm	82
Figura 47.	Diseño de cordón y cuneta	83
Figura 48.	Encofrado y armado para cordones y cunetas	84
Figura 49.	Acabado final del cordón y cuneta	85
Figura 50.	Bobcat Barredor	87
Figura 51.	Soplador de Corteza y Mantillo	87
Figura 52.	Replanteo topográfico para el vaciado de la carpeta asfáltica	88
Figura 53.	Almacenaje del cemento asfáltico	90
Figura 54.	Roseado de diésel a rodillo liso del compactador de pavimento	92
Figura 55.	Equipos utilizados en las actividades del pavimentado	93
Figura 56.	Herramientas utilizadas en las actividades del pavimentado	94
Figura 57.	Rastrillo plano para pavimentación	94
Figura 58.	Proceso de imprimación	96
Figura 59.	Proceso de pavimentación	98

Figura 60.	Control del espesor del pavimento	99
Figura 61.	Borde del pavimento donde se unirá al nuevo vaciado para completar la vía .	99
Figura 62.	Termómetro bimetalico para mezcla asfáltica	100
Figura 63.	Compactado del pavimento	101
Figura 64.	Extracción de núcleos para el control de calidad	101
Figura 65.	Reparación y limpieza de cámaras de alcantarillas	103
Figura 66.	Levantamiento y replanteo topográfico	105
Figura 67.	Riego de liga	110
Figura 68.	Proceso de recapado	111
Figura 69.	Control del espesor del pavimento	112
Figura 70.	Corte del borde del recapado	113
Figura 71.	Termómetro bimetalico para mezcla asfáltica	114
Figura 72.	Compactado del recapado	115
Figura 73.	Extracción de núcleos para el control de calidad	115
Figura 74.	Cortado del pavimento para el bacheo profundo	117
Figura 75.	Retiro de capa de rodadura dañada para realizar el bacheo profundo	118
Figura 76.	Riego de imprima para bacheo	119
Figura 77.	Compactado final a la ejecución del bacheo profundo	119
Figura 78.	Geomalla de fibra de vidrio tendida en cumplimiento al proyecto	120
Figura 79.	Tamices para ensayo granulométrico	124

Figura 80.	Clasificación de suelos método AASHTO	126
Figura 81.	Equipos de laboratorio para los ensayos de limite líquido y plástico	128
Figura 82.	Equipos para realizar los ensayos de compactación	130
Figura 83.	Equipos y herramientas para el ensayo C.B.R.	132
Figura 84.	Ensayo de densidades en campo para 2da capa base	134
Figura 85.	Ensayo del cono de Abrams	138
Figura 86.	Vaciado de probetas para el ensayo de compresión	140
Figura 87.	Tamizado mediante equipo automático de laboratorio	143
Figura 88.	Forma de pesado de muestra para ensayo de densidad sumergida	146
Figura 89.	Molde cónico y pisón para ensayo de humedad superficial	149
Figura 90.	Equipos necesarios para realizar el ensayo del equivalente de arena	151
Figura 91.	Grados de ensayo, definidos por sus rangos de tamaño en mm	154
Figura 92.	Máquina de Los Ángeles para ensayos de abrasión	155
Figura 93.	Medición de largo y ancho del agregado grueso	158
Figura 94.	Cantidad de material de ensayo para cada fracción y sub fracción	160
Figura 95.	Tamizado final del árido grueso en ensayos de sulfato de sodio	161
Figura 96.	Factor de corrección de la estabilidad	171
Figura 97.	Realización del método MARSHALL	174
Figura 98.	Extracción de núcleos	175
Figura 99.	Cronograma del proyecto ejecutado en su totalidad	181

Figura 100.	Ejecución con la mano de obra mínima requerida	191
Figura 101.	Marca y modelo de la planta de asfalto	193
Figura 102.	Cabina de mando	194
Figura 103.	Generador de electricidad para la planta de asfalto	195
Figura 104.	Dosificación de áridos en la planta de asfalto	198
Figura 105.	Secado del material granular	202
Figura 106.	Tambor del secador Terex	203
Figura 107.	Proceso del filtrado de gases	204
Figura 108.	Mangas de poliéster para el filtrado de gases	205
Figura 109.	Proceso de calentado del cemento asfáltico	207
Figura 110.	Caldera del termotanque de asfalto TEREX	208
Figura 111.	Descripción gráfica de un termotanque de asfalto	208
Figura 112.	Componentes del mezclado y vaciado del material en tolva	211
Figura 113.	Vaciado de mezcla asfáltica en camión volquete	212
Figura 114.	Dimensionamiento de la planta de asfalto	212
Figura 115.	Volquetes destinados al transporte de mezcla asfáltica	221

CAPITULO I – ASPECTOS GENERALES

1.1 INTRODUCCION

El desarrollo del presente documento de Trabajo Dirigido hace referencia al seguimiento del proyecto: “Mejoramiento de vías urbanas con pavimento y recapeo en el municipio de Cobija”, ejecutado por la Empresa Constructora Pinto Montero, y como contratante al Gobierno Autónomo Municipal de Cobija. Donde se detalla las actividades ejecutadas, sus cantidades y controles de calidad.

En este contexto se dará un enfoque técnico a cada una de las actividades ejecutadas durante el emplazamiento del proyecto como ser:

- Retiro de capa asfáltica (carpeta dañada irreparable).
- Movimiento de tierras.
- Construcción de drenaje pluvial.
- Pavimentado y recapado asfáltico.
- Construcción de cordones y cunetas.
- Ensayos de laboratorio para el control de calidad.
- Cálculo del rendimiento de la planta de asfalto.

Las cuales se desarrollarán en los capítulos siguientes, dando cumplimiento a los objetivos trazados para el debido control y seguimiento del proyecto, incluyendo las modificaciones e informes especiales que se presentó durante la ejecución de la obra y los aspectos administrativos enfocados en los avances físicos y financieros detallados en tres planillas elaboradas por la empresa ejecutora.

En este documento también se presenta el proceso realizado para la fabricación de mezclas asfálticas mediante la planta de asfalto Magnum80 y el control de su rendimiento de acuerdo con factores influyentes por el material y el lugar donde está ubicada la planta de asfalto, donde se presentan los resultados y variaciones en comparación del control del rendimiento teórico y el rendimiento real cronometrado a una muestra de volumen.

1.2 ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

1.2.1 Antecedentes del Trabajo Dirigido.

Trabajo Dirigido. – Se considera la siguiente definición por Trabajo Dirigido: “Consiste en trabajos prácticos desarrollados en instituciones, empresas públicas, privadas y ONGs encargadas de proyectar o implementar proyectos, que son supervisados, fiscalizados y evaluados por profesionales en calidad de asesores o guías miembros de la misma, y en base a un temario.

- a. Trabajo Dirigido Externo. - Trabajo desarrollado en empresas públicas o privadas encargadas de proyectar o implementar obras para lo cual y en base a un temario se propone un trabajo específico. Esta Modalidad de Graduación contempla también el planteamiento de soluciones de problemas específicos, demostrando dominio amplio del tema y capacidad para resolverlos.” (Reglamento específico de modalidad de graduación, 2017, pág. 4).

Para cumplir con lo establecido en la modalidad de graduación por Trabajo Dirigido, se procedió de la siguiente manera:

En fecha 17 de diciembre del 2020 se aprueba el perfil de Trabajo Dirigido: “Control y Seguimiento del Proyecto: Mejoramiento de Vías Urbanas Con Pavimento y Recapeo en el Municipio de Cobija.” Mediante resolución de consejo de área F.C.yT. N° 099/2020.

En ese contexto el ing. Erick Arrazola Iriarte, coordinador de la carrera de Ingeniería Civil, solicita al Rectorado la redacción del convenio interinstitucional entre la Universidad Amazónica de Pando (U.A.P.) y la Empresa Constructora Pinto Montero, mediante nota dirigida al Ing. Franz Navia Miranda – Rector de la U.A.P.

El 28 de abril del 2021 se firmó el convenio interinstitucional en instalaciones del Rectorado, para el cumplimiento de este, se designó al Ing. Jorge Aquino Peñaranda como supervisor para la orientación del trabajo dirigido hasta la presentación del documento final.

Dando cumplimiento al protocolo administrativo para la aceptación de la modalidad, se muestra toda la documentación requerida (Ver ANEXO A – Documentación para optar la modalidad de Trabajo Dirigido). La misma se describe a continuación:

- Resolución de consejo de área N° 099/2020.
- Convenio Interinstitucional.
- Carta de designación de supervisor.

1.2.2 Antecedentes del proyecto.

1.2.2.1 Datos generales de la empresa privada:

Razón Social:	EMPRESA CONSTRUCTORA PINTO MONTERO
Matricula de Comercio:	00108880
Tipo Societario:	EMPRESA UNIPERSONAL
Actividad:	CONSTRUCCION OBRAS CIVILES
Numero de NIT:	01044631011
Licencia de Funcionamiento:	2089
Propietario:	Lic. ALBERTO PINTO MONTERO
Departamento:	PANDO
Municipio:	COBIJA
Dirección:	Km. 11 – Carretera Porvenir – S/N – Zona: Km. 11

1.2.2.2 Datos generales del proyecto:

Los datos generales del proyecto se presentan a continuación en tabla 1.

Tabla 1. - Datos generales del proyecto

PROYECTO:	Mejoramiento de vías urbanas con pavimento y recapeo en el municipio de Cobija.
EJECUTOR:	Empresa Constructora Pinto Montero.
CONTRATO DE OBRA:	Modalidad de Licitación Pública.
MONTO INICIAL (CONTRATO INICIAL):	Bs. 13.654.515,62 (Trece millones seiscientos cincuenta y cuatro mil quinientos quince 62/100 Bolivianos).
INCREMENTO DE PRESUPUESTO POR CONTRATO MODIFICATORIO:	Bs. 343.770,80 (Trescientos cuarenta y tres mil setecientos setenta 80/100 Bolivianos). 2,52% Incrementado.
MONTO ACTUALIZADO DE CONTRATO:	Bs. 13.998.286,42 (Trece millones novecientos noventa y ocho mil doscientos ochenta y seis 42/100 Bolivianos).
PLAZO INICIAL DE EJECUCION:	240 días.
INCREMENTO DE PLAZO POR CONTRATO MODIFICATORIO:	20 días.
PLAZO ACTUALIZADO DE CONTRATO:	260 días.
INICIO DE OBRA:	04 de marzo del 2021
FECHA DE ENTREGA PROVISIONAL CONTRACTUAL:	29 de octubre del 2021
FECHA DE ENTREGA PROVISIONAL ACTUALIZADA:	18 de noviembre del 2021
LONGITUD TOTAL:	6.246,00 metros – 6,25 kilómetros
VIDA UTIL:	7 a 10 años.

Fuente: Carpeta de respaldo de la empresa ejecutora del proyecto: "Mejoramiento de vías urbanas con pavimento y recapeo en el municipio de Cobija", 2021.

1.2.2.3 Ubicación del proyecto:

El proyecto se extiende inicialmente en el barrio La Cruz, pasando al barrio 1ro de Mayo, luego al barrio La Amistad, 27 de Junio, San Pedro, 6 de Enero, llega a la Urbanización Bolivia y continua hacia el barrio Perla del Acre, barrio donde concluye el tramo del proyecto.

Estos lugares, barrios y urbanizaciones, se ubican al noroeste de la ciudad de Cobija capital del departamento Pando del Estado Plurinacional de Bolivia.

Son 6.246 metros lineales ejecutados, longitud total de dos tramos, el primero de 5.800 metros y el segundo de 446 metros.

El tramo que contempla el proyecto se muestra en la figura 1. con la siguiente descripción:

- País: BOLIVIA
- Departamento: PANDO
- Provincia: NICOLAS SUAREZ
- Municipio: COBIJA
- Barrios: LA CRUZ, 1RO DE MAYO, LA AMISTAD, 27 DE JUNIO, SAN PEDRO, 6 DE ENERO, URBANIZACION BOLIVIA, PERLA DEL ACRE

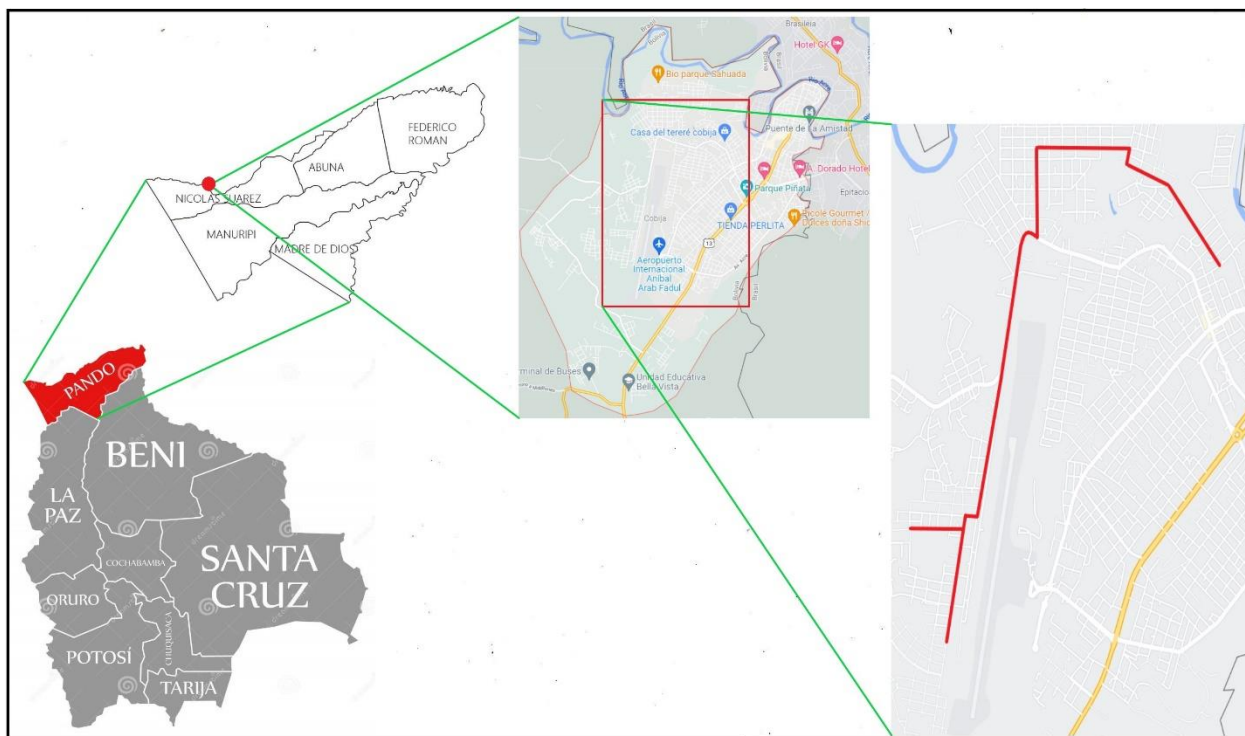


Figura 1. Ubicación del proyecto

Fuente: Elaboración propia en base de los planos del proyecto. – Ubicación y desplazamiento satelital, Google Maps.

La ubicación del tramo del proyecto se presenta en la tabla 2. mediante coordenadas, dato determinado mediante el uso del programa Google Earth.

Tabla 2. - Coordenadas U.T.M. del tramo del proyecto

PUNTO	BARRIO	PROG.	LATITUD	LONGITUD	ESTE (UTMX)	NORTE (UTMY)
INICIO 1	LA CRUZ	0+000	11° 01' 14.43" S	68° 45' 54.99" W	525640.5	8781724.5
FIN 1	PERLA DEL ACRE	5+800	11° 02' 40.57" S	68° 47' 13.36" W	523260.5	8779080.6
INICIO 2	PERLA DEL ACRE	0+000	11° 02' 14.62" S	68° 47' 07.86" W	523428.1	8779877.4
FIN 2	PERLA DEL ACRE	0+446	11° 02' 15.70" S	68° 47' 21.70" W	523008.2	8779844.4

Fuente: Elaborado a base de datos topográficos, programa Google Earth.

1.2.2.4 Diagnóstico de la situación actual:

- *Relieve y Geotecnia.* –

De acuerdo con el estudio realizado por ZONISIG – 1997 (Zonificación Agroecológica y Socioeconómica, y Perfil Ambiental del Departamento Pando 1997). El departamento de Pando tiene un clima tropical húmedo cálido. Se caracteriza por temperaturas mensuales medias elevadas durante todo el año y una precipitación anual que sobrepasa la evapotranspiración.

En la superficie del departamento afloran mayormente sedimentos cuaternarios. Escasos afloramientos de edad terciaria aparecen en los cortes expuestos en los principales ríos (Acre y Madre de Dios) en la parte central Este del departamento, hallándose recubiertos por depósitos cuaternarios. Sin embargo, extensas formaciones lateríticas de edad terciaria, en areniscas limo líticas y arcillitas, cubren la parte Noreste del departamento. Todo clasificado como llano, caracterizándolo como terreno ondulado, la mayor parte está formada por planicies ubicadas a más de 180 m.s.n.m. con fuerte disección y colinas por encima de los 200 m.s.n.m. (superficies erosionales) y pequeñas superficies (a orillas del río Acre) que pertenecen a las llanuras aluviales.

Las secciones bajas y estrechas se afectan por frecuentes inundaciones durante varios meses al año.

- *Socioeconómico.* –

En los últimos años Bolivia ha demostrado un elevado crecimiento poblacional, que se denotan principalmente en las ciudades capitales, sean diversos los factores como: tasa de natalidad, migración y/o viajes turísticos. Este es el caso de la ciudad de Cobija ubicada en el departamento de Pando al norte del Estado Plurinacional de Bolivia, la cual se considera como una ciudad extraordinaria por presentar uno de los índices de crecimiento poblacional más elevado del país,

por lo que implica un gran desarrollo demográfico, haciendo que cada día la población llegue a ubicarse en lugares rurales realizando asentamientos, nuevas urbanizaciones y/o migraciones, debido a la saturación en la ciudad capital, esta intervención predomina en las comunidades. Es esta expansión la que dio lugar a los barrios y urbanizaciones ubicadas al noroeste del municipio de Cobija.

Es de consideración que los barrios al Oeste del municipio de Cobija están en crecimiento, donde el flujo vehicular es bastante destacado, dado que se tiene una vía principal que une a todos estos barrios y urbanizaciones, vía que pasa por los principales equipamientos de este lado de la ciudad, como ser; escuelas, mercados, centros de salud, establecimiento de bomberos, locales comerciales, etc. La misma que es beneficiada con el pavimentado y recapeo del proyecto que describe este documento.

- *Técnico.* –

Se realizó la inspección del tramo donde se evidenció que las vías estaban conformadas de pavimento antiguo por sectores, lugares donde la superficie de rodadura era de arcilla y diversos baches ocasionados por el desgaste del pavimento a lo largo del tramo.

Se observó también cauces de agua transitorios en zonas colindantes al tramo, con grandes caudales en tiempos de lluvia, con falta de obras de arte que encaucen estas aguas que atraviesan varias vías del tramo del proyecto.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La falta de mantenimientos en los tramos dentro el presente proyecto, ha generado el deterioro considerable de estas vías, con erosiones y baches en la plataforma causados por el flujo de las fuertes lluvias. En los tramos que son de tierra, se presenta la imposibilidad de circulación vehicular y peatonal, debido a los ahuellamientos generados en temporada de lluvia.

La circulación sobre las vías en mención se ha tornado bastante insegura, más aún por la falta de señalización vertical y horizontal, también la contaminación visual ocasionada por las partículas de polvo que se suspenden y afectan la salud de los transeúntes.

De acuerdo con estas dificultades, surge la necesidad de solucionar estos problemas por medio de la implementación de pavimento flexible por lo que se dio el proyecto: “MEJORAMIENTO DE VIAS URBANAS CON PAVIMENTO Y RECAPEO EN EL MUNICIPIO DE COBIJA”

Este proyecto se basa en garantizar la transitabilidad vehicular de las vías que forman parte del trazado del proyecto, con el propósito de impulsar al desarrollo económico, social y productivo del municipio de Cobija.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general.

Realizar el seguimiento a la ejecución del proyecto: “MEJORAMIENTO DE VIAS URBANAS CON PAVIMENTO Y RECAPEO EN EL MUNICIPIO DE COBIJA” para el cumplimiento del trabajo dirigido, donde se presentarán informes mensuales aprobados por el supervisor designado, por parte de la empresa contratista, mencionando las actividades realizadas en la ejecución de la obra. Implementando el aporte, al documento final, del proceso de fabricación de mezcla asfáltica con la planta de asfalto y el cálculo de su rendimiento.

1.4.2 Objetivos específicos.

- Realizar el seguimiento al control topográfico del proyecto.
- Realizar el seguimiento a los ensayos de geotecnia, materiales de construcción del proyecto y de asfalto.
- Realizar el seguimiento a las actividades requeridas para el cumplimiento del proyecto.
- Realizar el seguimiento a las planillas y volúmenes de avance de obra e informes periódicos y/o especiales.
- Realizar el seguimiento al proceso de fabricación de mezcla asfáltica de la planta de asfalto y el cálculo de su rendimiento.

1.5 JUSTIFICACION

En la ciudad de Cobija, ubicada al norte de Bolivia, ciudad fronteriza con el país de Brasil, existe un gran porcentaje de crecimiento poblacional (Ref.: Datos del Instituto Nacional de Estadística), lo cual produce migraciones que resultan en asentamientos e invasiones realizadas por personas que llegan del centro y sur del país, creándose así nuevas urbanizaciones y barrios. Tal motivo lleva a la necesidad de tener más vías asfaltadas o pavimentadas, para dar una conexión vial de mejor calidad de los barrios al centro urbano, también realizando el respectivo mantenimiento a vías ya pavimentadas que han sido descuidadas y muestran un gran desgaste, como es el caso de estas vías calificadas dentro del proyecto presente, y con el cumplimiento de este, abra un gran aprovechamiento para proyectos paralelos de pavimento articulado, así teniendo todos los tramos viales de Cobija beneficiados de este servicio urbano.

1.5.1 Justificación técnica del trabajo dirigido.

Se realizó el control y seguimiento de este proyecto vial con la finalidad de cumplir los requisitos, basados en norma, de la modalidad de graduación para obtener la licenciatura en la carrera de Ingeniería Civil.

Se realizaron las actividades requeridas para el cumplimiento de los objetivos específicos que se propuso en el perfil de grado aprobado con anterioridad del inicio del proyecto.

1.5.2 Justificación técnica.

El proyecto se ejecutó principalmente por la necesidad que requerían los barrios contemplados en cuanto a mantenimiento de sus accesos principales a conectarse con la ciudad de Cobija.

Tiene la finalidad de atender y minimizar los problemas viales como ser baches, ahuellamientos, grietas y otros.

Con la construcción del proyecto se resolvió las problemáticas en mención con el objetivo de fortalecer la transitabilidad y seguridad vial

El pavimento flexible es una gran alternativa para las vías urbanas debido a que:

- El asfalto es uno de los materiales de construcción que coadyuvan al medio ambiente ya que se puede reciclar, esto hace que los pavimentos de asfalto sean sostenibles. El asfalto recuperado se recoge y se transporta a la planta de asfalto en donde será triturado y de los gránulos triturados se reutiliza para el nuevo asfalto.

1.5.3 Justificación socioeconómica.

Este proyecto tiene como beneficio socioeconómico el generar empleos que mejoran la calidad de vida de la población Cobijeña, debido a la gran cantidad de personas que se necesitan en mano

de obra para el cumplimiento del proyecto, impulsando un desarrollo económico, social y productivo.

1.5.4 Justificación ambiental.

Este proyecto vial mejoró la transitabilidad de vehículos y de peatones, al mejorar las calles en las que circulan los transeúntes, así reduciendo las partículas en suspensión que contaminaban el medio ambiente y provocaban malestares a las personas, paralelamente impide el estancamiento de aguas que dañan la plataforma y se previenen accidentes de tránsito que se provocan en vías con falta de mantenimiento.

CAPITULO II – MARCO CONCEPTUAL

2.1 ESTRUCTURA JERARQUICA DEL PROYECTO

Para entendimiento de la figura 26. Se presentan las siguientes definiciones:

- Honorable Alcalde del Gobierno Autónomo Municipal de Cobija: “Persona electa para el cargo de máxima autoridad gubernativa municipal. Denominado representante de la Entidad Contratante en obras municipales”. (Ref.: Guía Boliviana de Fiscalización de Obras)
- Fiscal del G.A.M.C.: “Profesional que efectúa el control del cumplimiento de supervisión y ejecución de la obra, mediante el sistema de fiscalización de Obras en las áreas: Institucional, técnico – metodológico y de inversión por parte de la Entidad Contratante”. (Ref.: Guía Boliviana de Fiscalización de Obras)
- Supervisor: “Profesional con el objetivo principal de controlar el cumplimiento de calidad, tiempo y costo de la obra”. (Ref.: Guía Boliviana de Fiscalización de Obras)
- Superintendente de Obra: “Profesional encargado de dirigir por parte del Contratista, la ejecución de la obra acorde a los planos, especificaciones técnicas y volúmenes establecidos en el proyecto”. (Ref.: Guía Boliviana de Fiscalización de Obras)
- Residente de Obra: “Profesional encargado de detalles específicos de cada actividad, como lo es las dosificaciones, ya sea de la mezcla asfáltica o de hormigones. O de control en laboratorios y procesos constructivos”. (Ref.: Guía Boliviana de Fiscalización de Obras)
- Residente de apoyo: Persona como calidad de estudiante Egresado de la carrera de ingeniería civil, responsable del apoyo a la ejecución de la obra con carácter de control de calidad y seguimiento de las actividades del proyecto.

- Mano de obra calificada A: Personal calificado capaz de ejecutar las actividades y organizar grupos de trabajo, en coordinación al residente de obra. Designado para ejecutar las actividades compuestas por movimiento de tierras, comúnmente distinguido como Capataz.
- Mano de obra calificada B: Personal calificado para el manejo de equipos y maquinaria específica que cumpla con la ejecución de la obra, comúnmente distinguido como Operador.
- Mano de obra calificada C y D: Personal Calificado para ejecutar actividades específicas y organizar grupos de trabajo en actividades de plomería o construcción de hormigones, distinguido como Maestro Albañil y Plomero.
- Mano de obra no calificada a, b, c y d: Personal de apoyo comúnmente distinguido como Ayudante.

2.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

Se detalla algunos conceptos a emplearse:

- Levantamiento topográfico – “Consiste en una serie de actividades llevadas a cabo con el propósito de describir la composición de las variaciones del terreno, conformada por la ubicación de accidentes naturales o artificiales, generando información a partir de disposición de puntos en el terreno, dando como resultado una base de datos factibles para su interpretación”. (Ref.: Control y Seguimiento del Proyecto: Enlosetado de Vías de Cobija – Tramo: Comunidad Abaroa)
- B.M. – (Banco de Marca o Nivel). “Son puntos de control para nivelación, confiables al ser empotrados y distribuidos en lugares estratégicos de la ciudad y sus alrededores. Se pueden determinar alturas respecto a nivel del mar”. (Ref.: Control y Seguimiento del Proyecto: Enlosetado de Vías de Cobija – Tramo: Comunidad Abaroa)

- Base de datos – “Hace referencia a nubes de puntos georreferenciados y digitalizados, obtenidos a partir de la nivelación con equipo topográfico en la superficie del terreno de estudio”. (Ref.: Control y Seguimiento del Proyecto: Enlosetado de Vías de Cobija – Tramo: Comunidad Abaroa)
- Replanteo – “Es un conjunto de procedimientos realizados en campo, inversamente a la obtención de datos, que consisten en plasmar detalles representados de planos en el terreno, como, por ejemplo: el lugar donde colocar ejes de diseño geométrico en una vía”. (Ref.: Control y Seguimiento del Proyecto: Enlosetado de Vías de Cobija – Tramo: Comunidad Abaroa)
- Nivelación – “Llamado también altimetría, consiste en procedimientos que nos permiten obtener directamente elevaciones en diversos puntos referenciados por los puntos base B.M”. (Ref.: Control y Seguimiento del Proyecto: Enlosetado de Vías de Cobija – Tramo: Comunidad Abaroa)
- Alarife – “Personal de apoyo que requiere un técnico topógrafo, para realizar actividades complementarias”. (Ref.: Control y Seguimiento del Proyecto: Enlosetado de Vías de Cobija – Tramo: Comunidad Abaroa)

2.3 CONFORMACIÓN DE PLATAFORMA

“Las plataformas son estructuras construidas a partir de materiales sueltos que se someten a un proceso de compactación, con el fin de conformar un elemento resistente y poco deformable”. (Ref.: Normas Técnicas - Empresas Públicas de Medellín). En este entendido, se define este apartado como el movimiento de tierras, desde el corte de material inaprovechable hasta el relleno con mejor tipo de material, que concluyen en una estructura resistente con el propósito de conformar una vía.

2.3.1 Materiales.

2.3.1.1 Laterita:

“La laterita es el suelo propio de las regiones cálidas, caracterizado por la pobreza en sílice y su elevada cantidad de hierro, alúmina y/u otros minerales. Las costras lateríticas se deben a la meteorización de la capa superficial del suelo, es decir, a la acción in situ de los agentes meteorológicos (lluvia, insolación, viento, acción de los seres vivos, etc.)”. (Ref.: Wikipedia – Laterita)

2.3.2 Maquinaria y equipos.

A continuación, se detallan las especificaciones de cada maquinaria que participa en la conformación de plataformas:

- a) Tractor Oruga Bulldozer. – Maquinaria pesada, se caracteriza por transformar la energía del motor en energía de tracción, compuesto por un camarote esbeltico de control, acondicionado sobre un sistema de transmisión por cadenas conectadas entre los ejes delantero y trasero, desarrollando así una mayor potencia. Su hoja es de tipo Bulldozer, detallado en la siguiente figura:

(El termino Bulldozer se refiere al movimiento que realiza la maquinaria con la hoja topadora frontal con la que trabajan en línea recta y movimiento vertical) (Fuente: “Maquinaria y Equipo de Construcción – Texto Guía de la U.M.S.S.”)

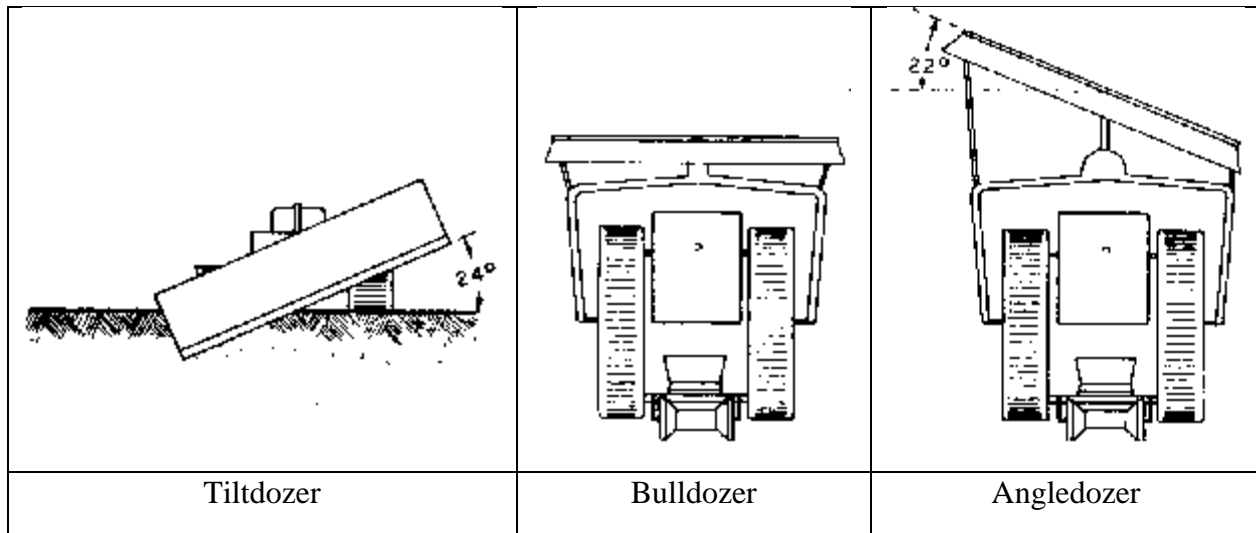


Figura 2. Tipos de tractor oruga de acuerdo con el movimiento de su hoja topadora
 Fuente: Google – Maquinaria para transporte de material a distancias cortas – Jean Le Ray

b) Cargador Frontal. – Maquinaria pesada especializada para carga, compuesta por un chasis de tractor, que en su parte delantera lleva una pala cargadora formada por un cucharón de capacidades variables sujeta por dos brazos laterales, los cuales son accionados por dos pistones de elevación y de efecto doble, alimentados por una bomba hidráulica de alta presión.

El cargador frontal está apoyado sobre neumáticos de cuatro ruedas que están sobre dos ejes, que generan tracción, que les permite mejores condiciones de operación y mejor aprovechamiento de la potencia del motor. Tienen dirección articulada que facilitan los virajes en espacios reducidos, por contar con menor radio de giro. (Fuente: “Maquinaria y Equipo de Construcción – Texto Guía de la U.M.S.S.”)



Figura 3. Cargador frontal trabajando en conjunto con camión volquete

Fuente: Elaboración propia

- c) Retro Excavadora. – Maquina especializada para realizar excavaciones. Cuenta con un sistema de trabajo variado, la cual puede realizar excavaciones y carga en menor escala. Está conformada por un chasis tractor adecuado en dos cuerpos, en la parte delantera cuenta con un cucharón sujeto por dos brazos hidráulicos, y en la parte trasera por una pluma con una cuchara que varía en forma y capacidad según requiera el trabajo a conformarse, dicha pluma realiza un movimiento que no excede los 90° a cada lado respecto del eje del chasis. Un mecanismo característico son los estabilizadores ubicados en los extremos posteriores izquierdo y derecho, que tienen la función de apoyar la maquina estabilizándola al realizar trabajos que impliquen mayor potencia. (Fuente: “Maquinaria y Equipo de Construcción – Texto Guía de la U.M.S.S.”)



Figura 4. Retro excavadora en uso de la pluma o brazo

Fuente: Elaboración propia

d) Excavadora. – Máquina dotada de una tornamesa que le permite girar horizontalmente con un ángulo de 360°, la cabina de control con una pluma extensible y cucharón, acondicionados sobre orugas para su mejor estabilización de trabajo. Los cucharones varían en diferentes capacidades acorde al tipo de trabajo que vayan a realizar.

Son maquinarias diseñadas para realizar excavaciones profundas o actividades que se refieran al movimiento de tierras de corto traslado. (Fuente: “Maquinaria y Equipo de Construcción – Texto Guía de la U.M.S.S.”)



Figura 5. Excavadora Komatsu PC210 en parqueo de maquinarias

Fuente: Elaboración propia

- e) Motoniveladora. – Máquina de especialidad vial para construcción de terraplenes, compuesta por un tracto camión con cuatro ruedas y ejes traseros de tracción, un bastidor articulado y apoyado en un tren delantero de eje simple con dos ruedas direccionales que realizan una inclinación lo que les permite ajustarse fácilmente a los desniveles del terreno, un escarificador de 5 dientes removibles que pueden estar acomodados en la parte delantera o trasera de la máquina, equipada en una hoja de corte dotada de movimientos verticales, horizontales, rotación y traslación en su propio plano. El movimiento de la hoja de corte del sistema tornamesa horizontal, varía entre 0° a 180° en relación con el eje longitudinal de la máquina y se inclina perpendicularmente al terreno.

Esta máquina fue ensamblada especialmente para efectuar trabajos de corte, mezclado, extendido, nivelado y perfilado de plataformas, terraplenes, taludes y mantenimiento de caminos en general. (Fuente: “Maquinaria y Equipo de Construcción – Texto Guía de la U.M.S.S.”)



Figura 6. Motoniveladora perfilando la subrasante

Fuente: Elaboración propia

- f) **Camión Volquete.** – Camión fabricado en serie de dos o tres ejes provistos de neumáticos, compuestos por un chasis prolongado donde se monta la cabina de control y una tolva basculante de diferentes capacidades, dotada de un sistema hidráulico de elevación formado por uno o dos pistones acondicionados por la toma de fuerza del motor y un eje de transmisión conectado a una bomba hidráulica. Al ser una de las maquinarias más utilizadas en cualquier obra vial, cumplen con la función del traslado de material. (Fuente: “Maquinaria y Equipo de Construcción – Texto Guía de la U.M.S.S.”)



Figura 7. Camión volquete descargando material laterítico

Fuente: Elaboración propia

- g) Camión Cisterna. – Camión con similares características de los camiones volquete, con la única diferencia que en la parte trasera del chasis va montado un tanque cilíndrico de metal con capacidad de almacenaje de agua, dependiendo la cantidad de acuerdo con la potencia del motor.

Cumple con la función de regado de terraplenes, controlando la humedad óptima requerida en obra, de esta forma se obtenga un mejor resultado de compactación. (Fuente: “Maquinaria y Equipo de Construcción – Texto Guía de la U.M.S.S.”)



Figura 8. Camión cisterna regando

Fuente: Elaboración propia

- h) Compactador Rodillo Pata de Cabra. – Máquina de chasis tractor formada por un rodillo cilíndrico hueco con ventajas de ser lastrados con arena húmeda o cualquier otro material, cuenta con una hilera de pisones cuya superficie son de sección prismática, con un alto de 20 a 25 cm. Estos cilindros están montados en un bastidor de 12 toneladas que se acopla al tractor para su remolque.

La maquinaria tiene como función principal el compactar la plataforma buscando el obtener la densidad optima. (Fuente: “Maquinaria y Equipo de Construcción – Texto Guía de la U.M.S.S.”)



Figura 9. Compactador DYNAPAC CA 250 PD

Fuente: Elaboración propia

- i) Compactador Rodillo Liso. – Con similares características al rodillo pata de cabra, cuenta con el mismo funcionamiento de vibración, remolque y distribución del centro de gravedad en la superficie de contacto del cilindro de 12 toneladas, con la diferencia de la forma lisa del cilindro igualmente hueco. Se caracteriza por su funcionamiento para realizar acabados, donde posteriormente se harán actividades para la construcción de una capa de rodadura. (Fuente: “Maquinaria y Equipo de Construcción – Texto Guía de la U.M.S.S.”)



Figura 10. Compactador DYNAPAC CA 250

Fuente: Elaboración propia

2.4 DRENAJES PLUVIALES

“Es el sistema o red que recolecta y conduce las aguas pluviales que escurren en su gran mayoría sobre la ciudad y zona metropolitana, disponiéndolas en estructuras de infiltración, filtración, retención, detención y/o conduciéndolas mediante canales o tuberías hasta descargar a los cuerpos de agua naturales existentes”. (Ref.: Alcantarillado Pluvial – SIAPA)

2.4.1 Materiales.

Los materiales utilizados en la ejecución de las actividades que conforman los drenajes pluviales son:

- Brita
- Cemento portland
- Arena
- Barras corrugadas de Acero
- Madera para encofrado
- Tubo Pead

2.4.1.1 Brita:

“La brita es una piedra quebrada mecánicamente en fragmentos de diversos diámetros. Es muy utilizada en la fabricación de concretos, como agregado para carreteras u otras obras civiles.

Su clasificación de la brita es de acuerdo con su diámetro, clasificada desde brita cero (0) hasta brita cinco (5) en orden creciente”. (Ref.: Brita – Wikipedia Brasil)

2.4.1.2 Cemento Portland:

“El cemento es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse después de ponerse en contacto con el agua. El producto resultante de la molienda de estas rocas es llamado Clinker y se convierte en cemento cuando se le agrega una pequeña cantidad de yeso para evitar la contracción de la mezcla al fraguar cuando se le añade agua y endurecerse posteriormente”. (Ref.: Cemento – Wikipedia)

2.4.1.3 Arena:

“La arena es un conjunto de fragmentos sueltos de rocas o minerales de tamaño pequeño, que forma parte del árido o material cerámico inerte que interviene en la composición del concreto u hormigón”. (Ref.: Arena – Wikipedia)

2.4.1.4 Barras corrugadas de acero:

“El acero corrugado es una clase de acero laminado diseñado especialmente para construir elementos estructurales de hormigón armado. Es una aleación del acero con 0.22% Carbono, 0.05% Fósforo, 0.05% Azufre y 0.012% de Nitrógeno. Se trata de barras de acero que presentan resaltes o corrugas que mejoran la adherencia con el hormigón, y poseen una gran ductilidad, la cual

permite que las barras se puedan cortar y doblar con mayor facilidad”. (Ref.: Acero Corrugado – Wikipedia)

2.4.1.5 Madera para encofrado:

Los encofrados de madera son los moldes en los que se realiza el vaciado in situ del hormigón en masa hasta que éste fragüe.

2.4.1.6 Tubo Pead:

“La TUBERÍA DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD o TUBERÍA PEAD se fabrica por medio de extrusión de polietileno, el cual es un termoplástico no polar, semi cristalino con distintos grados de reticulación, que se obtiene por medio de la polimerización del gas etileno, producto del craqueo de la nafta del petróleo, y plastificantes, los cuales incluyen negro de humo para protección solar”. (Ref.: Tubería Pead – GEOSAI)

2.4.2 Maquinaria y equipos.

Las maquinarias que se utilizan para la ejecución de actividades que conforman los drenajes pluviales se definen en el apartado 2.3.2 Maquinaria y equipos, y se mencionan a continuación:

- Retro Excavadora
- Camión Volquete

2.5 CAPA DE RODADURA O PAVIMENTO

“El pavimento se define como estructuras sobre capas superpuestas de materiales procesados por encima del terreno natural, con la finalidad de distribuir las cargas aplicadas a la subrasante.

Un pavimento flexible es un pavimento elaborado por una capa asfáltica a base de una mezcla bituminosa en caliente, aplicada sobre una capa de base y/o una capa de sub-base”. (Ref.: Pavimentos Flexibles – UNIFORT)

2.5.1 Materiales.

Los materiales utilizados en la ejecución de las actividades que conforman el pavimentado son:

- Cemento Asfáltico
- Kerosene
- Agregados pétreos
- Diesel
- Cemento Portland
- Arena

2.5.1.1 Asfalto:

“El asfalto, o cemento asfáltico (CA), es un material proveniente de la fracción más pesada del petróleo crudo. Es una sustancia negra y pegajosa, de comportamiento reológico viscoelástico, es decir, tiene un comportamiento elástico y plástico simultáneamente. Su viscosidad varía en función de su temperatura.

Es bastante útil debido al ser impermeable, adherente y cohesivo.

Su principal uso es para la construcción de pavimentos asfálticos en obras viales y aeroportuarias. El CA, en conjunto con los agregados pétreos, conforman las mezclas asfálticas que son las que otorgan soporte estructural y funcionalidad a los pavimentos.

Durante el proceso constructivo, el CA se debe manipular a altas temperaturas para reducir su viscosidad y ofrecer una trabajabilidad adecuada durante la fabricación y compactación de las mezclas asfálticas.

Las mezclas asfálticas fabricadas con Cementos Asfálticos Modificados con Polímeros tienen una vida útil considerablemente mayor y son especialmente recomendadas en rutas con alto tránsito y/o con climas extremos.

A temperaturas elevadas el Cemento Asfáltico Modificado con Polímeros mantiene un comportamiento sólido elástico, evitando las deformaciones permanentes y el ahuellamiento. A temperaturas bajas mantiene un comportamiento líquido viscoso, sin volverse extremadamente frágil y evitando el agrietamiento térmico.

Los cementos asfálticos se clasifican según su grado de dureza o consistencia, lo cual se mide a través de un ensayo de penetración en décimas de milímetros”. (Ref.: Cemento Asfáltico - Química Latinoamericana)

2.5.1.2 Kerosene:

“El queroseno, keroseno, kerosén o querosén (del inglés: kerosene) es un líquido inflamable, transparente (o con ligera coloración amarillenta, dependiendo de la fracción que se extraiga), mezcla de hidrocarburos, que se obtiene de la destilación del petróleo natural”. (Ref.: Queroseno – Wikipedia)

2.5.1.3 Agregados pétreos:

Los agregados pétreos que se utilizan en las mezclas asfálticas se definen en el apartado 2.4.1.1 Brita.

2.5.1.4 Diesel:

“El gasóleo o diésel es un hidrocarburo líquido de densidad sobre 850 kg/m³ (0,850 g/cm³ a 15 °C), compuesto fundamentalmente por parafinas y utilizado principalmente como combustible en calefacción y en motores diésel”. (Ref.: Diesel – Wikipedia)

2.5.1.5 Cemento Portland:

La definición del Cemento que se utiliza en las actividades del pavimentado se encuentra en el apartado 2.4.1.2 Cemento Portland.

2.5.1.6 Arena:

La definición de este material, agregado fino, se encuentra en el apartado 2.4.1.3 Arena.

2.5.2 Maquinaria y equipos.

A continuación, se definen las maquinarias que se utilizan en la conformación del pavimento:

- a) Cisterna de riego de asfalto. – Se trata de un camión de tres ejes de ruedas que, en su chasis detrás de la cabina, lleva cargado una cisterna diseñada especialmente para realizar los trabajos de imprimación o riego de liga.

La cisterna es de forma ovalada y dispone de las siguientes características: fondo y pared de cisterna en chapa de acero de 4 mm, aislamiento térmico de 100 mm de espesor, indicador de nivel con flotador, boca de hombre de cierre rápido con acceso mediante escalera con pasarela de seguridad, forrado exterior de la cisterna en Inoxidable, llenado por aspiración a partir de la bomba de emulsión o por gravedad a través del orificio superior.

El conjunto del circuito de ligante está calentado por un fluido térmico (etilglicol) calentado por intercambio de calorías con el fluido térmico del circuito de refrigeración del camión.

El intercambio de calorías se realiza por medio de un intercambiador térmico que permite

que los circuitos del camión y del equipo sean completamente independientes. Una bomba mantiene en circulación el etilglicol en los órganos y circuitos donde circula la emulsión. Está equipada con bomba de ligante volumétrica de doble camisa, accionada por motor hidráulico de alimentación de la bomba con velocidad regulada por válvula proporcional. La rampa de riego es de geometría variable hidráulica con mando desde un panel de control detrás de la cisterna de fácil manejo cuenta con las siguientes características: anchura 4,00 m, 40 difusores espaciados de 100 mm, inyectoros neumáticos desmontables, babero de goma de protección entre la rampa y el chasis y alimentación del ligante en dos puntos de la rampa. (Fuente: “Maquinaria y Equipo de Construcción – Texto Guía de la U.M.S.S.”)



Figura 11. Cisterna de riego de asfalto VOLKSWAGEN 12-140H
Fuente: Elaboración propia

- b) Camión volquete. – La definición de esta maquinaria se encuentra anteriormente en el apartado 2.3.2 Maquinaria y equipos, inciso f) Camión volquete.
- c) Terminadora de asfalto. – Es un equipo de construcción utilizado para colocar una capa de asfalto en carreteras, puentes, estacionamientos y otros lugares similares. Coloca el asfalto plano y proporciona una compactación menor antes de que sea compactado por un rodillo o apisonadora.

El asfalto es añadido por una volqueta o una unidad de transferencia de material en la tolva de la terminadora. Entonces, el transportador de banda lleva el asfalto desde la tolva, pasando las compuertas de flujo, hacia el transportador de tornillo, el cual apila el asfalto y lo dispersa en su cámara, y provee la compactación inicial.

La terminadora deberá proveer una superficie uniforme y pareja tras el reglón. En orden para proveer una superficie pareja se utiliza un reglón libre flotante, el cual está colgado al extremo de unos largos brazos laterales horizontales, con esta configuración se reduce el efecto de topología del terreno o base, en la superficie final. La altura del reglón se controla de manera manual de acuerdo con el espesor de pavimento requerido.

La necesidad de velocidad constante y suministro de asfalto es una de las razones para utilizar unidades de transferencia de material en combinación con la terminadora. Una unidad de transferencia de material permite un suministro constante de material sin contacto a la terminadora, produciendo una mejor superficie final. Cuando se utilizan volquetas para llenar la tolva de la asfaltadora, se puede producir contacto entre ambas o causar el cambio de velocidad y se afecta la altura del reglón. (Fuente: “Maquinaria y Equipo de Construcción – Texto Guía de la U.M.S.S.”)



Figura 12. Terminadora de asfalto BLAW KNOX PF-5510
Fuente: Elaboración propia

- d) Compactador de asfalto de rodillo liso. – Es una máquina pesada que produce la densificación del asfalto fundamentalmente por su peso propio. Consiste en una máquina que se traslada sobre dos rodillos tubulares de superficie lisa los cuales compactan el asfalto al trasladarse sobre este.

Actualmente es normal que la compactación se logre mediante un elemento vibratorio situado dentro del cilindro, incrementando la capacidad de compactar. (Fuente: “Maquinaria y Equipo de Construcción – Texto Guía de la U.M.S.S.”)



Figura 13. Compactador de asfalto de rodillo liso INGERSOLL RAND DD-110
Fuente: Elaboración propia

- e) Compactador de asfalto de rodillo neumático. – Se trata de una máquina con las mismas características que el compactador de asfalto de rodillo liso, a excepción, que su principal función es darle un acabado de amasamiento y sellado al pavimento, por tanto, para lograr su función es que usa una hilera de ruedas neumáticas en ves del rodillo liso. (Fuente: “Maquinaria y Equipo de Construcción – Texto Guía de la U.M.S.S.”)



Figura 14. Compactador de asfalto de rodillo neumático DYNAPAC CP-271
Fuente: Elaboración propia

2.6 BACHEO Y RECAPADO

A continuación, se presentan las siguientes definiciones:

- a) Bacheo: “Es el deterioro, hoyo o desnivel de una parte de la carpeta asfáltica de rodamiento generado por filtraciones de agua, desgaste vehicular, deficiencias del suelo o pérdida de material asfáltico”. (Ref.: Bacheo – ASECA)
- b) Recapado: “El recapado asfáltico es un recurso ampliamente utilizado en la recuperación de pavimento y presenta un desafío recurrente; «evitar el surgimiento de grietas reflectadas». La función principal es absorber las tensiones provenientes de las dilataciones o deformaciones de las placas de pavimento antiguo, provocadas por el tráfico de vehículos o dilatación y contracción térmica de los elementos del pavimento antiguo”. (Ref.: Recapado Asfáltico – GEOGRILLA ASFALTO)

2.6.1 Materiales.

Los materiales utilizados en la ejecución de las actividades que conforman el bacheo y recapado son:

- Asfalto
- Geomalla de fibra de vidrio
- Agregados pétreos
- Diesel
- Laterita

2.6.1.1 Asfalto:

La definición de este material esta descrito en el apartado 2.5.1.1 Asfalto.

2.6.1.2 Geomalla de fibra de vidrio:

“La capacidad del asfalto para resistir tensiones de tracción es limitada. Cuando los pavimentos preexistentes de asfalto u hormigón son cubiertos con una nueva capa de asfalto, grietas y juntas penetran a través de ella en un período muy corto de tiempo.

Mediante la aplicación de un refuerzo, los esfuerzos de tracción se reducen y la reflexión de grietas se retrasa o incluso se impide.

Una solución muy eficaz a estos problemas es la geomalla de fibra de vidrio, esta es un geo compuesto especialmente desarrollado para el refuerzo de estructuras de pavimentos normalmente ejecutados sobre suelos con baja capacidad portante. Las geomallas de fibra de vidrio vienen recubiertas por material polimérico con un geotextil no tejido muy ligero que facilita la instalación y la adherencia a las capas bituminosas.

La geomalla de fibra de vidrio es una geomalla flexible con resistencia en ambas direcciones, que se utiliza con el fin de controlar agrietamientos por reflexión, fatiga y deformaciones plásticas en las capas de asfalto que se emplean en vías urbanas, carreteras, autopistas, aeropuertos, plataformas y estacionamientos, entre otros”. (Ref.: Refuerzo de Asfalto mediante Geomallas – INTEREMPRESAS)

2.6.1.3 Agregados pétreos:

Los agregados pétreos que se utilizan en las mezclas asfálticas se definen en el apartado 2.4.1.1 Brita.

2.6.1.4 Diesel:

La definición de este material se encuentra en el apartado 2.5.1.4 Diesel.

2.6.1.5 Laterita:

La definición de este material se encuentra en el apartado 2.3.1.1 Laterita.

2.6.2 Maquinaria y equipos.

Para la ejecución de las diferentes actividades que conforman el bacheo y recapado, se utiliza las siguientes maquinarias definidas en anteriores apartados de este presente capítulo:

- Retro Excavadora
- Compactador Rodillo Liso
- Camión Cisterna
- Cisterna de Riego de Asfalto
- Camión Volquete
- Terminadora de Asfalto
- Compactador de Asfalto de Rodillo Liso y de Rodillo Neumático

CAPITULO III – DESCRIPCION Y EJECUCION DEL PROYECTO

3.1 ASPECTOS GENERALES

En fecha 24 de noviembre del 2020 se dio la notificación de adjudicación a la Empresa Constructora Pinto Montero del proyecto “MEJORAMIENTO DE VIAS URBANAS CON PAVIMENTO Y RECAPEO EN EL MUNICIPIO DE COBIJA”, posteriormente se firmó contrato en fecha 03 de diciembre del 2020 entre la Entidad (G.A.M.C.) y el Contratista.

En fecha 04 de marzo del 2021 se emitió la orden de proceder de dicho proyecto el cual contemplaba hasta el momento las siguientes actividades:

Tabla 3. - Lista de actividades del proyecto

ITEM	DESCRIPCION	Unid	CANT. PROG.	PRECIO UNITARIO Bs.	PRECIO TOTAL Bs.
1	LETRERO DE OBRAS TIPO GIGANTOGRAFIA	PZA	1,00	3.233,83	3.233,83
2	INSTALACION DE FAENAS Y MOVILIZACION	GLB	1,00	42.921,40	42.921,40
3	REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRAFICO	KM	6,93	11.222,75	77.773,66
4	RETIRO DE LA CAPA ASFALTICA	M2	18.410,00	15,95	293.639,50
5	PERFILADO Y NIVELADO DE LA SUB RASANTE	M3	5.032,00	42,20	212.350,40
6	CONFORMACION DE CAPA BASE CON MAT. LATERITICO	M3	7.980,00	104,02	830.079,60
7	EXCAVACION CON MAQUINARIA	M3	117,45	29,22	3.431,89
8	CONFORMACION DE SUBDRENES CON BRITA 2	ML	45,00	731,12	32.900,40
9	HORMIGON ARMADO PARA CAMARA DE DRENAJE	M3	9,80	4.403,84	43.157,63
10	PROV. Y TEND. TUBERIA PEAD 24"	ML	36,00	1.095,88	39.451,68
11	RELLENO Y COMPACTADO	M3	77,85	112,41	8.751,12
12	IMPRIMACION ASFALTICA	M2	23.050,00	49,70	1.145.585,00
13	RIEGO DE LIGA	M2	26.600,00	44,71	1.189.286,00
14	CARPETA ASFALTICA E=5CM	M2	21.600,00	209,69	4.529.304,00
15	RECAPADO ASFALTICO E=3CM	M2	26.600,00	167,75	4.462.150,00
16	BERMAS DE 3CM	M2	1.500,00	166,80	250.200,00
17	BACHEO PROFUNDO	M2	332,00	236,08	78.378,56
18	GEOMALLA PARA JUNTA	ML	1.000,00	101,51	101.510,00
19	PINTADO DE SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	ML	20.790,00	10,36	215.384,40
20	SEÑALIZACION CON OJOS DE GATO 2"	PZA	960,00	62,50	60.000,00
21	LIMPIEZA GENERAL Y RETIRO DE EXCEDENTES	GLB	1,00	35.026,55	35.026,55
TOTALES					13.654.515,62

Fuente: Contrato Administrativo de Obras N° 001/2020 entre G.A.M.C. y Empresa Constructora Pinto Montero.

3.1.1 Modificación presupuestaria y de plazo al contrato.

Posterior al arranque de la ejecución del proyecto, se presentaron diversas dificultades que exigían la ejecución de actividades no contempladas en el proyecto y del aumento en cantidad de algunas actividades, para la correcta ejecución de la obra, es por tanto que, en fecha 29 de octubre del 2021 se firmó un contrato modificatorio que cumple las necesidades para el cumplimiento de los objetivos específicos del proyecto. Dicho contrato modificatorio da una variación tanto en monto, como en plazo:

Tabla 4. - Variación de monto y plazo para el Contrato Modificatorio

OBJETO DEL CONTRATO MODIFICATORIO	Contrato Modificatorio N° 1, por reajuste de volúmenes, creación de ítems y ampliación de plazo.
MONTO INICIAL	Bs. 13.654.515,62
MODIFICACION DE MONTO AL CONTRATO ORIGINAL	Aumento de Bs. 343.770,80
MONTO ACTUALIZADO	Bs. 13.998.286,42
PLAZO INICIAL	240 días
AMPLIACION DE PLAZO	20 días
PLAZO ACTUALIZADO	260 días
PLAZO DE ENTREGA PROVISIONAL INICIAL	29 de octubre del 2021
PLAZO DE ENTREGA PROVISIONAL ACTUALIZADO	18 de noviembre del 2021

Fuente: Contrato Modificatorio N°. 01/2021

Tabla 5. - Lista de actividades Contrato Modificatorio

ITEM	DESCRIPCION	CONTRATO ORIGINAL			CONTRATO MODIFICATORIO N° 1					
		Unid	PRECIO UNITARIO Bs.	CANTIDAD	PRECIO TOTAL Bs.	CANTIDAD REVISADA	PRECIO UNITARIO Bs.	PRECIO TOTAL Bs.	VARIACION (+) o (-)	% DE VARIACION
1	LETRERO DE OBRAS TIPO GIGANTOGRAFIA	PZA	3.233,83	1,00	3.233,83	1,00		3.233,83	0,00	0,00%
2	INSTALACION DE FAENAS Y MOVILIZACION	GLB	42.921,40	1,00	42.921,40	1,00		42.921,40	0,00	0,00%
3	REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRAFICO	KM	11.222,75	6,93	77.773,66	6,82		76.505,49	-0,11	-1,63%
4	RETIRO DE LA CAPA ASFALTICA	M2	15,95	18.410,00	293.639,50	18.410,00		293.639,50	0,00	0,00%
5	PERFILADO Y NIVELADO DE LA SUBRASANTE	M3	42,20	5.032,00	212.350,40	7.678,70		324.041,14	2.646,70	52,60%
6	CONFORMACION DE CAPA BASE CON MAT. LATERITICO	M3	104,02	7.980,00	830.079,60	7.417,89		771.608,92	-562,11	-7,04%
7	EXCAVACION CON MAQUINARIA	M3	29,22	117,45	3.431,89	1.084,10		31.677,40	966,65	823,03%
8	CONFORMACION DE SUBDRENES CON BRITA 2	ML	731,12	45,00	32.900,40	293,00		214.218,16	248,00	551,11%
9	HORMIGON ARMADO PARA CAMARA DE DRENAJE	M3	4.403,84	9,80	43.157,63	24,25		106.789,66	14,45	147,44%
10	PROV. Y TEND. TUBERIA PEAD 24"	ML	1.095,88	36,00	39.451,68	42,00		46.026,96	6,00	16,67%
11	RELLENO Y COMPACTADO	M3	112,41	77,85	8.751,12	855,34		96.148,77	777,49	998,70%
12	IMPRIMACION ASFALTICA	M2	49,70	23.050,00	1.145.585,00	24.701,81		1.227.679,96	1.651,81	7,17%
13	RIEGO DE LIGA	M2	44,71	26.600,00	1.189.286,00	22.250,00		994.797,50	-4.350,00	-16,35%
14	CARPETA ASFALTICA E=5CM	M2	209,69	21.600,00	4.529.304,00	21.942,81		4.601.187,83	342,81	1,59%
15	RECAPADO ASFALTICO E=3CM	M2	167,75	26.600,00	4.462.150,00	22.250,00		3.732.437,50	-4.350,00	-16,35%
16	BERMAS DE 3CM	M2	166,80	1.500,00	250.200,00	0,00		0,00	-1.500,00	-100,00%
17	BACHEO PROFUNDO	M2	236,08	332,00	78.378,56	3.642,43		859.904,87	3.310,43	997,12%
18	GEOMALLA PARA JUNTA	ML	101,51	1.000,00	101.510,00	302,10		30.666,17	-697,90	-69,79%
19	PINTADO DE SENALIZACION HORIZONTAL	ML	10,36	20.790,00	215.384,40	20.790,00		215.384,40	0,00	0,00%
20	SEÑALIZACION CON OJOS DE GATO 2"	PZA	62,50	960,00	60.000,00	672,00		42.000,00	-288,00	-30,00%
21	LIMPIEZA GENERAL Y RETIRO DE EXCEDENTES	GLB	35.026,55	1,00	35.026,55	1,00		35.026,55	0,00	0,00%
NUEVOS ITEMS										
22	FAB. Y TEND. TUBOS DE H°A° D=1000	ML				23,00	2.847,27	65.487,21	23,00	100,00%
23	CORDON Y CUNETAS DE H°A°	M3				29,70	3.490,77	103.675,87	29,70	100,00%
24	REPARACION Y LIMPEZA DE CÁMARAS DE ALCANTARILLAS	PZA				37,00	590,69	21.855,53	37,00	100,00%
25	REPARACION DE ACOMETIDAS DE AGUA POTABLE	PTO				120,00	312,15	37.458,00	120,00	100,00%
26	SEÑALIZACION VERTICAL	PZA				10,00	1.403,53	14.035,30	10,00	100,00%
27	REUBICACION DE POSTES DE MEDIA TENSION	GLB				1,00	9.878,50	9.878,50	1,00	100,00%
TOTALES					13.654.515,62			13.998.286,42		

Fuente: Contrato Modificatorio N°. 01/2021

Como se pudo apreciar en la Tabla 5., la empresa Contratista realizó un balance administrativo - económico, reduciendo cantidades de ítems menos esenciales o incluso eliminando ítems no esenciales, como el caso del ítem de bermas, con el fin de obtener ese presupuesto y poder aumentar las cantidades de ítems esenciales y para la creación de nuevos ítems para la correcta ejecución del proyecto, como es el caso de la reubicación de postes de media tensión.

Debido a que el financiamiento del proyecto es por medio de un préstamo del banco Unión hacia el Gobierno Autónomo Municipal de Cobija de monto Bs. 13.999.000,00, se hizo un balance que llevo al monto de Bs. 13.998.286,42 monto con el que se firmó el contrato modificatorio.

En la etapa final de la ejecución de la obra, se presentó una sucesión de fuertes precipitaciones, lo cual provocó estancamiento de aguas pluviales en los bordes de las vías intervenidas, por lo que se vio la necesidad de implementar sistemas de drenajes como solución al problema, dado este suceso, la Supervisión emitió una Orden de Trabajo hacia la empresa Contratista.

La Orden de Trabajo emitida hacia la empresa Contratista, exponía el reajuste de volúmenes que permiten contemplar el sistema de drenaje de aguas pluviales, que consiste en cordones y cunetas, sin afectar el presupuesto general y el plazo del proyecto. De esta forma se evaluó y se ajustó la Orden de Trabajo N°1.

Tabla 6. - Lista de actividades Orden de Trabajo

ITEM	DESCRIPCION	CONTRATO ORIGINAL				ORDEN DE TRABAJO N° 1			
		Unid	PRECIO UNITARIO Bs.	CANTIDAD	PRECIO TOTAL Bs.	CANTIDAD REVISADA	PRECIO TOTAL Bs.	VARIACION (+) o (-)	% DE VARIACION
1	LETRERO DE OBRAS TIPO GIGANTOGRAFIA	PZA	3.233,83	1,00	3.233,83	1,00	3.233,83	0,00	0,00%
2	INSTALACION DE FAENAS Y MOVILIZACION	GLB	42.921,40	1,00	42.921,40	1,00	42.921,40	0,00	0,00%
3	REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRAFICO	KM	11.222,75	6,82	76.505,49	6,82	76.505,49	0,00	0,00%
4	RETIRO DE LA CAPA ASFALTICA	M2	15,95	18.410,00	293.639,50	18.410,00	293.639,50	0,00	0,00%
5	PERFILADO Y NIVELADO DE LA SUB RASANTE	M3	42,20	7.678,70	324.041,14	7.678,70	324.041,14	0,00	0,00%
6	CONFORMACION DE CAPA BASE CON MAT. LATERITICO	M3	104,02	7.417,89	771.608,92	7.417,89	771.608,92	0,00	0,00%
7	EXCAVACION CON MAQUINARIA	M3	29,22	1.084,10	31.677,40	1.084,10	31.677,40	0,00	0,00%
8	CONFORMACION DE SUBDRENES CON BRITA 2	ML	731,12	293,00	214.218,16	293,00	214.218,16	0,00	0,00%
9	HORMIGON ARMADO PARA CAMARA DE DRENAJE	M3	4.403,84	24,25	106.789,66	24,25	106.789,66	0,00	0,00%
10	PROV. Y TEND. TUBERIA PEAD 24"	ML	1.095,88	42,00	46.026,96	42,00	46.026,96	0,00	0,00%
11	RELLENO Y COMPACTADO	M3	112,41	855,34	96.148,77	855,34	96.148,77	0,00	0,00%
12	IMPRIMACION ASFALTICA	M2	49,70	24.701,81	1.227.679,96	24.701,81	1.227.679,96	0,00	0,00%
13	RIEGO DE LIGA	M2	44,71	22.250,00	994.797,50	22.250,00	994.797,50	0,00	0,00%
14	CARPETA ASFALTICA E=5CM	M2	209,69	21.942,81	4.601.187,83	21.942,81	4.601.187,83	0,00	0,00%
15	RECAPADO ASFALTICO E=3CM	M2	167,75	22.250,00	3.732.437,50	22.250,00	3.732.437,50	0,00	0,00%
16	BERMAS DE 3CM	M2	166,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00%
17	BACHEO PROFUNDO	M2	236,08	3.642,43	859.904,87	3.642,43	859.904,87	0,00	0,00%
18	GEOMALLA PARA JUNTA	ML	101,51	302,10	30.666,17	302,10	30.666,17	0,00	0,00%
19	PINTADO DE SENALIZACION HORIZONTAL	ML	10,36	20.790,00	215.384,40	18.685,68	193.583,69	-2.104,32	-10,12%
20	SEÑALIZACION CON OJOS DE GATO 2"	PZA	62,50	672,00	42.000,00	0,00	0,00	-672,00	-100,00%
21	LIMPIEZA GENERAL Y RETIRO DE EXCEDENTES	GLB	35.026,55	1,00	35.026,55	1,00	35.026,55	0,00	0,00%
NUEVOS ITEMS									
22	FAB. Y TEND. TUBOS DE H°A° D=1000	ML	2847,27	23,00	65.487,21	23,00	65.487,21	0,00	0,00%
23	CORDON Y CUNETA DE H°A°	M3	3490,77	29,70	103.675,87	47,17	164.669,52	17,47	58,83%
24	REPARACION Y LIMPEZA DE CAMARAS DE ALCANTARILLAS	PZA	590,69	37,00	21.855,53	37,00	21.855,53	0,00	0,00%
25	REPARACION DE ACOMETIDAS DE AGUA POTABLE	PTO	312,15	120,00	37.458,00	120,00	37.458,00	0,00	0,00%
26	SEÑALIZACION VERTICAL	PZA	1403,53	10,00	14.035,30	12,00	16.842,36	2,00	20,00%
27	REUBICACION DE POSTES DE MEDIA TENSION	GLB	9878,5	1,00	9.878,50	1,00	9.878,50	0,00	0,00%
TOTALES					13.998.286,42		13.998.286,42		

Fuente: Orden de Trabajo N° 01

3.1.2 Estructura jerárquica del proyecto.

El cuerpo profesional, técnico y de apoyo involucrado en la ejecución, control y seguimiento del proyecto: “Mejoramiento de vías urbanas con pavimento y recapeo en el municipio de Cobija”, se organizó mediante la siguiente disposición jerárquica detallada en la figura 15:

**MEJORAMIENTO DE VIAS URBANAS CON PAVIMENTO
Y RECAPEO EN EL MUNICIPIO DE COBIJA
ORGANIGRAMA**

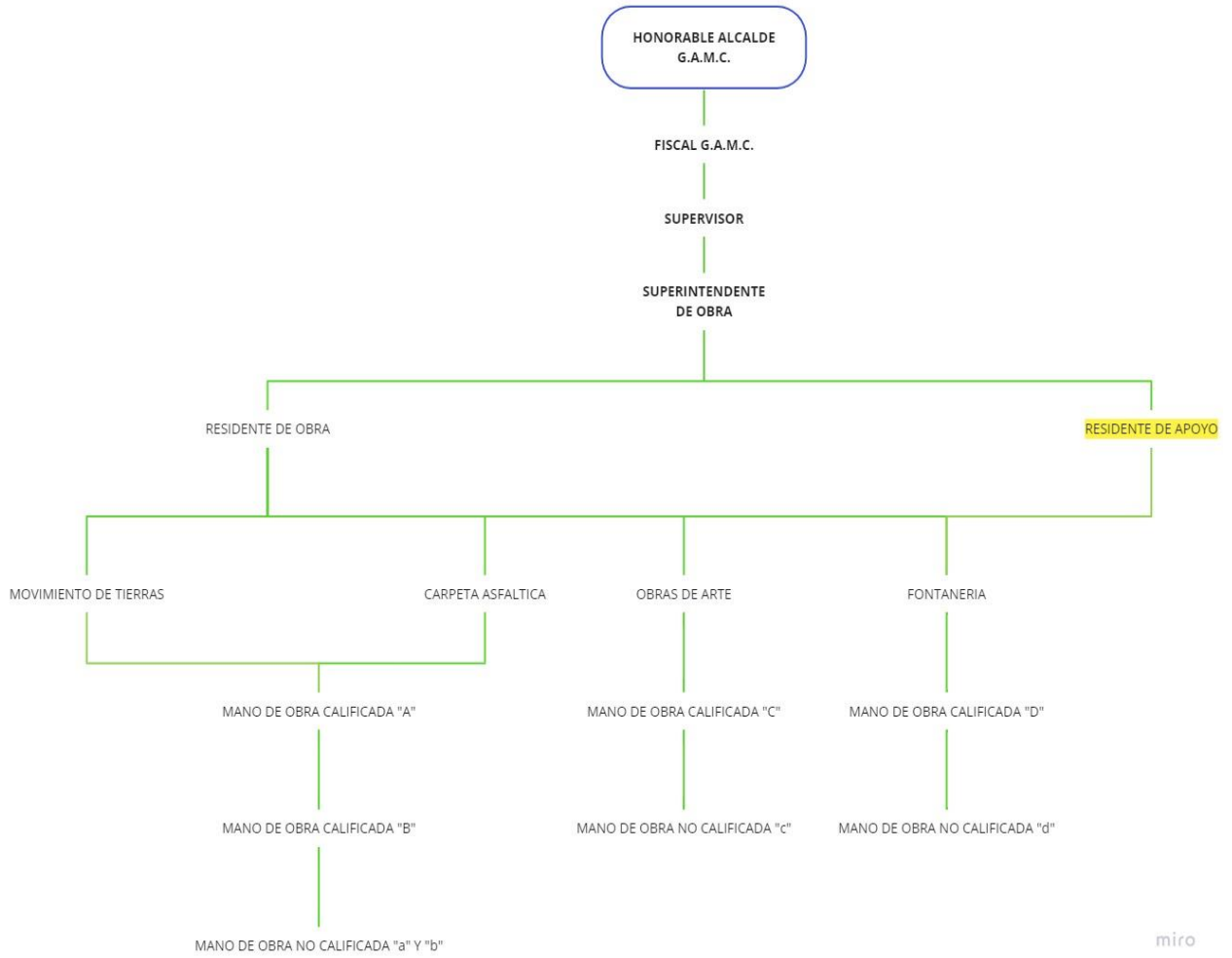
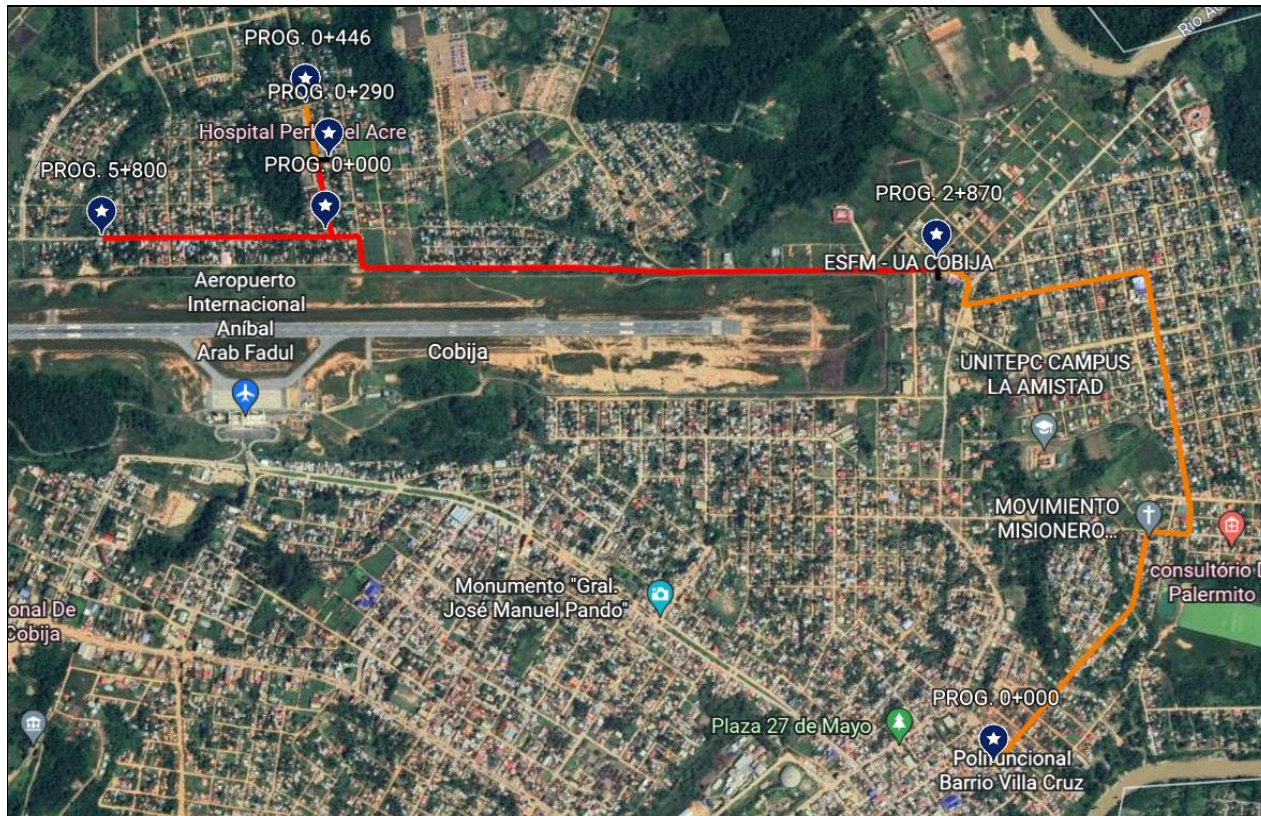






Figura 15. Organigrama del proyecto

Fuente: Elaboración propia

3.1.3 Tramo general del proyecto.



DESCRIPCION	TRAMO	DISTANCIA	OBS.	ESPEJOR DE PAVIEMTO
	Prog. 0+000 – Prog. 2+870	2.87 km	Nuevo paquete estructural	Ep = 5cm
	Prog. 2+870 – Prog. 5+800	1.67 km	Recapado asfáltico	Er = 3cm
	Prog. 0+000 – Prog. 0+290	0.29 km	Recapado asfáltico	Er = 3cm
	Prog. 0+290 – Prog. 0+446	0.16 km	Nuevo paquete estructural	Ep = 5cm

3.2 CONFORMACIÓN DE PLATAFORMA

3.2.1 Levantamiento topográfico.

En el presente apartado se describen las actividades desarrolladas para los trabajos topográficos, así como la metodología empleada, el equipo utilizado, los recursos humanos y técnicos asignados.

Los trabajos se basaron en los datos obtenidos en campo, apoyada con la información complementaria de catastro y puntos de control para la nivelación (B.M.) adquiridos de la Red Geodésica Municipal de Cobija.

3.2.1.1 Metodología de trabajo topográfico:

En la metodología empleada se realizó las siguientes disciplinas topográficas:

- a) **Visita Técnica.** – A inicios del mes de marzo del 2021, se realizó el primer recorrido en el tramo para el reconocimiento del lugar, trabajo realizado en conjunto con la supervisión y fiscalización de obra, con el fin de consolidar el trazado de calles, establecer los ejes de vía y determinar las posibles variables que afectarán el proceso constructivo del proyecto vial, tomando en cuenta que, para el proyecto, se amplió el ancho de calzada de 6 metros a 7.

De acuerdo con el análisis técnico de ingeniería contemplados en el trazado del proyecto se denotó las siguientes variables:

Estructuras complementarias dentro la calzada. Debido a la ampliación del ancho de calzada, se realizó el trabajo del corte, demolición, y retiro de escombros, de estructuras como ser: rampas para garaje, cordones de acera, peldaños de escaleras, etc. Este trabajo requirió mano de obra para la demolición, y equipo que retirara los escombros, mas no entro en el presupuesto para el pago correspondiente de esta actividad.

Para la ejecución de esta actividad, se coordinó con la trabajadora social de la empresa Contratista, dar la notificación a los dueños de las viviendas afectadas el recorrido de estas estructuras hacia la línea nivel municipal. Se realizó el trabajo a cabalidad de acuerdo con el levantamiento topográfico como se muestra en la figura 16.





Figura 16. Corte de estructuras complementarias

Fuente: Elaboración propia

Cámaras de inspección dentro la calzada. Se localizó cámaras de inspección del proyecto nuevo “Construcción del sistema de agua potable y mejoramiento alcantarillado sanitario Cobija” dentro de lo que debía ser la calzada de 7 metros de ancho, por lo que se notificó a la empresa ZHEJIANG PROVINCIAL N°1, empresa Contratista ejecutora del proyecto, detallando el problema, para coordinar actividades y puedan reubicarse las cámaras.



Figura 17. Cámara de inspección invadiendo plataforma

Fuente: Elaboración propia

Cercos levantados sobre el espacio de vía. Se realizó un levantamiento topográfico de todos los cercos que afectaban el trazado del proyecto, con los datos obtenidos se realizó la respectiva notificación a la unidad de catastro. Consecuentemente la unidad de catastro realizó la socialización de los cercos emplazados en las vías del proyecto a los beneficiarios, los mismos entran en concientización y se logró reubicar los cercos.

Variación de cotas de las cámaras de alcantarillas. En la ejecución del levantamiento topográfico, se verificó que varias cámaras del alcantarillado municipal, ubicadas al centro de la calzada, no presentaron un nivel exacto de diseño, es decir, sus cotas variaron respecto a la calzada hasta +/- 10cm. Las cámaras que producían esta variación entraron dentro de los datos topográficos y se notificó al Supervisor de Obra el inconveniente. De esta manera, se valoró implementar la actividad del arreglo de cámaras de alcantarillas para el Contrato Modificatorio, que consiste en la unificación del nivel de las cámaras al del diseño.

Este ítem se ejecutaría posterior a la puesta de la capa de rodadura, puesto a que se ejecutaría con trabajos de albañilería que lleven tales cámaras a nivel del pavimento.

La variación de cotas es tal como se muestra en la figura 18.



Figura 18. Variación de cota de alcantarillas para el diseño geométrico
Fuente: Elaboración propia

Postes de media tensión dentro la calzada. Replantando el respectivo diseño geométrico en el tramo, se denoto algunos postes de media tensión invadiendo la calzada, es por tanto que se notificó a la Empresa Nacional De Electrificación (ENDE – Cobija), para coordinar una reubicación de tales postes. Estos se presentaron en el tramo en conjunto con la Fiscalización G.A.M.C.

Con la respectiva coordinación, se procedió a la reubicación de los postes en conjunto del apoyo de la empresa Contratista.

Los postes se ubicaban entre las progresivas 2+640 y 2+770.

A continuación, se muestra la cotización de la reubicación de postes de media tensión:

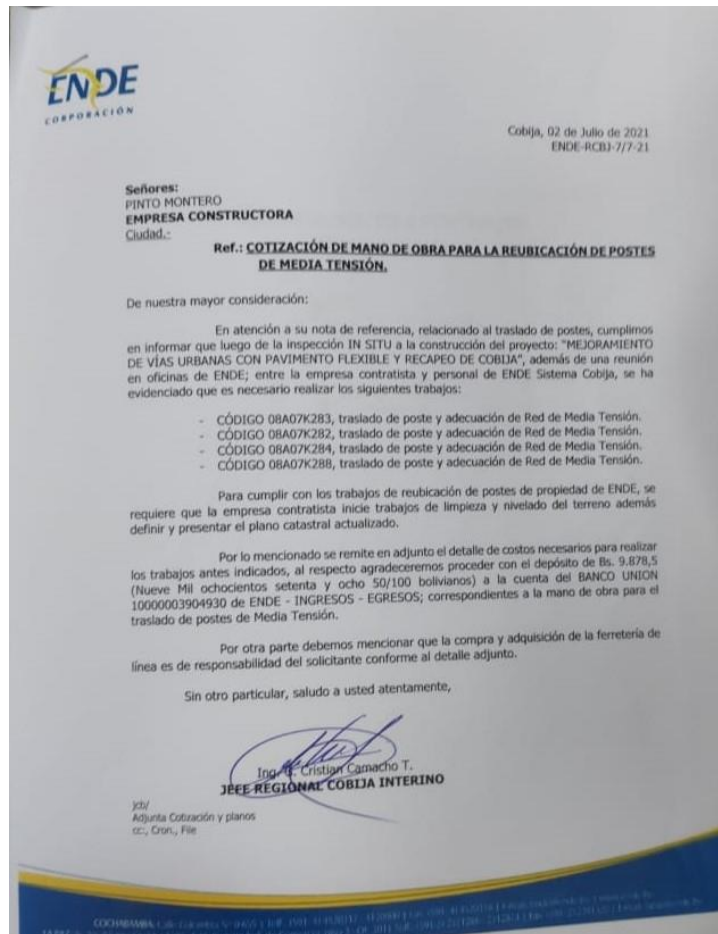


Figura 19. Cotización emitida de ENDE para la empresa Contratista

Fuente: Carpeta de respaldo de la empresa ejecutora

- b) Levantamiento Topográfico. – Las siguientes actividades de toma de datos en campo se basaron en puntos de control Banco de Marca (B.M.), adquiridos de la Red Geodésica Municipal de Cobija, de control planimétrico establecidos mediante G.P.S. (Sistema de Posicionamiento Global) y emplazados en todo el tramo del proyecto.

La obtención de puntos en el trazado del proyecto se ejecutó con personal calificado, haciendo uso del equipo Estación Total Leica TS06. La técnica empleada consistió en la obtención de datos en secciones a cada 2 metros aproximadamente transversalmente y de 13 a 18 metros longitudinalmente, en secciones críticas se obtenía datos a cada 3 metros, según se presenten las condiciones del terreno, se detalla una sección del diseño geométrico del proyecto donde se muestra

los puntos obtenidos en campo, como se muestra en la figura 20., de esta forma se generó la base de datos inicial.

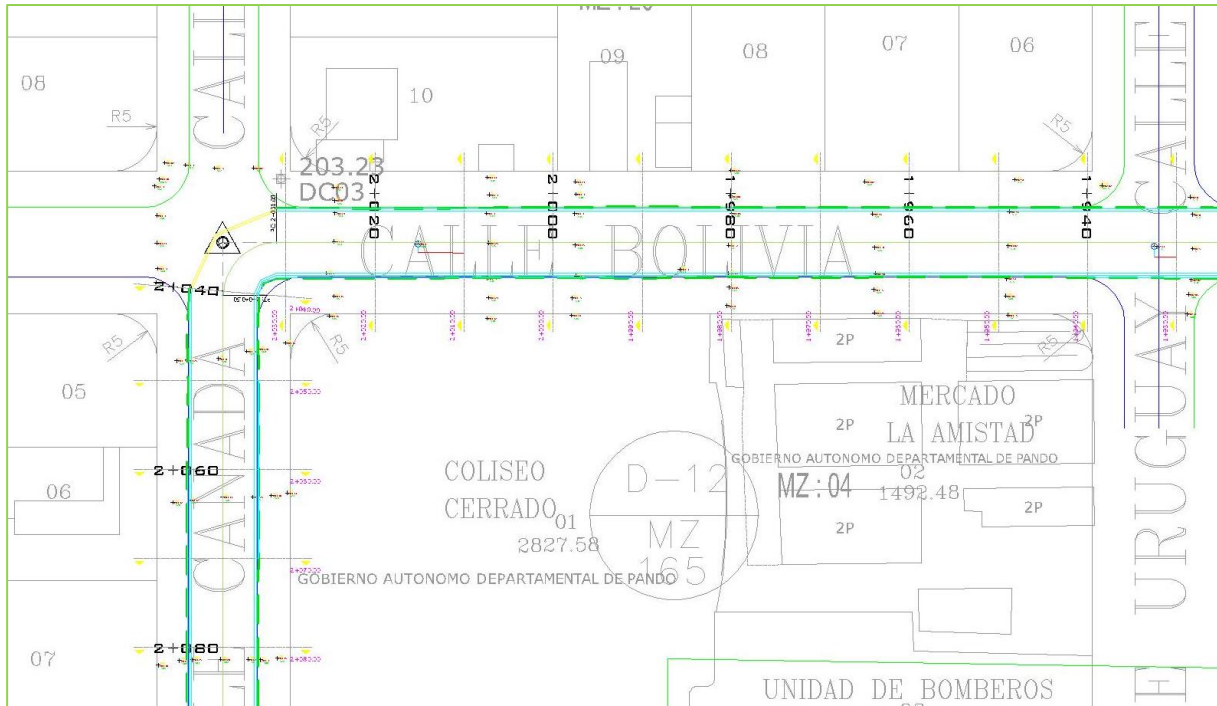


Figura 20. Nube de puntos para el diseño geométrico

Fuente: Diseño geométrico del proyecto “Mejoramiento de vías urbanas con pavimento y recapeo en el municipio de Cobija”

- c) Trabajo de Gabinete. – Consistió en realizar el diseño geométrico y perfil longitudinal del proyecto, haciendo uso de los datos obtenidos en el levantamiento topográfico, de este modo se generó nueva información, para continuar con las actividades de topografía.
- d) Replanteo. – Consistió en trazar el diseño horizontal en campo, con las planillas topográficas obtenidas del diseño geométrico y perfil longitudinal, se replanteo los ejes, testigos izquierdos y testigos derechos del diseño del proyecto como se muestra en la figura 21.



Figura 21. Testigos izquierdo y derecho, delimitando el ancho para plataforma
Fuente: Elaboración propia

e) Nivelación. – Después de emplazar el diseño horizontal en campo, se procedió con la nivelación vertical, conocida también como taquimetría del estaqueado inicial. Fue necesario realizar un traslado de cotas utilizando diferentes cambios de nivelación y de contra nivelación, arrastrando puntos auxiliares B.M. con la estación total, por motivos de visibilidad dificultosa de las vías en retícula.

La técnica de nivelación consistió en tomar la lectura media respecto al diseño y nivel del pavimento anterior, prolongando una constante de desnivel a cada 10 metros de estaqueado, para condicionar las pendientes longitudinales.

La nivelación es una de las actividades más importantes en el desarrollo del proyecto, en la que se requirió un seguimiento continuo, en todas las cotas de cada capa del paquete estructural, para la calidad de la obra vial.

Se procedió al avance continuo de nivelación en cada 100 metros de replanteo, más o menos la longitud de cada calle respectiva del proyecto, esto debido a que el tramo trabajado queda inhabilitado por su proceso de ejecución y se utiliza los cruces anteriores y posteriores para la desviación vehicular, dando así, una metodología de avance de culminar plataforma en una calle, y luego pasar a la siguiente.



Figura 22. Control topográfico para nivelación de plataforma

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Equipos topográficos.

El equipo topográfico empleado en obra se describe en dos apartados, equipos primarios y secundarios:

- 1) Primarios: Consiste en aparatos, estandarizados y normados descritos a continuación:
 - Estación total Leica TS06 (Ver figura 23.)
 - Trípode de aluminio Crain Tri-Max (Ver figura 24.)
 - Prisma Leica GPR 111 (Ver figura 25.)
 - G.P.S. Diferencial Leica Viva GS10 (Ver figura 26.)


	<ul style="list-style-type: none"> • Medición sin prisma hasta 1000 m de alcance. • Precisión en medición a prismas mejorada, 1.5 mm + 2 ppm. • Rango de medición sin prisma, 500 m incluido / 1000 m opcional. • Pantalla con gráficos e iluminación, Blanco y Negro, Alta resolución. • 1,5 mm de 2 ppm a prisma. • 2 mm de 2 ppm a cualquier superficie. • Extremadamente rápido (1 segundo). • Puntero y spot láser de medición coaxial.
---	--

Figura 23. Imagen y descripción de Estación total Leica TS06

Fuente: Elaboración propia


	<ul style="list-style-type: none"> • Material de Aluminio. • Cuenta con una cabeza de 6-5/8 pulgadas de diámetro con un orificio central grande (2-5/8 pulgadas). • Un sistema de retención, que evita que la pata salga disparada y caídas accidentales sobre superficies resbaladizas. • Carga de trabajo máxima de 65 lb (30 kg). • Se expande a 71 pulgadas (180,34 cm). • Se contrae a 44 pulgadas (111,76 cm). • Pesa 17,00 libras (7,70 kg).
--	--

Figura 24. Imagen y descripción de trípode Crain Tri – Max

Fuente: Elaboración propia


	<p>PRISMA:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistema: Vidrios fraccionados y alineados en un sistema pentaedro. • Precisión de centrado: 2,00 mm • Alcance: 2500,00 m <p>JALON:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Altura: Hasta 4,70 m • Material: Aluminio / pintado con franjas alternas de rojo y blanco. • Sistema de nivelado: Nivel circular u ojo de pollo. • Base: Puntal de acero.
---	--

Figura 25.

Prisma y jalón Leica

Fuente: Elaboración propia


	<ul style="list-style-type: none"> • Señales Soportadas: GPS, GLONASS y GALILEO. • Funciones RTK: DGPS/RTCM. • Número de Canales: 120 • Frecuencias Soportadas: L1, L2 • Precisión en RTK: H: 5mm+0.5 ppm V: 10mm+0.5 ppm. • Comunicación en RTK: Radio UHF, VHF. • Aplicación Típica: BASE. • Peso y Dimensiones: 1.20 KG, 212 mm X 166 mm x 79mm. • Energización: Batería Recargable de LI-ON MOD. GEB 212. • Memoria: Tarjeta SD de 1 GB. • Registro de Datos: Datos Brutos LEICA GNSS y RINEX. • Puertos de Comunicación: 1 X RS232, USB Bluetooth®. • Protección Ambiental: IP67.
--	---

Figura 26.

G.P.S. Diferencial Leica Viva GS 10

Fuente: Elaboración propia

2) Secundarios: Consiste en herramientas menores y complementarias.

- Cinta métrica (Huincha) de 100 metros.

- Estacas de madera.
- Combos.
- Pintura acrílica color blanca y roja.
- Clavos de calamina.
- Flexómetro.
- Radio comunicador (Woki toki).

3.2.3 Datos técnicos de conformación de plataforma.

En este apartado, se dará a conocer el proceso constructivo realizado mediante la maquinaria y equipos utilizados para la ejecución del conjunto de actividades que contempla la conformación de plataformas.

Los ítems o actividades realizadas para la conformación de plataformas se detallan a continuación:

Tabla 7. - Ítems de conformación de plataformas

N° ITEM PLANILLADO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.
4	RETIRO DE LA CAPA ASFALTICA	M2	18.410,00
5	PERFILADO Y NIVELADO DE LA SUB RASANTE	M3	7.678,70
6	CONFORMACION DE CAPA BASE CON MAT. LATERITICO	M3	7.417,89
25	REPARACION DE ACOMETIDAS DE AGUA POTABLE	PTO	120,00

Fuente: Planilla final aprobada de la empresa Contratista

A continuación, se detallará por medio de la tabla 8. las dimensiones de los componentes del paquete estructural.

Tabla 8. - Paquete estructural

CAPA	ESPESOR	ANCHO	BOMBEO
CAPA DE RODADURA O PAVIMENTO	5 cm	7 m	2,5 %
CAPA BASE DE MAT. LATERITICO	30 cm	8 – 9 m	2,5 %
SUB RASANTE O TERRENO NATURAL	-	8 – 9 m	2,5 %

Fuente: Plano Sección Tipo del proyecto “Mejoramiento de vías urbanas con pavimento y recapeo en el municipio de Cobija”

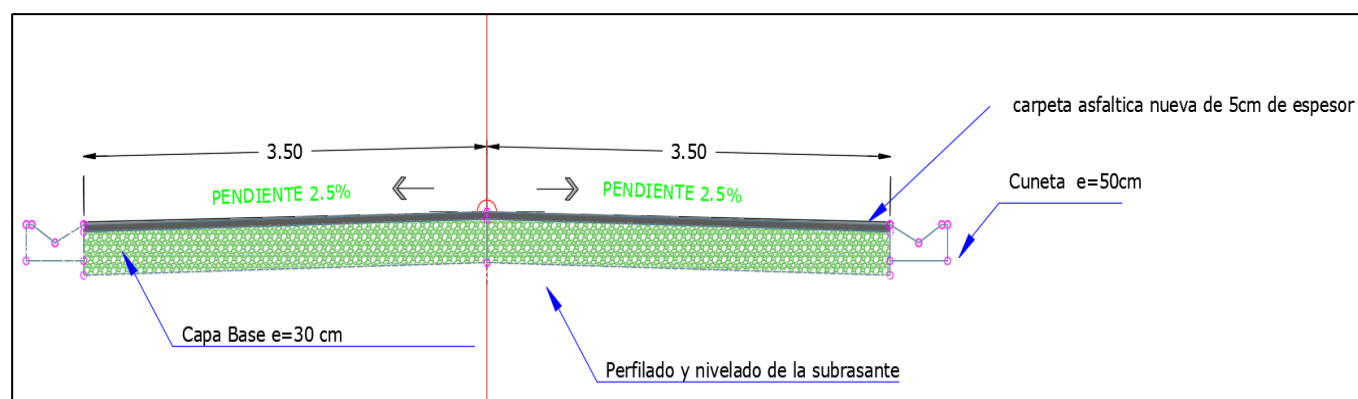


Figura 27. Sección tipo del paquete estructural

Fuente: Plano sección tipo colocado de carpeta asfáltica nueva

3.2.4 Materiales.

3.2.4.1 Laterita:

La procedencia del material laterítico, utilizado para la conformación de la capa base y relleno de elementos en general, proviene de un banco de préstamo ubicado a 1.400 metros de la carretera hacia Porvenir, ingresando por el barrio Villa Busch, avenida sin nombre.

La metodología de abastecimiento de material laterítico para el proyecto fue de acopiarlo en aproximaciones del tramo del proyecto, dando un banco de préstamo accesible y cercano de la empresa Contratista. Esto se realizó durante actividades que no requerían el movimiento de tierras,

mayormente se realizó en el primer mes de ejecución de la obra mientras se hacía el levantamiento topográfico.

El banco de préstamo de la Empresa Pinto Montero se ubicó en el barrio La Amistad, a una cuadra del Mercado La Amistad, en una calle sin nombre, colindante al tramo del proyecto. El banco de la empresa Contratista, estaba distanciado por 11,80 Km del banco original (De acuerdo con el programa Google Maps), como se muestra a continuación:

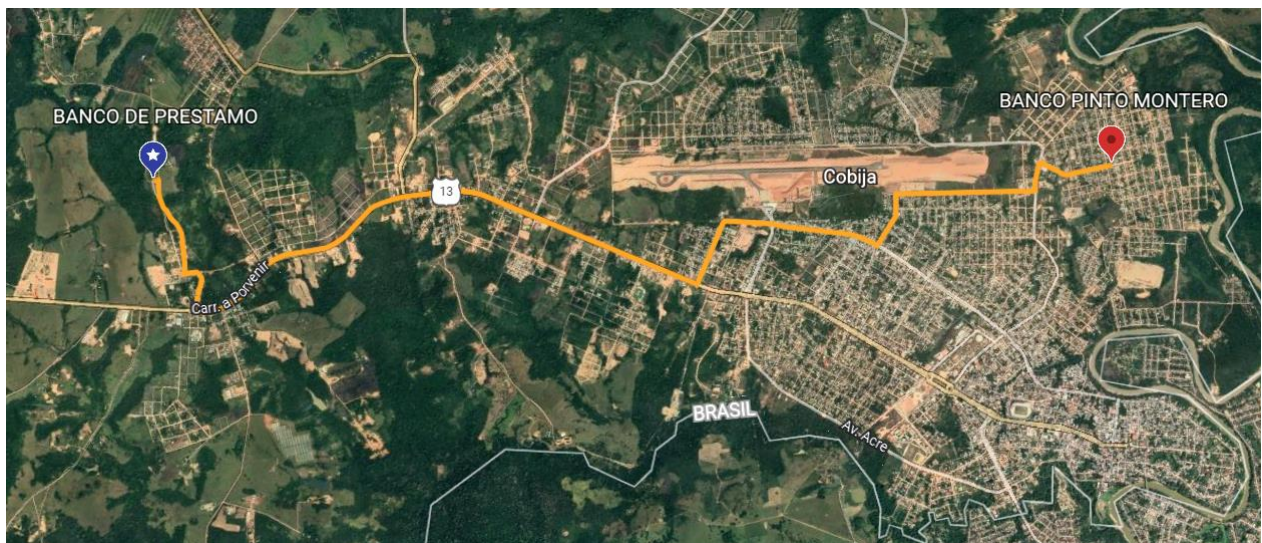


Figura 28. Ruta del Banco de Explotación a Banco Pinto Montero

Fuente: Elaborado a base del programa Google Earth

Para el control de calidad del material extraído, se hizo una limpieza minuciosa de la maleza y materia vegetal en la zona, teniendo la aprobación de la supervisión para la extracción del material.

Los ensayos realizados para su respectivo control de calidad se encuentran en el apartado CAPITULO IV – Control de calidad, caracterización de los suelos.

3.2.4.2 Agua:

El agua utilizada en la conformación de la capa base, se extrajo de la microcuenca Bajo Virtudes distanciada a 3 Km del proyecto, material que fue aprobado por supervisión al notarse limpia y libre de material contaminante.

3.2.4.3 Elementos de plomería:

Como actividad complementaria a la conformación de plataforma, se realizó, el ítem de reparación de acometidas de agua potable, el cual no es parte de las actividades de movimiento de tierras (Lo que representa la conformación de plataforma), pero cabe recalcar que se tuvo que hacer esta actividad de reparación de acometidas de agua potable para poder realizar la conformación de capa base, lo que hace de este ítem como parte de la conformación de plataformas.

Dicho eso, se mencionan los materiales empleados en cada punto de reparación de acometidas de agua potable:

- Llave de paso de ½ pulg.
- Cañería de ½ pulg.
- Unión universal con rosca de ½ pulg.
- Codo de ½ pulg.
- Teflón

3.2.5 Maquinaria y equipos.

3.2.5.1 Maquinaria pesada:

Para la ejecución de actividades que conforman la plataforma, se utilizó las siguientes maquinarias:

- Tractor Oruga Bulldozer NEW HOLLAND D170

- Cargador Frontal	NEW HOLLAND 12D
- Cargador Frontal	NEW HOLLAND 12B
- Retro Excavadora	NEW HOLLAND LB90
- Excavadora	KOMATSU PC210
- Motoniveladora	NEW HOLLAND RG170B
- Camión Volquete	MERCEDES BENZ 12m3
- Camión Volquete	VOLVO 12m3
- Camión Volquete	VOLVO 12m3
- Camión Volquete	VOLVO 12m3
- Camión Volquete	ISUZU 12m3
- Camión Cisterna	VOLKSWAGEN
- Camión Cisterna	VOLVO
- Compactador Rodillo Pata de Cabra	DYNAPAC CA250PD
- Compactador Rodillo Liso	DYNAPAC CA250

3.2.6 Procesos constructivos.

3.2.6.1 Retiro de la capa asfáltica:

La metodología de trabajo en movimiento de tierras es el de trabajar calle por calle, para utilizar las intersecciones posteriores y anteriores como desvío vehicular, esto debido a que es una vía principal bastante transitada.

Para el retiro de la anterior capa asfáltica, se utilizó la maquinaria Tractor Oruga Bulldozer, que introducía sus rastrillos del escarificador aproximadamente 15 cm al pavimento, y usaba su fuerza de tracción para desprender tal pavimento realizando cortes sucesivos, es decir, el Bulldozer terminaba el trayecto de la calle y daba una vuelta de 180° y repetía el proceso hasta ablandar la

capa asfáltica, para posteriormente acopiarla en ambos extremos de la calle, donde la maquinaria Cargador Frontal recogía el escombros acopiado sobre un Camión Volquete, el cual descargaba la carga en un banco de escombros aprobado por el Supervisor y Fiscal G.A.M.C.

La actividad de retiro de capa asfáltica fue numerada como el Ítem 4, realizada desde el principio del tramo, hasta la vía donde concluye el anterior pavimento, que serían desde la progresiva 0+000 hasta la progresiva 2+630. Su unidad de medición fue en metros cuadrados [m²], detallado en la Planilla de pago N° 1.



Figura 29. Retiro de la capa asfáltica

Fuente: Elaboración propia

3.2.6.1.1 Justificación del retiro de la capa asfáltica:

El proyecto de agua potable y alcantarillado sanitario para la ciudad de Cobija (Ejecutado en el año 2017) requirió el corte de esta antigua capa asfáltica, lo que generó, en consecuencia, una gran cantidad de baches sucesivos a lo largo de las vías conformadas con esta anterior carpeta asfáltica por las filtraciones de agua a estos cortes, deteriorando la plataforma y todo el resto del paquete

estructural. Lo que llevo a la necesidad de ejecutar un nuevo paquete estructural, por lo tanto, fue requerimiento el retirar la antigua capa asfáltica.

3.2.6.2 Perfilado y nivelado de la subrasante:

Manteniendo el control topográfico, se procedió al corte del suelo retirando una capa de espesor de 30 cm, utilizando la hoja topadora del Bulldozer, de acuerdo con el replanteo realizado por el personal del control topográfico. El ancho de plataforma se replanteo de 9 m, trabajando en ese ancho para tener 1 metro a cada lado de la capa de rodadura que sirva como talud para la protección de esta. Posterior al corte realizado, se perfilo la subrasante con la Motoniveladora, retirando todo el material con el Cargador Frontal y el Camión Volquete en conjunto, trasladando el material a la ubicación aprobada por el Supervisor.

Para el control del volumen extraído y el acabado de la subrasante, que tiene que cumplir con el diseño geométrico, se hizo un levantamiento topográfico midiendo anchos y cotas.

La actividad de perfilado y nivelado de la subrasante, fue numerada como el Ítem 5, realizada desde el principio del tramo, hasta el inicio del pavimento destinado a ser recapado, desde la progresiva 0+000 hasta la progresiva 2+870, y en otro tramo (Calle de entrada al Centro de Salud Perla del Acre), desde la progresiva 0+290 hasta la progresiva 0+446. Su unidad de medición fue en metros cúbicos [m³], detallado en la Planilla de pago N° 1.



Figura 30. Perfilado y nivelado de la subrasante

Fuente: Elaboración propia

3.2.6.3 Reparación de acometidas de agua potable:

Durante la ejecución de la actividad de perfilado y nivelado de la subrasante, se presentó la fuga de agua de algunas acometidas de agua potable debido a que las acometidas se encontraban dentro el material que se debe de retirar de las vías contempladas en el proyecto, que, para darle continuidad a su ejecución, se realizó el arreglo oportuno a las fugas de las acometidas de agua potable.



Figura 31. Fuga de agua de acometida de agua potable

Fuente: Elaboración propia

Para detener las fugas de agua, el equipo de plomería procedió a crear una rosca en el extremo del tubo que dirigía el agua de la red principal al medidor del predio para poder colocar una llave de paso y así detener la fuga. Posteriormente se colocó otro tubo en la llave de paso y para unir al tubo de medidor, se utilizó una unión universal como se muestra en la siguiente figura:



Figura 32. Reparación de acometida de agua potable

Fuente: Elaboración propia

La actividad de reparación de acometidas de agua potable fue numerada como el Ítem 25, realizada en todo el tramo que se hizo el perfilado y nivelado de la sub rasante, desde la progresiva 0+000 hasta la progresiva 2+635. Su unidad de medición fue por puntos trabajados [PTO], detallado en la Planilla de pago N° 3.

3.2.6.4 Conformación de capa base con material laterítico:

Continuando con la ejecución del proyecto, se realizó el replanteo para conformar la capa base con testigos derechos, centrales e izquierdos, donde se marcaba las cotas que debía cumplir la capa base. Dichos testigos, estaban separados cada 10 m longitudinalmente, excepto en los puntos de cruce y en tramos de curvatura vertical, en esos casos se replanteaba los testigos con separación desde los 30 cm.

La provisión del material laterítico fue del banco de la empresa Contratista, acopiada con anticipación de un Banco de Préstamo en el barrio Villa Busch, material de tipo A-2-4 (Ver CAPITULO IV – Clasificación de suelos) y compactado en dos capas, cada capa de 15 cm aproximadamente. Fue ejecutado de acuerdo con el cálculo a continuación:

Tabla 9. - Cálculo de capa base para acopio de material

ANALISIS Y CALCULO DEL VOLUMEN DEL MATERIAL LATERITICO		
DETALLE	OPERACION	DATO
Longitud del Tramo		100,00 m
Ancho de Plataforma		9,00 m
Espesor de Capa		0,15 m
Volumen de Mat. Requerido	100 x 9 x 0,15	135,00 m ³
Esponjamiento = 30%	135 x 1,3	175,50 m ³
Volumen Para Extraer		175,50 m ³

Viajes de Volquetes de 12m ³	175,50 / 12	14,63
Cantidad de Viajes (Redondeado)		15,00
Distribución	100 / 15	6,67 m
Separación entre Camellones		7,00 m

Fuente: Elaboración propia



Figura 33. Acopio de material laterítico para capa base

Fuente: Elaboración propia

El trabajo de distribución fue realizado por la Motoniveladora con un ayudante que guiaba al operador sobre los límites de la plataforma, de acuerdo con los testigos plantados por el equipo de topografía. Posteriormente a la distribución del material laterítico, una capa de aproximadamente 15 cm, fue regado por agua mediante las cisternas para lograr obtener la humedad óptima.

Las cisternas pasaban por todo el tramo regando agua en pocas cantidades para evitar las partículas en suspensión, debido a la ejecución de las actividades que conforman la plataforma, ya que se debía tener por lo menos 2 km de plataforma para empezar las actividades que conforman la carpeta asfáltica, y hasta obtener esos 2 km no se podría restringir totalmente el tráfico de vehículos.



Figura 34. Distribución de material laterítico mediante Motoniveladora
Fuente: elaboración propia

Posterior a la distribución y humectación del material laterítico, se procedió al compactado de la capa base mediante el Compactador Pata de Cabra, que, con su peso y sistema vibratorio, lograba la densidad óptima requerida en capa base. Posteriormente para un acabado mejor, se utilizó el Compactador de Rodillo Liso alcanzando la cota de la capa base al nivel determinado por topografía.



Figura 35. Compactado de capa base
Fuente: Elaboración propia

La actividad de conformación de capa base con material laterítico, fue numerada como el Ítem 6, realizada desde el principio del tramo, hasta el inicio del pavimento destinado a ser recapado, desde la progresiva 0+000 hasta la progresiva 2+870, y en otro tramo (Calle de entrada al Centro de Salud Perla del Acre), desde la progresiva 0+290 hasta la progresiva 0+446. Su unidad de medición fue en metros cúbicos [m3], detallado en la Planilla de pago N° 1.

3.2.6.4.1 Justificación de la capa base con material laterítico:

Debido al presupuesto limitado que se presentó para la ejecución del proyecto, se ejecutó la plataforma con una sola capa base de 30 cm, bajo aprobación de la supervisión, respaldada con el tipo de material y su capacidad portante.

La manera correcta de ejecutar plataformas es diseñando la capa subbase y la capa base con material mejorado para garantizar la capacidad de la plataforma. Debido al alto costo del mejoramiento del material, se decidió ejecutar con el material laterítico descrito a continuación:

Tabla 10. - Respaldo técnico de la capa base

TIPO DE MATERIAL	RESULTADO DE C.B.R.
A-2-4 (Clasificado como buen material)	29.0 % (En densidad máxima)

Fuente: Clasificación de suelos, C.B.R., Capítulo IV – Control de calidad

3.3 DRENAJES PLUVIALES

Ejecutando las actividades de conformación de plataformas, se identificó que las anteriores estructuras, que forman parte de las obras de arte, se encontraban deterioradas y no cumplían su principal función de drenar las aguas pluviales, por tanto, se reemplazó en el momento por materiales nuevos previa aprobación del supervisor de obra. Además de aumentar, en los puntos más críticos, obras de arte que drenen el agua pluvial para mantener la integridad del paquete estructural.



Figura 36. Tubo de hormigón armado extraído de un drenaje anterior
Fuente: Elaboración propia

Debido a tales inconvenientes, se procedió a una metodología de avance de las actividades de plataforma en conjunto con las actividades de drenajes pluviales, esto para garantizar la seguridad de la plataforma del daño que se produciría por el agua que se estancara o fluyera en medio de la plataforma. En ese sentido, se resolvían los problemas de drenajes en el instante, dando también lugar bastante a los sub-drenes de brita, actividad que se aumentó en gran cantidad debido a las microcuencas que fluían en el tramo del proyecto.

3.3.1 Estudio topográfico.

Se realizó un recorrido en los determinados puntos críticos del tramo, donde, mediante análisis de topografía, se determinó los encauces de aguas para su posterior evacuación. El trabajo consistió en la obtención de puntos georreferenciados en campo, los cuales determinarían la dirección del flujo de las aguas pluviales, donde se podrían realizar obras de arte, como ser: Cunetas, cámaras, cabezales y tubos de hormigón.

En su mayoría, se reemplazó las obras de arte ya dañadas, manteniendo el mismo diseño, esto a orden de Supervisión. Ya que el diseño dado, tanto en topografía y diseño constructivo, cumplían su función de drenar las aguas pluviales, en este sentido, solo fue la confirmación de funcionalidad con el equipo topográfico.



Figura 37.

Control topográfico para cordones y cunetas

Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Datos técnicos de drenaje pluvial.

Los ítems o actividades realizadas y planillas se detallan en tabla 11.:

Tabla 11. - Ítems de drenaje pluvial

N° ITEM PLANILLADO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.
7	EXCAVACION CON MAQUINARIA	M3	1.084,10
8	CONFORMACION DE SUBDRENES CON BRITA 2	ML	293,00
9	HORMIGON ARMADO PARA CAMARA DE DRENAJE	M3	24,25
10	PROV. Y TEND. TUBERIA PEAD 24"	ML	42,00
11	RELLENO Y COMPACTADO	M3	855,34
22	FAB. Y TEND. TUBOS DE H°A° D=1000	ML	23,00
23	CORDON Y CUNETAS DE H°A°	M3	29,70

Fuente: Planilla final aprobada de la empresa Contratista

3.3.3 Materiales.

Los materiales utilizados en la ejecución de estas actividades que conforman los drenajes pluviales son:

- Brita Numero 2
- Cemento portland
- Arena
- Barras corrugadas de Acero
- Agua
- Madera para encofrado
- Tubo Pead de 24 pulg.

3.3.3.1 Brita Numero 2:

Se requirió la Brita número 2, clasificado en tamaño como brita $\frac{3}{4}$, siendo esa su medida en pulgadas de su diámetro máximo. Se utilizo en todas las obras de H°A° y en los sub-drenes de acuerdo con lo determinado en los Documentos Base de Contratación y aprobado por el Supervisor de Obra.

Dicho material es proveniente del país vecino Brasil, transportado a la oficina central de la empresa Contratista, donde se realizó el respectivo control granulométrico descrito a continuación:

Tabla 12. - Granulometría del material: Brita numero 2

TAMIZ	1"	¾"	½"	Nº 4	Nº 8	Nº 40	Nº 80	Nº 200
% QUE PASA	100,00	96,30	52,40	5,70	3,70	2,30	1,70	1,20

Fuente: Ensayo de granulometría realizado por: "Centro de Desarrollo Tecnológico – Betunel"

3.3.3.2 Cemento Portland:

El cemento utilizado en las diferentes actividades de drenajes pluviales cumple con las exigencias normadas en la Norma Boliviana 2.1 – desde 001 hasta 014. Y en lo establecido en la Norma Boliviana 011. Aprobado por el Supervisor de Obra pasando la verificación de no contener terrones, grumos, costras u envejecimiento.

Para la utilización del cemento en el hormigón, la empresa Contratista presento su debida dosificación donde será utilizado el cemento, mostrando las cantidades necesarias que logre obtener tal hormigón la resistencia necesaria a los 28 días (Control de calidad determinado mediante la ruptura de probetas cilíndricas). Dicha resistencia dependerá del tipo de elemento fabricado de hormigón.

3.3.3.3 Arena:

Se determina por pasar por el tamiz de 5 mm, y se controla in situ la no tenencia de materiales dañinos para el hormigón, como materia vegetal, eses de animales, basura en general, etc.

3.3.3.4 Barras corrugadas de acero:

Las barras de acero utilizadas en las diferentes obras de arte varían en diámetro de acuerdo con el tipo de construcción que se realizó. Tales barras se proveían en la cantidad adecuada y a cabalidad para evitar el almacenamiento en áreas abiertas donde puedan llegarles material nocivo.



Figura 38. Equipos utilizados para las actividades que conforman el drenaje pluvial
Fuente: Elaboración propia

Para trabajos de topografía, se utilizaron los mismos equipos y herramientas complementarias mencionadas en el apartado 3.2.2 Equipos Topográficos.

Como herramientas complementarias se utilizó:

- Palas
- Carretillas
- Flexómetro
- Pinzas
- Martillos
- Cinta de seguridad

3.3.5 Proceso constructivo.

La metodología de la fabricación de los drenajes era en su mayoría, reemplazar las obras de arte que había en el tramo, por tanto, se utilizó el mismo diseño y ubicación de tales drenajes pluviales. Para los cordones y cunetas se escogieron los lugares más críticos y con encauces determinados por topografía.

De acuerdo con esta metodología, se realizaron las siguientes actividades:

3.3.5.1 Excavación con maquinaria:

Se realizó el retiro de las anteriores obras de arte con ayuda de maquinaria, y utilizando esos puntos de referencia, se marcó un replanteo para que la maquinaria pudiera excavar en las dimensiones adecuadas para poder tener el correcto proceso constructivo del hormigón como obra de drenaje.

Se hizo uso de la Retro Excavadora, debido a su capacidad de excavar y levantar el material al Camión Volquete, en conjunto con el equipo de albañilería que trabajaba con la pala haciendo excavaciones manuales en lugares cercanos a las instalaciones de servicios básicos, como el agua potable, alcantarillado sanitario o gas domiciliario, esto para no dañar dichos servicios.



Figura 39. Excavación para cabezal de hormigón armado

Fuente: Elaboración propia

La actividad de excavación con maquinaria fue numerada como el Ítem 7 y su unidad de medición fue en metros cúbicos [m³], detallado en la Planilla de pago N° 1.

3.3.5.2 Conformación de sub-drenes con Brita 2:

Para la ejecución de esta actividad, se utilizó la brita número 2, con una medida de $\frac{3}{4}$ pulgadas, siendo el material vaciado a secciones cuadradas, previamente excavadas con la Retro Excavadora, por debajo de la plataforma, revisando que el material vaciado quede bien asentado para evitar el hundimiento del material de relleno y que no dañe la plataforma.



Figura 40. Material granular conformando un sub-dren

Fuente: Elaboración propia

La actividad de conformación de sub-drenes con brita 2, fue numerada como el Ítem 8 y su unidad de medición fue en metros lineales [ml], detallado en la Planilla de pago N° 1.

3.3.5.3 Hormigón armado para cámara de drenaje:

Este ítem consiste en el proceso constructivo de las obras de arte como ser:

- Cabezales
- Cámaras

El encofrado para estas estructuras se hizo según el replanteo y diseño de cada obra de arte, teniendo un estricto control de nivel del suelo y plomada del encofrado, así, posteriormente proceder a realizar la armadura.

Para el armado, se utilizó barras de acero de \varnothing 10 mm, aprobado por el Supervisor de Obra, manteniendo un control in situ sobre el cortado y doblado de acero realizado en frío. Los empalmes se efectuaron por superposición de los extremos, en una longitud no menor a 40 veces el diámetro de la barra de acero, siendo estos sujetados con alambre de amarre.

Se verifico la falta de material nocivo para el hormigón en las armaduras, y sus respectivas galletas que dan aporte con el espacio para el recubrimiento, esto antes de realizar el vaciado.



Figura 41. Encofrado y armadura para cabezal de hormigón armado
Fuente: Elaboración propia

Para la elaboración del hormigón, se utilizó cemento portland, agregado grueso, agregado fino y agua, haciendo uso de la mezcladora de hormigón. Se metieron los materiales en el siguiente

orden: Primero el agregado grueso, posteriormente el agregado fino y luego el cemento, manteniendo intervalos de agregado del agua después de introducir cada material a la mezcladora.

Las cantidades determinadas por la dosificación, calculado para un H-21, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 13. - Dosificación del Hormigón para obras de arte

DOSIFICACION DEL HORMIGON PARA CABEZALES Y CAMARAS DE DRENAJE		
MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD
BRITA 2 (3/4 PULG.)	KG	1123,60
ARENA	KG	694,80
CEMENTO	KG	358,45
AGUA	L	135

Fuente: Análisis de laboratorio de empresa Contratista

Posterior al mezclado del hormigón en la mezcladora, se transportó la mezcla mediante las carretillas directamente dentro del encofrado, teniendo en cuenta de no realizar vaciados de hormigón desde una altura mayor a 3 metros.

Para la ejecución del vaciado, se tuvo la presencia del Supervisor de Obra, el cual aprobó la metodología de la construcción de las obras de arte, considerando para el control de calidad realizar los ensayos del cono de habrams in situ y el vaciado de hormigón en los cilindros para obtener probetas y posteriormente romperlas a los 28 días del vaciado del hormigón en laboratorio.

Durante el vaciado del hormigón se realizó el respectivo vibrado para evitar las cangrejeras como se muestra a continuación:

	
<p>Vaciado de hormigones para drenajes.</p>	<p>Vibrado del hormigón.</p>
	
<p>Control de calidad del hormigón.</p>	<p>Obra de arte de hormigón armado.</p>

Figura 42. Proceso constructivo de hormigones para obras de arte

Fuente: Elaboración propia

La actividad de hormigón armado para cámaras de drenaje fue numerada como el Ítem 9. Realizada en los puntos críticos y aprobados por Supervisión, y su unidad de medición fue en metros cúbicos [m3], detallado en la Planilla de pago N° 1.

3.3.5.4 Provisión y tendido tubería pead 24”:

Para esta actividad, se provisiono por parte de la empresa Contratista, tubos pead de 24” o 600mm, destinados a realizar el conducto de aguas de un cabezal de entrada a otro de salida, de aguas fluyentes por microcuencas que pasan en medio del tramo del proyecto.

Se requirió este tipo de tubos de polietileno debido a su bajo desgaste, ya que estos estarían enterrados bajo la vía, expuestos a los contaminantes del suelo natural.

El material y su colocación final en obra fue aprobado por Supervisión, respetando estrictamente los 20cm de empalme donde se requirió.



Figura 43. Tubos Pead de 24” colocados para el desvío de aguas pluviales
Fuente: Elaboración propia

La actividad de provisión y tendido tubería pead 24”, fue numerada como el Ítem 10. Realizada como entre medio de los cabezales y cámaras de drenaje, y su unidad de medición fue en metros lineales [ml], detallado en la Planilla de pago N° 3.

3.3.5.5 Relleno y compactado:

Posterior a cada actividad que conforman los drenajes pluviales, se realizó el respectivo relleno y compactado con material laterítico aprobado por el Supervisor de Obra.

Dicho material de relleno fue provisionado del banco de ripio de la empresa Contratista, por medio de volquetes que descargaban el material cerca de la zona de relleno, y fue vaciado in situ por medio de la retro excavadora para su posterior compactado.

El compactado fue realizado manualmente haciendo uso del equipo compactador saltarín, con el cual se compacto todo el volumen de relleno por medio capas de 15 cm de espesor, para garantizar el correcto compactado de todo el material.



Figura 44. Relleno y compactado de material laterítico

Fuente: Elaboración propia

La actividad de relleno y compactado, fue numerada como el Ítem 11. Realizada para todas las obras de arte del proyecto, y su unidad de medición fue en metros cúbicos [m³], detallado en la Planilla de pago N° 1.

3.3.5.6 Fabricación y tendido de tubos de H•A• de Diámetro=1000mm:

El tramo vial, contemplado para el proyecto de pavimentado, ya contaba con tubos de hormigón armado para el desagüe de aguas pluviales, pero al momento de planificar y diseñar los cabezales que se reemplazarían en el tramo, también se notó el deterioro de tales tubos de hormigón (ver Figura 45.), es, por tanto, que, en conjunto con la Supervisión, se decidió reemplazar por tubos de hormigón nuevos fabricados por la empresa Contratista.



Figura 45. Tubos de hormigón armado deteriorados

Fuente: Elaboración propia

La fabricación de estos tubos de hormigón armado fue realizada en la oficina general de la empresa Contratista, ubicada en la carretera Porvenir – Km 11. Haciendo uso de moldes diseñados específicamente para la fabricación de tubos de diámetro igual a 1000mm y largo de 1 metro.

Primeramente, se realiza el armado de los aceros, en este caso aceros Ø10 mm, empalmados con alambre de amarre y posteriormente al armado, se coloca el acero armado a diseño de los tubos, dentro del molde, donde se vaciará una mezcla de hormigón echa por una mezcladora. Pasado las 8 horas, se retirará el tubo de hormigón del molde y se colocará en almacén, donde recibirá un regado de agua diario, hasta alcanzar la edad de 7 días para su posterior traslado a obra.

El traslado fue realizado por medio de un camión de carga equipado de un brazo grúa, para el apoyo en la descarga de los tubos a su posición final.

Se conformó una cama de arena de 5cm de espesor para el asentado de los tubos de hormigón, donde el acomodo fue acorde al nivel del suelo en sentido recto sin desviación controlado por medio de lineadas referenciadas por los cabezales.

Posteriormente al asentado de los tubos de hormigón armado, se realizó un sellado de las uniones con una mezcla de cemento y agua, para evitar la filtración del agua, este sellado se realizó tanto por fuera como por dentro.



Figura 46. Tendido de tubos de hormigón armado de diámetro igual a 1000mm
Fuente: Elaboración propia

La actividad de fabricación y tendido de tubos de H°A° de D=1000mm, fue numerada como el Ítem 22. Su unidad de medición fue en metros lineales [ml], detallado en la Planilla de pago N° 3.

3.3.5.7 Cordón y cuneta de hormigón armado:

Para esta actividad, se utilizó un único diseño realizado en todos los tramos mencionados, detallado a continuación:

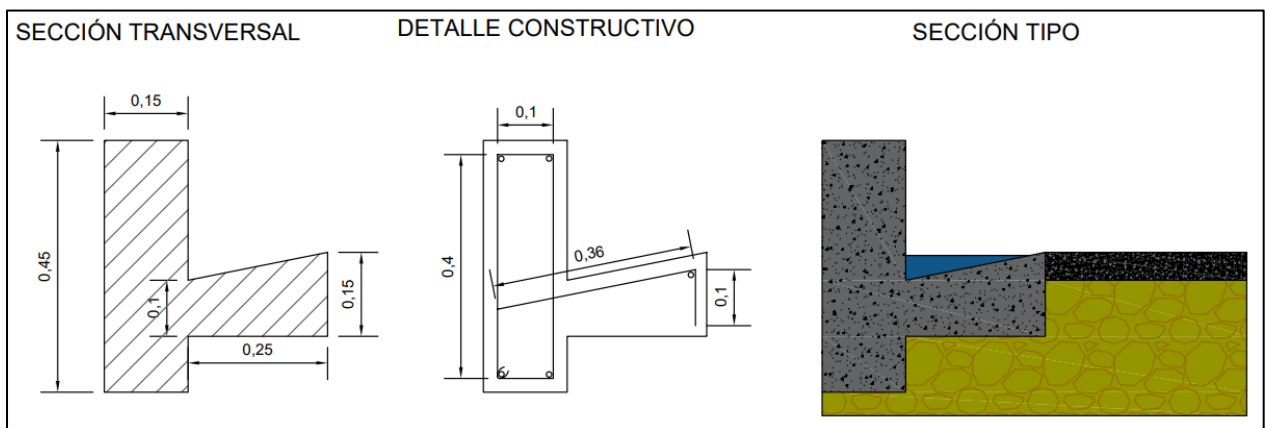


Figura 47. Diseño de cordón y cuneta

Fuente: Diseño de cordón y cuneta de la planilla final de empresa Contratista

Se optó por el uso de barras de acero corrugado de Ø8 mm para refuerzos longitudinales y de Ø6 mm para estribos. El corte y doblado de las barras se realizó en frío, de acuerdo estrictamente con las formas y dimensiones indicados en los planos.

Los empalmes se efectuaron por superposición de los extremos, en una longitud no menor a 40 veces el diámetro de la barra, sujetándolos con alambre de amarre.

Se realizó el control del encofrado y apuntalado coordinando con su diseño tal que se respeten los espaciamientos establecidos.

Analizando la sección del cordón y cuneta, se adecuó un sistema de encofrado favoreciendo la consistencia de hormigón de manera monolítica. Consiste en encofrados prefabricados de madera

de construcción, empotrados con un sistema de grampas sostenidas con pernos o clavos, tal que se logre vaciar el cordón y la cuneta, como se muestra a continuación:



Figura 48. Encofrado y armado para cordones y cunetas

Fuente: Elaboración propia

Para la dosificación del hormigón que se destinaria para los cordones y cunetas, se dio una dosificación que cumpla con los caracteres de un H-21, en las cantidades mostradas a continuación:

Tabla 14. - Dosificación del Hormigón para cordones y cunetas

DOSIFICACION DEL HORMIGON PARA CABEZALES Y CAMARAS DE DRENAJE		
MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD
BRITA 2 (3/4 PULG.)	KG	1123,60
ARENA	KG	694,80
CEMENTO	KG	358,45
AGUA	L	135

Fuente: Análisis de laboratorio de empresa Contratista

El hormigón utilizado, fue mezclado mediante una mezcladora de hormigón cumpliendo estrictamente las proporciones mencionadas en la anterior Tabla 14. Vaciado mediante carretillas que transportaban el hormigón mezclado a su puesta final y finalmente vibrado para evitar las cangrejeras.

Para el control de calidad, se realizó el ensayo del cono de habrams in situ y la ruptura de probetas, a los 28 días del vaciado, fabricadas del mismo hormigón que se utilizó para los cordones y cunetas.



Figura 49. Acabado final del cordón y cuneta

Fuente: Elaboración propia

La actividad de cordón y cuneta de hormigón armado fue numerada como el Ítem 23. Realizada en los puntos más críticos del tramo, aprobados por el Supervisor de Obra. Su unidad de medición fue en metros cúbicos [m3], detallado en la Planilla de pago N° 3.

3.4 CAPA DE RODADURA O PAVIMENTO

La capa de rodadura utilizada en el proyecto es lo comúnmente conocido como pavimento flexible: Es aquel que está compuesto por una capa o carpeta asfáltica es decir el pavimento flexible utiliza una mezcla de agregado grueso o fino (piedra machacada, grava y arena) con material bituminoso obtenido del asfalto o petróleo, y de los productos de la hulla. Esta mezcla es compacta, pero lo bastante plástica para absorber grandes golpes y soportar un elevado volumen de tránsito pesado.

Este tipo de pavimento es bastante rápido de asentar, es, por tanto, que se requiere un gran avance de plataforma para iniciar las actividades que conformen la capa de rodadura, ya que, es conveniente terminar todo el pavimentado de manera continua para no tener que detener la producción de mezcla asfáltica, debido a que la planta de asfalto demora bastante en calentar para conseguir la temperatura necesaria (Entre 4 a 16 horas, dependiendo de factores ambientales).

Una vez concluida la ejecución de plataformas, para iniciar las actividades que conforman la capa de rodadura, se debe de realizar un trabajo de limpieza superficial a la plataforma, donde se retiren los materiales no deseados (Contaminantes a la mezcla asfáltica como plásticos, bolsas, material vegetal, etc.), y partículas sueltas del suelo, las cuales impiden la correcta adherencia de la plataforma al pavimento. Esta actividad es netamente para el cumplimiento de calidad del proyecto, y se realizó como se muestra a continuación:



Figura 50. Bobcat Barredor

Fuente: Revista comercial Bobcat

Bobcat

Se utilizó esta maquinaria para realizar el barrido superficial a la plataforma, mediante un rastrillo circular al frente de su chasis, esto para desprender parte del suelo que quedó blando y que un soplador no pueda quitar de la plataforma.



Figura 51. Soplador de Corteza y Mantillo

Fuente: Elaboración propia

Soplador de Corteza

Posterior al barrido, se realizó el soplado de la superficie de la plataforma retirando partículas de suelo restantes, para ayudar en la adherencia del pavimento.

Dicho soplador se trasladaba mediante el anclaje a una Camioneta Toyota.

3.4.1 Replanteo topográfico para la ejecución del pavimentado.

Debido a que el ancho de plataforma superaba entre 50 a 100 cm cada lado de la calzada del pavimento, se requería una guía para seguir el diseño geométrico, es entonces, que se realizó un replanteo de eje y bordes de donde se iba a vaciar la carpeta asfáltica, este replanteo marcaba un

ancho de 7 metros de calzada para todo el 1er tramo del proyecto, y 6 metros para el 2do tramo (Tramos descritos en el apartado 1.2.2.3. Ubicación del proyecto).

El replanteo consistió en clavar en el suelo clavos de calamina (Para tener mejor visibilidad de estos), cada 50 metros en tramos rectos, y en zonas de curvas y quiebres direccionales, cada 2 metros, por medio del equipo de topografía que se guiaba de acuerdo con el diseño geométrico. Posteriormente se unían dos clavos, uno seguido del otro, por medio de una cuerda para pintar de color blanco sobre esta y el suelo, así remarcando, en bordes y eje, donde se vaciaría el pavimento.

El replanteo se realizó después de la imprimación asfáltica, para que esta no pudiese tapar el replanteo, como se muestra a continuación:



Figura 52.
Fuente: Elaboración propia

Replanteo topográfico para el vaciado de la carpeta asfáltica

3.4.2 Datos técnicos de pavimentado.

Las actividades realizadas para la conformación de la capa de rodadura se muestran a continuación:

Tabla 15. - Ítems de pavimentado

N° ITEM PLANILLADO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.
12	IMPRIMACION ASFALTICA	M2	24.701,81
14	CARPETA ASFALTICA E=5CM	M2	21.942,81
24	REPARACION Y LIMPIEZA DE CÁMARAS DE ALCANTARILLAS	PZA	37,00

Fuente: Planilla final aprobada de la empresa Contratista

3.4.3 Materiales.

Los materiales utilizados en la ejecución de estas actividades que conforman la capa de rodadura son:

- Asfalto STYLINK 60/85
- Kerosene
- Agregados pétreos
- Diesel
- Cemento Portland
- Arena
- Agua

3.4.3.1 Asfalto STYLINK 60/85:

El tipo de asfalto utilizado es el nominado asfalto STYLINK 60/85, son cementos asfálticos que ofrecen un desempeño altamente superior gracias a la incorporación de polímeros, los cuales reducen la susceptibilidad térmica de los CA y mejoran sus propiedades de adherencia y elasticidad.

Las mezclas asfálticas fabricadas con Cementos Asfálticos Modificados con Polímeros tienen una vida útil considerablemente mayor y son especialmente recomendadas en rutas con alto tránsito y/o con climas extremos.

A temperaturas elevadas el Cemento Asfáltico Modificado con Polímeros mantiene un comportamiento sólido elástico, evitando las deformaciones permanentes y el ahuellamiento. A temperaturas bajas mantiene un comportamiento líquido viscoso, sin volverse extremadamente frágil y evitando el agrietamiento térmico.

Los cementos asfálticos se clasifican según su grado de dureza o consistencia, lo cual se mide a través de un ensayo de penetración en décimas de milímetros.

Este material se proveyó del vecino país Brasil, debido a su cercanía al proyecto, por tanto, era menos la demora en comparación si fuese traído del interior del país.



Figura 53. Almacenaje del cemento asfáltico

Fuente: Empresa proveedora

3.4.3.2 Kerosene:

De densidad intermedia entre la gasolina y el diésel, se utilizó como diluyente del cemento asfáltico para la preparación de las mezclas utilizadas en las actividades que conforman la capa de rodadura.

3.4.3.3 Agregados pétreos:

Los agregados pétreos utilizados son brita $\frac{3}{4}$, pedrisco y polvo de brita, provenientes del vecino país Brasil.

A continuación, se presentará en la Tabla 16. la granulometría de estos materiales:

Tabla 16. - Granulometría del material: Brita $\frac{3}{4}$, Pedrisco y Polvo de Brita

MATERIAL	TAMIZ	1"	$\frac{3}{4}$ "	$\frac{1}{2}$ "	N° 4	N° 8	N° 40	N° 80	N° 200
BRITA $\frac{3}{4}$	% QUE PASA	100,00	96,30	52,40	5,70	3,70	2,30	1,70	1,20
PEDRISCO	% QUE PASA	100,00	100,00	100,00	32,70	5,10	2,00	1,10	0,90
POLVO DE BRITA	% QUE PASA	100,00	100,00	100,00	95,50	76,60	33,00	15,20	11,20

Fuente: Ensayo de granulometría realizado por: "Centro de Desarrollo Tecnológico – Betunel"

3.4.3.4 Diesel:

Los aceites tipo diésel dejan una película grasosa sobre la superficie de algún elemento que impide que se adhiera a la mezcla asfáltica. Esta característica es la que aporó en la correcta ejecución del compactado del pavimento, se roseaba de manera uniforme el diésel sobre el rodillo liso del compactador de pavimento, y también sobre los rodillos neumáticos que aportaban con el acabado final del pavimento.



Figura 54. Roseado de diésel a rodillo liso del compactador de pavimento
Fuente: Elaboración propia

3.4.3.5 Cemento Portland:

El cemento utilizado en la conformación de la capa de rodadura cumple con las exigencias normadas en la Norma Boliviana 2.1 – desde 001 hasta 014. Y en lo establecido en la Norma Boliviana 011. Aprobado por el Supervisor de Obra pasando la verificación de no contener terrones, grumos, costras u envejecimiento.

Para la utilización del cemento en el hormigón, la empresa Contratista presento su debida dosificación donde será utilizado el cemento, mostrando las cantidades necesarias que logre obtener tal hormigón la resistencia necesaria a los 28 días (Control de calidad determinado mediante la ruptura de probetas cilíndricas).

3.4.3.6 Arena:

La definición de este material, agregado fino, se encuentra en el apartado 3.3.3.3. Arena.

3.4.3.7 Agua:

El agua provista para la fabricación de hormigones carece de materiales que puedan ser dañinos para el hormigón, como aceites, ácidos, material vegetal e impurezas.

3.4.4 Maquinaria y equipos.

Para la ejecución de las diferentes actividades que conforman el pavimentado, se utilizó las siguientes maquinarias:

- | | |
|---|-----------------------|
| - Cisterna de Riego de Asfalto | VOLKSWAGEN 12-140H |
| - Camión Volquete | MERCEDES BENZ 12m3 |
| - Camión Volquete | VOLVO 12m3 |
| - Camión Volquete | VOLVO 12m3 |
| - Terminadora de Asfalto | BLAW KNOX PF-5510 |
| - Compactador de Asfalto de Rodillo Liso | INGERSOLL RAND DD-110 |
| - Compactador de Asfalto de Rodillo Neumático | DYNAPAC CP-271 |

Como complementación al trabajo ejecutado, se utilizaron los siguientes equipos y herramientas:

- Mochila rociadora. - Mochila sopladora. - Cortadora de pavimento.



Figura 55.

Equipos utilizados en las actividades del pavimentado

Fuente: Imágenes de referencia

- Palas
- Picotas
- Rastrillo plano de nivelación de pavimento
- Carretillas



Figura 56. Herramientas utilizadas en las actividades del pavimentado

Fuente: Imágenes de referencia



Figura 57. Rastrillo plano para pavimentación

Fuente: Elaboración propia

Para la ejecución de las actividades que conforman el pavimento, se utilizó los equipos topográficos descritos en el apartado 3.2.2 Equipos topográficos.

3.4.5 Procesos constructivos.

3.4.5.1 Imprimación asfáltica:

Dentro de la construcción de pavimentos, uno de los procesos más importantes para garantizar el buen desempeño de una solución, ya sea a nivel de asfalto o a nivel de pavimento básico, es la actividad del riego de imprimación.

Este riego de imprimación cumple diversas funciones, siendo las tres principales las siguientes:

- Aumentar la cohesión superficial de la base.
- Impermeabilizar esta capa durante la construcción.
- Generar un puente de adherencia entre la base y la capa de material bituminoso a colocarse encima de esta a fin de garantizar que toda la solución trabaje en conjunto.

Esta imprima es un tipo de líquido asfáltico que está compuesto por un 50% de kerosene y 50% de asfalto. Al aplicarse el insumo comienza el proceso de penetración y también el proceso de curado. El proceso de curado consiste en la separación del asfalto y del kerosene, en donde este último empieza a volatilizarse.

Para la primera imprimación del proyecto, partimos desde la progresiva 0+000, donde se hizo uso del camión cisterna de riego de asfalto. La metodología de imprimación fue de imprimir 4 m de vía en un sentido, donde después la cisterna daría la vuelta y procedería a imprimir los otros 4 metros. Esto para tener un borde de seguridad para el pavimento, dándole 0,5 metros de imprimación a cada lado para mantener la plataforma impermeable, así el agua pluvial no dañe rápidamente el pavimento.

La imprimación se daba a planificación de la cantidad de metros longitudinales que se iba a pavimentar, si estaba planificado una cierta cantidad de mezcla asfáltica, se calculaba la longitud que cubriría esa cantidad, pues es entonces que se imprimaba esa misma longitud.

La imprima tiene que penetrar mínimamente 5mm de la superficie de la capa base, y es, por tanto, que, de acuerdo con las especificaciones técnicas del producto, se requería un riego de 0,7 lts/m².

Posteriormente a la imprimación, se tenía que notar visiblemente el completo cubrimiento de la plataforma, y se tenía que esperar 4 horas mínimamente para proceder al vaciado de la mezcla asfáltica, esto para permitir que la imprima pueda penetrar la capa base y terminar su proceso de curado.



Figura 58. Proceso de imprimación

Fuente: Elaboración propia

La actividad de imprimación asfáltica fue numerada como el Ítem 12, realizada desde el principio del tramo, hasta el inicio del pavimento destinado a ser recapado, desde la progresiva 0+000 hasta la progresiva 2+870, y en otro tramo (Calle de entrada al Centro de Salud Perla del Acre), desde la progresiva 0+290 hasta la progresiva 0+446. Su unidad de medición fue en metros cuadrados [m²], detallado en la Planilla de pago N° 2.

3.4.5.2 Carpetas asfálticas E=5cm:

Esta actividad trata del vaciado de una carpeta asfáltica de 5 cm de espesor sobre la imprimación ejecutada con anterioridad, para formar la capa de rodadura, que se conoce comúnmente como el pavimento flexible.

Dicha carpeta asfáltica es una mezcla de asfalto con material granular, en las proporciones siguientes:

- Brita ¾ 33,20%
- Pedrisco 14,20%
- Polvo de Brita 47,50%
- Asfalto STYLINK 60/85 5,10%

Tal mezcla asfáltica se produce en la planta de asfalto de la Empresa Pinto Montero, ubicada en la carretera Cobija-Porvenir Km11, y se provee este material en el tramo por medio de camiones volquetes los cuales realizan un vaciado prolongado en la maquinaria conocida como Terminadora de asfalto, como se muestra en la figura 59. De esta manera, se realiza el vaciado de la mezcla asfáltica, en el primer tramo de 7 metros de ancho, y en el segundo (Calle de entrada al Centro de Salud Perla del Acre), de 6 metros de ancho.



Figura 59. Proceso de pavimentación

Fuente: Elaboración propia

La metodología de ejecución de este Ítem fue el empezar con la terminadora en la progresiva 0+000, donde una volqueta le vaciaba la mezcla asfáltica en su tolva, y mientras esta avanzaba, quedaba una capa de mezcla asfáltica para ser compactada. El material vaciado, se denominaría mezcla asfáltica suelta, y de acuerdo con análisis de laboratorio en la empresa Contratista, el factor de compactación era de 0,789, por tanto, la mezcla que dejaba la terminadora debía tener un espesor mínimo de 6,34 cm, esto se verificaba mediante una barra metálica que se clavaba en la mezcla vaciada y marcaba el espesor. Si en caso faltara el espesor, el mismo controlador que manejaba la barra de medición, accionaba un control de mando que, mediante una bomba hidráulica, levantaba el reglón de la terminadora para aumentar el espesor, y si fuese mayor el espesor al requerido, este bajaba el reglón para no tener gasto excesivo del material.



Figura 60. Control del espesor del pavimento

Fuente: Elaboración propia

Todo este proceso constructivo se realizó, primeramente, para media vía, es decir para 3,50 metros, y posteriormente al completar la longitud planificada a pavimentar, la terminadora vuelve a su progresiva inicial para proceder a pavimentar la otra mitad de la vía. Para esto, se es requerido que la junta del pavimento ya frio (el borde del pavimento que está a mitad de la vía) este de manera plana, es decir que no puede tener la degradación de pendiente que se provoca al pasar la compactadora encima. Esto debido a que hay una mejor adherencia de la mezcla asfáltica a una superficie plana.

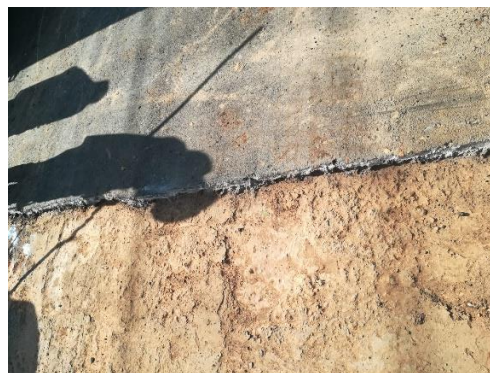


Figura 61. Borde del pavimento donde se unirá al nuevo vaciado para completar la vía

Fuente: Elaboración propia

Para que quede el borde plano, como se muestra en la figura 61. se hizo uso de la cortadora de pavimento, y se retiraban los restos o escombros lejos del tramo, esto para evitar que se junte con la mezcla asfáltica mientras se realiza el vaciado.

La mezcla asfáltica, para ser vaciada por la terminadora, tenía que mantener una temperatura de 150 °C (Temperatura de compactación de la mezcla de acuerdo con el análisis de laboratorio), y salía de la planta de asfalto a una temperatura de 175 °C. La temperatura se mantenía en el transporte de la mezcla debido a que se realizaba en días soleados y no llegaba a descender la temperatura de la mezcla de lo permitido, esto se controlaba mediante un termómetro bimetálico para pavimentos, y se aprobaba por el Supervisor de_Obra para la continuidad del vaciado.



Figura 62. Termómetro bimetálico para mezcla asfáltica

Fuente: Elaboración propia

Mientras la terminadora continuaba el vaciado, las compactadoras empezaban a compactar el pavimento, esto era realizado al instante mientras el asfalto mantenga su temperatura y el compactado logre densificar en la mayor cantidad posible el pavimento. El control de este

pavimento se realizaba mediante la extracción de núcleos, esto se realizaba cada 50 metros intercalando la zona de extracción (lado izquierdo, medio, lado derecho), donde se media la altura que poseían estos núcleos para el control del espesor del pavimento, y posteriormente se llevaban los núcleos al laboratorio para realizar el ensayo Marshall, detallado en el CAPITULO IV.



Figura 63. Compactado del pavimento

Fuente: Elaboración propia



Figura 64. Extracción de núcleos para el control de calidad

Fuente: Elaboración propia

Los rendimientos del proceso constructivo de la carpeta asfáltica de espesor 5cm, es detallado a continuación en la tabla 17.:

Tabla 17. - Rendimiento y cantidades del vaciado de la carpeta asfáltica

DETALLE	REND. EN m2 DE ASFALTO	ASFALTO	SUBTOTAL
PARA ANCHO DE 7m			
VACIADO CARPETA ASFALTICA E=5cm	288,75 m2/h	20.696,3 m2	72,75 horas
VOLQUETE DE 12m3	192,50 m2/volq.	20.696,3 m2	109 volquetes
PARA ANCHO DE 6m			
VACIADO CARPETA ASFALTICA E=5cm	247,50 m2/h	1.246,51 m2	3,78 horas
VOLQUETE DE 12m3	192,50 m2/volq.	1.246,51 m2	5 volquetes
TOTALES			
TIEMPO REQUERIDO PARA ASFALTADO	CANT. DE VOLQUETES REQUERIDOS	ASFALTO TOTAL	
76,53 horas	114 volquetes	21.942,81 m2	

Fuente: Elaboración propia

A finales de la ejecución del proyecto, se presentó una erosión en la nueva carpeta asfáltica conformada entre la progresiva 2+770 y la progresiva 2+810, por lo que se procedió a la inmediata corrección de los baches creados por la erosión de la plataforma, para esto se retiró 40 metros lineales de pavimento y se procedió al cambio de material volviendo a conformar la plataforma y posteriormente, se volvió a vaciar la carpeta asfáltica cumpliendo el espesor mínimo de 5 cm.

La actividad de carpeta asfáltica de 5cm de espesor, fue numerada como el Ítem 14, realizada desde el principio del tramo, hasta el inicio del pavimento destinado a ser recapado, desde la progresiva 0+000 hasta la progresiva 2+870, y en otro tramo (Calle de entrada al Centro de Salud

Perla del Acre), desde la progresiva 0+290 hasta la progresiva 0+446. Su unidad de medición fue en metros cuadrados [m2], detallado en la Planilla de pago N° 2.

3.4.5.3 Reparación y limpieza de cámaras de alcantarillas:

Posteriormente al vaciado de la carpeta asfáltica, se procedió a realizar una reparación y limpieza a las cámaras de alcantarillas que quedaban en medio de las vías del tramo, para esto se evitó vaciar la mezcla asfáltica en los bordes de estas cámaras, para así poder tener el espacio requerido para ejecutar dicha actividad.

Lo primero que se hizo fue el medir la diferencia de cotas entre la superficie de la tapa de la cámara y la rasante de la capa de rodadura, de acuerdo con esta diferencia se veía cuanto había que cortar el cuello de la cámara o cuanto había que aumentar. Es entonces que, por medio de trabajos de albañilería, se logra nivelar las tapas de las cámaras con el nivel del pavimento.

Ya posteriormente, en los bordes de las tapas de las cámaras, se realizaría un vaciado de hormigón como remate para tapar esos espacios que quedaron sin pavimento, como se muestra en la figura a continuación:



Figura 65.

Reparación y limpieza de cámaras de alcantarillas

Fuente: Elaboración propia

La actividad de reparación y limpieza de cámaras de alcantarillas fue numerada como el Ítem 24. Su unidad de medición fue en piezas ejecutadas [PZA], detallado en la Planilla de pago N° 3.

3.5 BACHEO Y RECAPADO

Hasta la progresiva 2+870 del primer tramo, y de la 0+290 a la 0+446 del segundo tramo del proyecto, consistió en la ejecución de un nuevo paquete estructural que dé como resultado el pavimento flexible para el desplazamiento vehicular de los habitantes del municipio de Cobija. Pero a partir de la progresiva 2+870 hasta la progresiva 5+800 del primer tramo, y de la 0+000 a la 0+290 del segundo tramo, ya teníamos un pavimento anterior existente de 3cm de espesor, con baches dispersos entre todo este pavimento. Estos fueron dimensionados mediante un levantamiento topográfico y replanteados para la ejecución de bacheo profundo, posteriormente se procedió a ejecutar las actividades que conforman el recapado de 3cm de espesor, así dando a estas vías un total de 6cm de espesor de pavimento.

Para iniciar las actividades que conforman el recapado, se debe de realizar un trabajo de limpieza superficial al pavimento ya existente, donde se retiren los materiales no deseados (Contaminantes a la mezcla asfáltica como plásticos, bolsas, material vegetal, etc.), y partículas sueltas del suelo, las cuales impiden la correcta adherencia entre la anterior carpeta asfáltica y la nueva a vaciar. Esta actividad es netamente para el cumplimiento de calidad del proyecto, y se realizó como se muestra en las anteriores figuras 50 y 51.

3.5.1 Levantamiento topográfico y replanteo del bacheo y recapado.

Se realizó un levantamiento topográfico en las vías que contienen los baches, donde se midieron estos mismos para tener el dato de las áreas a bachear, y con los baches ya reconocidos, se procedió a realizar el replanteo demarcando así la zona de bacheo.

La metodología consistió en hacer uso del equipo de topografía, que marcaba las esquinas de los baches tratando de formar polígonos para su fácil medición, ya que se marcaba un punto georreferenciado inicial y ,seguido de varios puntos, se llegaba a marcar otro final, entonces el GPS estacionario guardaba dichos puntos en orden tal como estaban señalados, y al transponerlos en el programa AutoCAD, marcaban una unión por medio de líneas de todos los puntos formando así los polígonos que representaban los baches.

Los puntos que marcaba y guardaba el equipo de topografía, eran pintados de color verde para su fácil reconocimiento, ya posteriormente, se usaban esos puntos pintados para replantear el corte que se debía realizar en el pavimento para realizar los baches. Para este replanteo, se unían los puntos pintados de verde, por medio de una soga, y se pintaba sobre la soga color blanco para delimitar el bache con un polígono, así tal como lo tendríamos registrado posteriormente en los planos con los polígonos provistos por el equipo de topografía.



Figura 66. Levantamiento y replanteo topográfico

Fuente: Elaboración propia

3.5.2 Datos técnicos del bacheo y recapado.

Las actividades que conforman el bacheo y recapado, se describen a continuación:

Tabla 18. - Ítems para el recapado

N° ITEM PLANILLADO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.
13	RIEGO DE LIGA	M2	22.250,00
15	RECAPADO ASFALTICO E=3CM	M2	22.250,00
17	BACHEO PROFUNDO	M2	3.642,43
18	GEOMALLA PARA JUNTA	ML	302,10

Fuente: Planilla final aprobada de la empresa Contratista

3.5.3 Materiales.

Los materiales utilizados en la ejecución de estas actividades que conforman el recapado son:

- Asfalto STYLINK 60/85
- Geomalla de fibra de vidrio
- Agregados pétreos
- Diesel
- Laterita
- Agua

3.5.3.1 Asfalto STYLINK 60/85:

La definición de este material esta descrito en el apartado 3.4.3.1 Asfalto STYLINK 60/85.

3.5.3.2 Geomalla de fibra de vidrio:

Beneficios de la geomalla de fibra de vidrio:

- Aumentar la resistencia a la tracción de la capa asfáltica, garantizando bajo una carga vertical, la distribución uniforme de esfuerzos horizontales en una mayor superficie.

- Reducir al mínimo el agrietamiento reflexivo por esfuerzos de tensión y cambios de temperatura en las capas asfálticas.
- Aumentar la resistencia a la fatiga de pavimentos sometidos a la acción de cargas cíclicas.
- Proporcionar beneficios de costo, reduciendo el mantenimiento periódico de los pavimentos flexibles.
- Instalación rápida y fácil.
- Absorbe los esfuerzos de tensión entre las capas de asfalto (de arriba hacia abajo o viceversa).
- Puede reducir el espesor de asfalto de proyecto (10-20%).

3.5.3.3 Agregados pétreos:

La definición de este material y sus características se encuentra en el apartado 3.4.3.3 Agregados pétreos.

3.5.3.4 Diesel:

La definición de este material se encuentra en el apartado 3.4.3.4 Diesel.

3.5.3.5 Laterita:

La definición de este material se encuentra en el apartado 3.2.3.1 Laterita.

3.5.3.6 Agua:

El agua provista para la fabricación de hormigones carece de materiales que puedan ser dañinos para el hormigón, como aceites, ácidos, material vegetal e impurezas.

3.5.4 Maquinaria y equipos.

Para la ejecución de las diferentes actividades que conforman el recapado, se utilizó las siguientes maquinarias:

- | | |
|---|-----------------------|
| - Retro Excavadora | NEW HOLLAND LB90 |
| - Compactador Rodillo Liso | DYNAPAC CA250 |
| - Camión Cisterna | VOLVO |
| - Cisterna de Riego de Asfalto | VOLKSWAGEN 12-140H |
| - Camión Volquete | MERCEDES BENZ 12m3 |
| - Camión Volquete | VOLVO 12m3 |
| - Camión Volquete | VOLVO 12m3 |
| - Terminadora de Asfalto | BLAW KNOX PF-5510 |
| - Compactador de Asfalto de Rodillo Liso | INGERSOLL RAND DD-110 |
| - Compactador de Asfalto de Rodillo Neumático | DYNAPAC CP-271 |

Los equipos utilizados fueron:

- Saltarín Compactador
- Mochila rociadora.
- Mochila sopladora.
- Cortadora de pavimento

Para la ejecución de las actividades que conforman el pavimento, se utilizó los equipos topográficos descritos en el apartado 3.2.2 Equipos topográficos.

Las herramientas utilizadas fueron:

- Palas
- Picotas
- Rastrillo plano de nivelación de pavimento
- Carretillas

3.5.5 Procesos constructivos.

3.5.5.1 Riego de liga:

El riego de liga consta de una aplicación delgada y uniforme de material asfáltico sobre una superficie existente de asfalto o de concreto, con la finalidad de asegurar la adherencia entre la capa de rodadura existente y la de cobertura.

La liga es un compuesto de 50% de asfalto y 50% de diésel, transportado a obra y regado en el tramo, por medio del camión cisterna de riego de asfalto, el cual realizaba tal riego sobre el antiguo pavimento empezando por un sentido de la vía y terminando con el otro sentido. Esto se realizó solo en zonas con la existencia del antiguo pavimento, ya que había puntos de bacheo profundo donde se rego la imprima y no la liga.

La longitud del tramo que se ligaba era de acuerdo con la planificación, teniendo en cuenta la cantidad de mezcla asfáltica que se estaba produciendo, donde se calculaba la longitud que ocuparía dicha mezcla.

Para la ejecución del riego de liga, se tuvo la aprobación del Supervisor de Obra, al contar con el ambiente apto para el riego, es decir, que el pavimento no contenía material dañino para la mezcla. El riego se realizó de manera uniforme, siendo visible el total cubrimiento del pavimento con esta.



Figura 67. Riego de liga

Fuente: Elaboración propia

La actividad de riego de liga fue numerada como el Ítem 13, realizada desde el principio del pavimento antiguo, hasta el punto final destinado a ser recapado, desde la progresiva 2+870 hasta la progresiva 5+800, y en otro tramo (Calle de entrada al Centro de Salud Perla del Acre), desde la progresiva 0+000 hasta la progresiva 0+290. Su unidad de medición fue en metros cuadrados [m²], detallado en la Planilla de pago N° 3.

3.5.5.2 Recapado asfáltico E=3cm:

Esta actividad trata del vaciado de una carpeta asfáltica de 3 cm de espesor sobre otra mezcla asfáltica ya conformada, donde se adhieren por medio de un ligante asfáltico regado con anterioridad, para formar una capa de rodadura de mayor capacidad.

Dicha carpeta asfáltica es una mezcla de asfalto con material granular, en las proporciones siguientes:

- Brita ¾ 33,20%
- Pedrisco 14,20%
- Polvo de Brita 47,50%
- Asfalto STYLINK 60/85 5,10%

Tal mezcla asfáltica se produce en la planta de asfalto de la Empresa Pinto Montero, ubicada en la carretera Cobija-Porvenir Km11, y se provee este material en el tramo por medio de camiones volquetes los cuales realizan un vaciado prolongado en la maquinaria conocida como Terminadora de asfalto, como se muestra en la figura 68. De esta manera, se realiza el vaciado de la mezcla asfáltica, en el primer tramo de 7 metros de ancho, y en el segundo (Calle de entrada al Centro de Salud Perla del Acre), de 6 metros de ancho.



Figura 68. Proceso de recapado

Fuente: Elaboración propia

La metodología de ejecución de este Ítem fue el empezar con la terminadora en la progresiva 2+870, donde una volqueta le vaciaba la mezcla asfáltica en su tolva, y mientras esta avanzaba,

quedaba una capa de mezcla asfáltica para ser compactada. El material vaciado, se denominaría mezcla asfáltica suelta, y de acuerdo con análisis de laboratorio en la empresa Contratista, el factor de compactación era de 0,789, por tanto, la mezcla que dejaba la terminadora debía tener un espesor mínimo de 3,80 cm, esto se verificaba mediante una barra metálica que se clavaba en la mezcla vaciada y marcaba el espesor. Si en caso faltara el espesor, el mismo controlador que manejaba la barra de medición, accionaba un control de mando que, mediante una bomba hidráulica, levantaba el reglón de la terminadora para aumentar el espesor, y si fuese mayor el espesor al requerido, este bajaba el reglón para no tener gasto excesivo del material.



Figura 69. Control del espesor del pavimento

Fuente: Elaboración propia

Todo este proceso constructivo se realizó, primeramente, para media vía, es decir para 3,50 metros, y posteriormente al completar la longitud planificada a recapar, la terminadora vuelve a su progresiva inicial para proceder a recapar la otra mitad de la vía. Para esto, se es requerido que la junta del pavimento ya frio (el borde del recapado que está a mitad de la vía) este de manera plana, es decir que no puede tener la degradación de pendiente que se provoca al pasar la compactadora encima. Esto debido a que hay una mejor adherencia de la mezcla asfáltica a una superficie plana.



Figura 70. Corte del borde del recapado

Fuente: Elaboración propia

Para que quede el borde plano, como se muestra en la figura 70. se hizo uso de la cortadora de pavimento y un hacha, y se retiraban los restos o escombros lejos del tramo, esto para evitar que se junte con la mezcla asfáltica mientras se realiza el vaciado.

La mezcla asfáltica, para ser vaciada por la terminadora, tiene que mantener una temperatura de 150 °C (Temperatura de compactación de la mezcla de acuerdo con el análisis de laboratorio), y salía de la planta de asfalto a una temperatura de 175 °C. La temperatura se mantenía en el transporte de la mezcla debido a que se realizaba en días soleados y no llegaba a descender la temperatura de la mezcla de lo permitido, esto se controlaba mediante un termómetro bimetálico para pavimentos, y se aprobaba por el Supervisor de_Obra para la continuidad del vaciado.



Figura 71. Termómetro bimetálico para mezcla asfáltica

Fuente: Elaboración propia

Mientras la terminadora continuaba el recapado, las compactadoras empezaban a compactar el pavimento, esto era realizado al instante mientras el asfalto mantenga su temperatura y el compactado logre densificar en la mayor cantidad posible el pavimento. El control de este recapado se realizaba mediante la extracción de núcleos, esto se realizaba cada 50 metros intercalando la zona de extracción (lado izquierdo, medio, lado derecho), donde se media la altura que poseían estos núcleos para el control del espesor del recapado, y posteriormente se llevaban los núcleos al laboratorio para realizar el ensayo Marshall, detallado en el CAPITULO IV.



Figura 72. Compactado del recapado

Fuente: Elaboración propia



Figura 73. Extracción de núcleos para el control de calidad

Fuente: Elaboración propia

Los rendimientos del proceso constructivo del recapado de espesor 3cm, es detallado a continuación en la tabla 19.:

Tabla 19. - Rendimiento y cantidades del vaciado del recapado asfáltico

DETALLE	REND. EN m2 DE RECAPADO	RECAPADO	SUBTOTAL
PARA ANCHO DE 7m			
VACIADO RECAPADO ASFALTICO E=3cm	288,75 m2/h	20.510 m2	71,03 horas
VOLQUETE DE 12m3	321,17 m2/volq.	20.510 m2	64 volquetes
PARA ANCHO DE 6m			
VACIADO RECAPADO ASFALTICO E=3cm	247,50 m2/h	1.740 m2	7,03 horas
VOLQUETE DE 12m3	321,17 m2/volq.	1.740 m2	6 volquetes
TOTALES			
TIEMPO REQUERIDO PARA RECAPADO	CANT. DE VOLQUETES REQUERIDOS	RECAPADO ASFALTICO TOTAL	
78,06 horas	70 volquetes	22.250 m2	

Fuente: Elaboración propia

La actividad de recapado asfáltico de 3cm de espesor, fue numerada como el Ítem 15, realizada desde el principio del pavimento antiguo, hasta el punto final destinado a ser recapado, desde la progresiva 2+870 hasta la progresiva 5+800, y en otro tramo (Calle de entrada al Centro de Salud Perla del Acre), desde la progresiva 0+000 hasta la progresiva 0+290. Su unidad de medición fue en metros cuadrados [m2], detallado en la Planilla de pago N° 3.

3.5.5.3 Bacheo profundo:

“Los baches son roturas de la superficie que penetran hasta la base o por debajo de ella”. (Instituto del asfalto, 1989, p.280).

De la definición de bache del Instituto del Asfalto se puede decir que el bacheo es la reparación de los baches y las fallas aisladas de corta longitud producto de daños o fatiga de la carpeta asfáltica, los baches se pueden originar por infiltraciones de agua a las capas interiores del pavimento reduciendo la capacidad de soportar carga en ese lugar.

Por tanto, para la solución de estos baches, es que se realizó el bacheo profundo. Este consiste en la reparación permanente que se realiza no solamente removiendo la carpeta asfáltica existente sino, la remoción del material inadecuado de las capas subyacentes desde 10 cm de profundidad hasta la profundidad necesaria que se encuentre un soporte firme.

Para la ejecución de esta actividad, se inició con el cortado del pavimento delimitado anteriormente en el replanteo realizado por el equipo de topografía, haciendo uso del equipo cortador de pavimento, como se muestra en la figura a continuación:



Figura 74. Cortado del pavimento para el bacheo profundo

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se procedió al retiro de la capa de rodadura dañada y, junto con esta, el retiro de la capa base que perdió su capacidad de soporte de carga. Para esta actividad, se hizo uso de la maquinaria retro excavadora, la cual usaba su pala frontal y su balde para quitar la cantidad

necesaria de suelo para reemplazarlo por material laterítico aprobado por Supervisión, en áreas de bacheo pequeñas, se hizo el retiro de la capa de rodadura de manera manual con el equipo de albañilería usando las herramientas de picotas y palas, estas también fueron utilizadas en el retiro de la capa base dañada. Después del relleno de la capa base con material laterítico, se procedió al compactado de este, mojando el suelo a su humedad óptima, por medio del camión cisterna, para después hacer uso de la compactadora de rodillo liso para la conformación de plataformas, y en áreas de bacheo donde no pudo entrar la compactadora, se hizo uso del equipo conocido como saltarín, el cual compacta capas de 10cm de espesor hasta llegar al nivel adecuado para el vaciado del pavimento que conforma el bacheo.



Figura 75. Retiro de capa de rodadura dañada para realizar el bacheo profundo
Fuente: Elaboración propia

Después del compactado, se procedió al sopleteado de la nueva capa base, para retirar partículas de polvo, y así poder realizar el riego de la imprimada sobre esta, para lo cual se trajo el camión de riego de asfalto, y se bombeó la imprimada a una manguera rociadora para cubrir las capas base

del bacheo con la imprima que impermeabilizara tal plataforma, y aumentara la adherencia al pavimento que se vaciara sobre estas áreas de bacheo.



Figura 76. Riego de imprima para bacheo

Fuente: Elaboración propia

Después del curado de la imprima, que es alrededor de 4 horas, se procedió al vaciado de la mezcla asfáltica sobre las áreas de bacheo, para posteriormente ser compactadas mediante el compactador de asfalto. Una vez concluido todo este proceso que conforma el bacheo profundo, se procede al riego de liga para la ejecución del recapado.



Figura 77.

Compactado final a la ejecución del bacheo profundo

Fuente: Elaboración propia

La actividad de bacheo profundo fue numerada como el Ítem 17, realizada en los puntos más críticos del tramo destinado a ser recapado. Su unidad de medición fue en metros cuadrados [m²], detallado en la Planilla de pago N° 3.

3.5.5.4 Geomalla para junta:

Este ítem se refiere al colocado de una Geomalla de fibra de vidrio en los puntos más críticos del pavimento antiguo. Estos puntos críticos son lugares visiblemente agrietados por desgaste de la carpeta asfáltica, pero no considerado un bache, ahí es donde se extiende la geomalla que impide la extensión del agrietamiento a la nueva carpeta, aumentando su resistencia a la tracción de esta.

Para el colocado de esta Geomalla, la superficie de la anterior capa de rodadura debe estar completamente limpia y posteriormente al colocado de la Geomalla se ejecutará el riego de liga para asegurar la adherencia de la Geomalla entre las dos mezclas asfálticas (la carpeta antigua y la nueva).



Figura 78. Geomalla de fibra de vidrio tendida en cumplimiento al proyecto
Fuente: Elaboración propia

La actividad de Geomalla para junta fue numerada como el Ítem 18, realizada en los puntos más críticos del tramo destinado a ser recapado. Su unidad de medición fue en metros lineales [ml], detallado en la Planilla de pago N° 3.

CAPITULO IV – CONTROL DE CALIDAD

El control de calidad es el conjunto de acciones y/o actividades destinadas a verificar si un producto o servicio satisface los requerimientos o estándares de calidad esperados por la entidad contratante, regidos mediante normativa vigente que establece los procedimientos y las responsabilidades de los diversos entes involucrados en el control de calidad de los materiales y de los procesos constructivos en la materialización del proyecto vial.

El control de calidad se realizó bajo la estricta sujeción de las normativas para plataformas, hormigones y pavimentos asfálticos.

Los ensayos requeridos para el control de calidad del proyecto “Mejoramiento de vías urbanas con pavimento y recapeo en el municipio de Cobija” son:

- 1) Ensayos para la conformación de plataformas:
 - Análisis granulométrico por tamizado AASHTO T-27, ASTM C 136
 - Límites de Atterberg – ASTM D 4318-00
 - Proctor modificado AASHTO T-99
 - Relación soporte california C.B.R. AASHTO T-193, ASTM D 1883 – 05
 - Densidades de campo método cono y arena AASHTO T-191
- 2) Ensayos para la conformación de drenajes pluviales:
 - Ensayo de consistencia del hormigón o Cono de Abrams ASTM C 143, AASHTO T-119
 - Ensayo a la compresión de cilindros de hormigón ASTM C-39, AASHTO T-22
- 3) Ensayos para la conformación de la capa de rodadura:
 - Granulometría de los materiales individuales DNER-ME 083/98, ASTM E-40
 - Granulometría de los materiales combinados ABNT NBR 7217

- Densidades del material ASTM C-127, ASTM C-128
- Equivalente de arena DNER-ME 054/97
- Grado de adhesividad del agregado ABNT NBR 14329
- Desgaste del agregado por abrasión, ensayo de Los Ángeles DNER-ME 035/98
- Absorción de agua ASTM C-127, ASTM C-128 y ASTM C-1252
- Ensayo índice de forma ASTM D-4791 / 95 (3:1)
- Evaluación de la durabilidad mediante el uso de solución de sulfato de sodio DNER-ME 089/94
- Para el control de calidad del cemento asfáltico se presentó las especificaciones técnicas presentadas por la empresa proveedora con certificado de calidad, tales especificaciones técnicas resumían los siguientes ensayos realizados al cemento asfáltico STYLINK 60/85:
 - a) Ensayo de viscosidad NBR-15184
 - b) Punto de inflamación NBR-11341
 - c) Estabilidad de almacenamiento NBR-15166
 - d) Recuperación elástica NBR-15086
 - e) Ensayo de penetración NBR-6576
 - f) Punto de ablandamiento NBR-6560
- Diseño de mezclas asfálticas METODO MARSHALL
- Control de espesor y densidad por medio de extracción de núcleos

4.1 CONFORMACION DE PLATAFORMAS

4.1.1 Análisis granulométrico por tamizado AASHTO T-27, ASTM C 136.

La granulometría o análisis granulométrico se refiere a todo procedimiento manual o mecánico por medio el cual se pueda separar las partículas consecutivas del agregado según tamaños, de tal manera que se pueda conocer las cantidades en peso de cada tamaño que aporta el peso total. Para separar por tamaños se utilizan las mallas estandarizadas de diferentes aberturas (Ver figura 82.) las cuales proporcionan el tamaño máximo de agregado en cada una de ellas. En la práctica los pesos de cada tamaño se expresan como porcentajes retenidos en cada malla con respecto al total de la muestra. Estos porcentajes retenidos se calculan tanto parciales como acumulados, en cada malla, ya que con estos últimos se procede a trazar la gráfica de valores de material para la obtención de la respectiva clasificación de suelos.



Figura 79. Tamices para ensayo granulométrico

Fuente: Guía de Análisis granulométrico ASTM C 136

El muestreo del material a analizar fue del banco de la empresa contratista ubicada en cercanías al tramo del proyecto y se realizó el ensayo de la siguiente manera:

4.1.1.1 Materiales y equipos:

- 500 gr, aproximadamente, de material extraído del banco de préstamo.
- Balanza de precisión. Capacidad de 1kg y 0,01g de precisión.
- Juego de tamices (1", ¾", ½", 3/8", N° 4, 10, 20, 30, 40, 50, 100 y 200).
- Tara de fondo y tapa.
- Agitador mecánico de tamices.
- Brocha.
- Taras de lámina galvanizada.
- Horno de precisión.

4.1.1.2 Caracterización de suelos:

La caracterización de suelos corresponde a la asignación de las propiedades físicas, químicas o mecánicas en las que influyen la selección del material a seleccionar para su disposición en la obra. Se realizó el ensayo correspondiente para saber la clasificación del suelo del nivel de la sub rasante y del banco de préstamo de la empresa contratista, en instalaciones de la empresa Pinto Montero, mediante el método AASHTO T-27, método regido por la norma ASTM C 136 método estándar de ensayo para análisis por tamizado de agregados fino y grueso.

El material analizado en laboratorio para su clasificación fue extraído del nivel de la sub rasante y para saber la clasificación del material de la capa base, se extrajo material del banco de préstamo Pinto Montero.

Clasificación general		Material Granular (35% o menos del total pasa No.200)					
Grupo de clasificación	A -1		A - 3	A - 2			
	A - 1 - a	A - 1 - b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7
Análisis de tamices (porcentaje que pasa)							
No. 10	50 max.						
No. 40	30 max.	50 máx.	51 min.				
No. 200	15 max.	25 max.	10 max.	35 max.	35 max.	35 max.	35 max.
Características de la fracción que pasa No.40							
Limite liquido				40 max.	41 min.	40 max.	41 min.
Indice de plasticidad	6 max.		NP	10 max.	10 max.	11 min.	11 min.
Tipos usuales de materiales que consta		Fragmentos pétreos, grava, y arena		Arena fina	Limos o gravas arcillosas y arena		
Valoración general del subgrupo		Excelente a bueno					

Clasificación general		Material limo- arcilloso (más del 35% del total pasa No.200)			
Grupo de clasificación		A-4	A-5	A-6	A-7
					A-7-5 (a)
Análisis de tamices (porcentaje que pasa)					
No. 10					
No. 40					
No. 200		36 min.	36 min.	36 min.	36 min.
Características de la fracción que pasa No. 40					
Limite liquido		40 max.	41 min.	40 max.	41 min.
Indice de plasticidad		10 max.	10 max.	11 min.	11 min.
Tipos usuales de materiales que consta		Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Valoración general del subgrupo		Regular a pobre			
(a) Para A-7-5, IP < LL - 30					
(b) Para A-7-6, IP > LL - 30					

Figura 80. Clasificación de suelos método AASHTO

Fuente: Principios de la geotecnia en ingeniería, Braja M. Das, 1998

El suelo A-2-4 es el suelo extraído del banco de préstamo, de donde se obtiene el material laterítico para la conformación de la capa base. El análisis de clasificación fue obtenido en el laboratorio ubicado en instalaciones de la empresa Pinto Montero.

El suelo A-4(3) es la clasificación del suelo correspondiente a las muestras extraídas del nivel de la subrasante. La clasificación de este suelo fue realizada en el laboratorio de suelos de la Universidad Amazónica de Pando.

Tabla 20. - Clasificación de suelos

Clasificación AASHTO	Descripción	Comprobación	Parámetros para clasificación de suelos		
			Tamiz N° 200	Limite liquido	Índice de plasticidad
Material granular					
A-2-4	Material de capa base	Cumple con lo requerido	0,5% < 35%	28,14% < 40%	4,29% < 10%
Material limoso					
A-4	Material de Subrasante	Cumple con lo requerido	57,95% > 36%	29,14% < 40%	10,30% < 10%

Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Límites de Atterberg – ASTM D 4318-00.

Los límites de Atterberg, límites de plasticidad o límites de consistencia, se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos, el límite liquido se determina de forma estandarizada mediante la cuchara de Casagrande y el límite plástico mediante la formación de 25 a 30 mm de longitud. Se basan en el análisis de los contenidos de humedad en los puntos de transición de un estado al otro.

Según Albert Mauritz Atterberg (1846-1916), los estados de transición de un estado a otro se producen al agregar agua gradualmente a una muestra de suelos en la que pasa por cuatro estados

de consistencia según su humedad. Inicialmente el suelo está en estado sólido el cual pasa a semisólido, plástico y finalmente líquido.



Figura 81. Equipos de laboratorio para los ensayos de límite líquido y plástico
Fuente: PyS equipos de laboratorio

4.1.2.1 Materiales y equipos:

- Máquina Casagrande.
- 500 gr. De Material extraído del banco de préstamo.
- Acanalador.
- Balanza de precisión. Capacidad de 1kg y 0,01g de precisión.
- Taras de lámina galvanizada.
- Espátula de acero flexible.
- Placa de vidrio.
- Brocha pequeña.
- Horno de precisión.
- Agua destilada.

Como complemento a la caracterización de suelos mencionado en el apartado 4.1.1.2 Caracterización de suelos, se muestra a continuación los resultados obtenidos de los ensayos del límite de Atterberg:

Tabla 21. - Ensayos de límites de Atterberg

MATERIAL UTILIZADO EN EL PROYECTO: MEJORAMIENTO DE VIAS URBANAS CON PAVIMENTO Y RECAPEO EN EL MUNICIPIO DE COBIJA				
Clasificación AASHTO	Descripción	Limite Liquido	Limite Plástico	Índice de Plasticidad
A-2-4	Material de capa base	28,14	23,85	4,29
A-4	Material de Subrasante	29,14	18,84	10,30

Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Proctor modificado AASHTO T-99.

Método que establece las relaciones de “peso unitario – humedad” en los suelos mediante procesos de compactado en un molde estandarizado, mediante un pisón de 4,50 kg, en caída libre, desde una altura de 460 mm, con una energía específica de compactación de 2,67 J/cm³.

El ensayo determina dos de las principales características del suelo que son: la humedad optima y la densidad. Los mismos son constituyentes fundamentales para el control en relación con los ensayos de densidades en obra.



Figura 82. Equipos para realizar los ensayos de compactación
 Fuente: Manual de ensayo de suelos.

4.1.3.1 Materiales y equipos:

- Moldes metálicos estandarizados.
- Placa base y collar de molde separable.
- Pisón metálico.
- Probetas graduadas.
- Balanza de 100 kg de capacidad y 10 g de precisión.
- Balanza de 1 kg de capacidad y 0,01 g de precisión.
- Horno de precisión.
- Regla de acero.
- Palas para mezclado, cucharas y espátulas.

Los ensayos Proctor modificado realizados en el proyecto, se describen a continuación como una tabla resumen:

Tabla 22. - Resultados de ensayos Proctor modificado

Clasificación AASHTO	Peso unitario seco máximo (KN/m3)	Contenido de humedad optima (%)	Ejemplo de curva de densidad seca – humedad de compactación del suelo
A-2-4	21,51	9,2	
A-4	19,48	10,40	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con estos resultados, se ejecutó la conformación de plataformas para realizar el proyecto de la mejor calidad.

4.1.4 Relación soporte california C.B.R. AASHTO T-193, ASTM D 1883 – 05.

El CBR, por sus siglas en ingles “California Bearing Ratio”, significa en español Relación de Soporte California. Consiste en determinar la carga que hay que aplicar a un pistón circular de 19,35 cm² para introducirlo en una muestra de suelo a una velocidad de 1,27 mm/min y hasta obtener una penetración de 2,54 mm. También mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controlada que permite evaluar la calidad del terreno y así designar el uso adecuado de los materiales que conforman la plataforma.

Así mismo, permite obtener el soporte, que no es constante para un suelo dado, al variar en condiciones de uso y control adecuado de campo.



Figura 83. Equipos y herramientas para el ensayo C.B.R.

Fuente: Equipos de ensayo para CBR.

Para el control de calidad de la conformación de plataformas del proyecto, se realizó el ensayo CBR a dos tipos de suelo, a la capa base de tipo A-2-4 y a la subrasante de tipo A-4.

El control se realizó compactando tres especímenes de manera que los límites de sus densidades compactadas sean de 95% a 100% de la máxima densidad seca determinada mediante los ensayos de Proctor modificado.

4.1.4.1 Materiales, herramientas y equipos:

- Prensa de ensayo.
- Moldes metálicos, cilíndricos y estandarizados.
- Cargas metálicas.
- Disco espaciador metálico.
- Pisón.
- Aparato medidor de expansión.
- Pistón de penetración.
- Balanza de 20kg de capacidad 1g de precisión.
- Balanza de 1kg de capacidad y 0,01 g de precisión.

- Tamices, taras, espátulas, papel filtro y otros.
- Material requerido: 15,80 kg.

A continuación, se describe los resultados del CBR realizado para los dos tipos de suelo que conforman la plataforma del proyecto:

Tabla 23. - Ensayos CBR realizados para el control de calidad del proyecto.

Clasificación AASHTO	A-2-4	A-4
Uso	Capa base	Subrasante
Peso unitario seco máximo (KN/m ³)	20,45	19,50
Densidad máxima seca	21,51	19,48
C.B.R. (%) – Parámetro de especificación técnica	29,00	15,60
Observación	Material bueno, aprobado	Material bueno, aprobado

Fuente: Elaboración propia

4.1.5 Densidades de campo método cono y arena AASHTO T-191.

Este método determina en el terreno la densidad de los suelos, utilizado durante el proceso de compactación con el fin de establecer el grado de compactación alcanzado de la capa conformada, ya con ese dato, se decide la aprobación o rechazo de la capa conformada.

El método consiste en excavar un orificio de prueba (orificio circular estandarizado en diámetro y profundidad de acuerdo con el método AASHTO T-191) en el suelo donde se va a ensayar y todo el material extraído del orificio es recuperado en un contenedor. Se llena el orificio con arena de densidad conocida en caída libre haciendo que ocupe el mismo espacio del material extraído, de esa manera, se determina el volumen.

Se pesa todo el material extraído del orificio en la capa conformada, y se escoge de ese material una porción de 500 gr aproximadamente, pero se debe de tener el peso exacto, este material escogido es procedido a ser secado mediante una cocinilla a gas, esto para determinar su contenido de humedad. Ya con todos estos datos, se realiza una comparativa entre la densidad seca de campo y la densidad máxima seca, el resultado de campo debe ser mayor al 95% de la densidad máxima seca.

El ensayo de densidades en campo se realizó cada 50 mts variando entre los lados izquierdo, eje y derecho.



Figura 84.

Ensayo de densidades en campo para 2da capa base

Fuente: Elaboración propia

4.1.5.1 Materiales y equipos:

- Cono de arena convencional.
- Arena normalizada de ensayo.
- Balanza de 5 kg de capacidad y 0,1 gr de precisión.

- Garrafa de gas nacional.
- Cocina de una hornilla.
- Regulador de gas con manguera.
- Sartén y espátula.
- Pedazo de vidrio para ver el vapor.
- Combo, cincel, pala jardinera, cuchara y brocha.
- Guantes con resistencia al calor, baldes plásticos y bolsas.

Como se mencionó en el proceso constructivo de la capa base, se ejecutó la actividad conformando en 2 capas de 15 cm aproximadamente, cada capa debía tener una densidad mayor al 95% de la densidad máxima, para el control de este requerimiento se realizó el ensayo de densidades en campo cada 50 mts variando entre lado izquierdo, eje y lado derecho. Los resultados se prestan a continuación:

Tabla 24. - Densidades en campo de la capa base

PROGRESIVA	GRADO DE COMPACTACION 1ra CAPA (%)	GRADO DE COMPACTACION 2da CAPA (%)	PARAMETRO	OBS.
BARRIOS LA CRUZ, 1RO DE MAYO, LA AMISTAD, 27 DE JUNIO Y SAN PEDRO				
0+060	95,8	96,1	>95%	CUMPLE
0+100	96,4	95,2	>95%	CUMPLE
0+160	95,9	96,8	>95%	CUMPLE
0+200	97,0	95,9	>95%	CUMPLE
0+250	96,1	95,2	>95%	CUMPLE
0+300	98,0	97,2	>95%	CUMPLE
0+357	97,6	97,7	>95%	CUMPLE
0+377	97,9	95,0	>95%	CUMPLE
0+450	96,2	96,1	>95%	CUMPLE
0+500	96,9	95,6	>95%	CUMPLE
0+550	95,9	96,7	>95%	CUMPLE
0+600	95,3	97,8	>95%	CUMPLE
0+640	96,2	97,4	>95%	CUMPLE
0+700	95,1	97,0	>95%	CUMPLE
0+750	98,0	96,9	>95%	CUMPLE
0+800	97,9	96,1	>95%	CUMPLE

0+850	97,7	96,5	>95%	CUMPLE
0+900	98,3	95,5	>95%	CUMPLE
0+950	99,1	95,9	>95%	CUMPLE
1+000	96,1	96,2	>95%	CUMPLE
1+050	95,4	97,8	>95%	CUMPLE
1+120	100,0	97,4	>95%	CUMPLE
1+160	98,2	97,0	>95%	CUMPLE
1+200	99,4	96,8	>95%	CUMPLE
1+250	97,9	96,0	>95%	CUMPLE
1+300	99,1	98,1	>95%	CUMPLE
1+350	98,6	97,2	>95%	CUMPLE
1+400	98,9	97,5	>95%	CUMPLE
1+450	99,0	96,7	>95%	CUMPLE
1+500	95,8	96,8	>95%	CUMPLE
1+560	96,1	96,3	>95%	CUMPLE
1+600	96,3	95,1	>95%	CUMPLE
1+650	95,5	95,9	>95%	CUMPLE
1+700	99,5	97,8	>95%	CUMPLE
1+750	100,0	99,1	>95%	CUMPLE
1+800	98,7	100,0	>95%	CUMPLE
1+850	96,0	98,2	>95%	CUMPLE
1+900	97,4	99,5	>95%	CUMPLE
1+950	96,1	99,0	>95%	CUMPLE
2+000	98,9	95,1	>95%	CUMPLE
2+060	95,7	96,3	>95%	CUMPLE
2+120	95,1	95,9	>95%	CUMPLE
2+170	96,7	98,3	>95%	CUMPLE
2+220	98,0	98,7	>95%	CUMPLE
2+270	99,0	95,0	>95%	CUMPLE
2+310	96,0	96,1	>95%	CUMPLE
2+360	95,0	95,8	>95%	CUMPLE
2+400	95,9	98,3	>95%	CUMPLE
2+440	95,1	98,0	>95%	CUMPLE
2+500	95,6	99,4	>95%	CUMPLE
2+560	97,8	97,4	>95%	CUMPLE
2+620	95,5	96,2	>95%	CUMPLE
2+650	96,3	95,5	>95%	CUMPLE
2+700	96,1	95,1	>95%	CUMPLE
2+750	95,9	95,6	>95%	CUMPLE
2+800	95,4	95,7	>95%	CUMPLE
2+850	96,2	95,4	>95%	CUMPLE
CALLE DEL CENTRO DE SALUD PERLA DEL ACRE				
0+300	99,0	97,8	>95%	CUMPLE
0+350	98,6	96,3	>95%	CUMPLE
0+400	99,6	95,2	>95%	CUMPLE
0+450	99,9	96,9	>95%	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

En el proceso de ejecución de la capa base, se dio que algunos tramos del proyecto tenían una densidad menos al 95% de la densidad máxima seca, en esos tramos se procedió a escarificar mediante la motoniveladora para volver a realizar el proceso de compactado. Posteriormente se volvió a realizar los ensayos de densidades de campo asegurándose que si cumpla el compactado lo requerido.

Como se pudo observar en la Tabla 24, el 100% de la capa base cumple con la densidad requerida para la correcta ejecución del proyecto, comprobado mediante el control de calidad de densidades en campo, supervisado y aprobado por la Supervisión y la Fiscalización.

4.2 CONFORMACION DE DRENAJES

Los ensayos que entran en este apartado son los controles de calidad que se debe de realizar para hormigones. Tales hormigones entran en la ejecución de estas actividades:

- Hormigón Armado para cámaras de drenaje.
- Fabricación y tendido de tubos de H°A° D=1000.
- Cordón y cuneta de H°A°.
- Reparación y limpieza de cámaras de alcantarillas.

Las actividades mencionadas deben de cumplir con las dosificaciones del hormigón que lleguen mínimamente a 210 kg/cm² (H21).

4.2.1 Ensayo de consistencia del hormigón Cono de Abrams ASTM C 143, AASHTO T-119.

El ensayo consiste en rellenar un molde metálico troncocónico de dimensiones normalizadas, en tres capas apisonadas con 25 golpes de varilla y, luego de retirar el molde, medir el asentamiento que experimenta la masa de hormigón colocada en su interior.

La consistencia de la mezcla se controló mediante el ensayo de asentamiento empleando el cono de Abrams en cada vaciado, se realizó la mezcla del hormigón de manera que se pueda conseguir el menor asentamiento posible para la aceptación de la puesta en obra y así proceder a el vaciado y vibrado del hormigón.



Figura 85. Ensayo del cono de Abrams

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.1 Materiales:

- Cono de Abrams de medida estandarizada.
- Varilla de fierro punta redonda, $D=16\text{mm}$.
- Flexómetro.
- Plancha metálica de sujeción.

De acuerdo con la consistencia requerida en el hormigón para los vaciados de las diferentes actividades del proyecto, el asentamiento máximo en obra fue de 2 cm o 20 mm demostrados por el ensayo de cono de Abrams, es decir que se utilizó en todo el proyecto un hormigón de consistencia seca, mezcla que fue aprobada por Supervisión para la continuidad del vaciado.

A continuación de muestra los tipos de consistencias del hormigón de acuerdo con el asentamiento resultante del ensayo del cono de Abrams:

Tabla 25. - Consistencias del hormigón

CONSISTENCIA SEGÚN EL CONO DE ABRAMS	
Consistencia	Asentamiento (cm)
Seca	0 – 2
Plástica	3 – 5
Blanda	6 – 9
Fluida	10 – 15
Líquida	>16

Fuente: Sociedad Americana para Pruebas y Materiales

De acuerdo con el análisis del ensayo realizado en campo del cono de Abrams, el 100% de los hormigones utilizados en el proyecto son de consistencia seca, tales hormigones serán descritos en fecha de vaciado y uso a continuación en la Tabla 26:

Tabla 26. - Consistencia del hormigón utilizado en el proyecto

ENSAYO DEL CONO DE HBRAMS PARA VACIADO DE HORMIGONES				
N°	Descripción	Fecha de vaciado	Asentamiento (mm)	Consistencia
1	Cabezales	15/06/21	13	Seca
2	Cabezales	19/07/21	14	Seca
3	Cabezales	20/07/21	17	Seca
4	Cámaras	23/08/21	18	Seca
5	Cordón cuneta	28/08/21	19	Seca
6	Cordón cuneta	29/08/21	19	Seca
7	Cordón cuneta	08/11/21	20	Seca
8	Cordón cuneta	09/11/21	19	Seca
9	Cordón cuneta	10/11/21	18	Seca
10	Cordón cuneta	11/11/21	19	Seca

Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Ensayo a la compresión de cilindros de hormigón ASTM C-39, AASHTO T-22.

Este método se basa en ensayos destructivos que tienen por objeto obtener las resistencias del hormigón a compresión, mediante probetas fabricadas y conservadas en condiciones normalizadas. Para estos ensayos se hizo uso de probetas cilíndricas donde la altura es el doble del diámetro de la base.

Las probetas fueron fabricadas según lo indicado en Preparación y conservación de probetas de la norma ASTM C 31, la cual determina:

- Control de revenimiento.
- Compactación por varillado.
- Conservación de las probetas.
- Transporte.
- Curado.

Cumpliendo con el control estipulado, las probetas se someten a cargas en la prensa de compresión estandarizada en el que se obtiene datos de cargas de rotura, posteriormente se procede a la evaluación de la resistencia.



Figura 86.
Fuente: Elaboración propia

Vaciado de probetas para el ensayo de compresión

4.2.2.1 Materiales y equipos:

- Moldes metálicos cilíndricos (D = 15 cm y H = 30 cm).
- Varilla de fierro punta redonda (D = 16 mm).
- Balanza de 20 kg de capacidad y 1 gr de precisión.
- Prensa de ensayo a compresión.
- Hormigón preparado para el vaciado en obra.

De acuerdo con lo determinado por la Supervisión y Fiscalización, para controlar la calidad del hormigón, los resultados mediante el uso de probetas a compresión normalizadas y ensayadas a los 28 días deben de tener una resistencia especificada superior a los 21 Mpa, para todas las estructuras que lleven hormigón en el proyecto de “Mejoramiento de vías urbanas con pavimento y recapeo en el municipio de Cobija”.

En cada uno de los vaciados se extrajo dos probetas, debido a no ser estructuras de hormigón armado superiores a los 25 m³ de volumen. Y en caso de los vaciados de cordones y cunetas, se extrajo dos probetas para cada 100 metros, al ser una actividad de vaciado continuo, estos 100 metros son equivalentes a 10 m³ de hormigón armado. Se efectuó las roturas de los cilindros y se obtuvo los datos que se muestran a continuación:

Tabla 27. - Resistencia a la compresión de hormigones para obras de drenaje

RESISTENCIA OBTENIDA A LA FECHA DE ROTURA					
Nº	Descripción	Fecha de vaciado	Edad	Resistencia (kg/cm ²)	Comprobación >210 kg/cm ²
1	Cabezales	15/06/21	28	226,4	Cumple
2	Cabezales	15/06/21	28	224,2	Cumple
3	Cabezales	19/07/21	28	224,5	Cumple
4	Cabezales	19/07/21	28	232,2	Cumple
5	Cabezales	20/07/21	28	228,8	Cumple
6	Cabezales	20/07/21	28	215,4	Cumple
7	Cámaras	23/08/21	28	225,0	Cumple
8	Cámaras	23/08/21	28	231,6	Cumple
9	Cordón cuneta	28/08/21	28	227,1	Cumple
10	Cordón cuneta	28/08/21	28	218,9	Cumple
11	Cordón cuneta	29/08/21	27	219,5	Cumple
12	Cordón cuneta	29/08/21	27	221,3	Cumple
13	Cordón cuneta	08/11/21	28	232,2	Cumple
14	Cordón cuneta	08/11/21	28	228,8	Cumple
15	Cordón cuneta	09/11/21	27	227,7	Cumple
16	Cordón cuneta	09/11/21	27	218,8	Cumple
17	Cordón cuneta	10/11/21	26	223,4	Cumple
18	Cordón cuneta	10/11/21	26	220,5	Cumple
19	Cordón cuneta	11/11/21	25	219,8	Cumple
20	Cordón cuneta	11/11/21	25	227,6	Cumple

Fuente: Elaboración propia

4.3 CONFORMACIÓN DE LA CAPA DE RODADURA

4.3.1 Granulometría de los materiales individuales DNER-ME 083/98 y Granulometría de los materiales combinados ABNT NBR 7217, ASTM E-40.

Este método establece el procedimiento para tamizar y determinar la granulometría de los áridos que se utilizan las diferentes mezclas de la construcción. Es aplicable a los áridos que se emplean en la elaboración de morteros, hormigones, tratamientos superficiales y mezclas asfálticas.

Se selecciona un juego de tamices de acuerdo con la especificación correspondiente al material por ensayar. Disponiéndolos según aberturas decrecientes, montados sobre el depósito receptor y provisto de su tapa. Todos estos elementos deben estar limpios y secos.



Figura 87. Tamizado mediante equipo automático de laboratorio
Fuente: Imagen ejemplo.

4.3.1.1 Materiales y equipos:

- Balanza de 5 kg de capacidad y 0,1 gr de precisión.
- 500 gr, aproximadamente, de material extraído del acopio del árido.
- Juego de tamices (1", ¾", ½", 3/8", N° 4, 8, 20, 30, 40, 50, 80 y 200).

- Tara de fondo y tapa.
- Agitador mecánico de tamices.
- Brocha.
- Taras de lámina galvanizada.
- Horno de precisión.

Para lograr una mezcla más consistente, con menos cantidad de espacios vacíos, se utilizó 3 tamaños diferentes del árido que conforma la mezcla asfáltica, estos tamaños se denominan con los siguientes nombres:

- Brita $\frac{3}{4}$.
- Pedrisco.
- Polvo de brita.

La granulometría individual y combinada de estos se presenta a continuación:

Tabla 28. - Granulometría individual y combinada de los materiales

TAMICES	PORCENTAJE QUE PASA (%)			
	BRITA $\frac{3}{4}$	PEDRISCO	POLVO DE BRITA	COMBINADO
1"	100,00	100,00	100,00	100,00
$\frac{3}{4}$ "	96,30	100,00	100,00	98,70
$\frac{1}{2}$ "	52,40	100,00	100,00	83,30
N°4	5,70	32,70	95,50	54,70
N°8	3,70	5,10	76,60	40,40
N°40	2,30	2,00	33,00	17,60
N°80	1,70	1,10	15,20	8,40
N°200	1,20	0,90	11,20	6,20

Fuente: Ensayo de los agregados, laboratorio Betunel

Los materiales utilizados en la fabricación del pavimento son provenientes del país Brasil, es por tanto que se utilizó los laboratorios de la empresa proveedora del asfalto para los ensayos requeridos en la conformación de la capa de rodadura.

4.3.2 Densidades del material y absorción del agua, árido grueso ASTM C-127, AASHTO T85-91.

Este método establece los procedimientos para determinar la densidad real, la densidad neta y la absorción de agua en áridos gruesos. Es aplicable a los áridos gruesos de densidad neta entre 2.000 y 3.000 kg/m³, que se emplean en el análisis de suelos, elaboración de hormigones y obras asfálticas.

Para la ejecución de este ensayo, se efectúa las siguientes pesadas a la muestra:

- Pesada al aire ambiente del árido saturado superficialmente seco, para lo cual se realizan los siguientes pasos:
 - a) Se retira la muestra del agua y se seca superficialmente las partículas, haciéndolas rodar sobre un paño absorbente húmedo hasta que desaparezca la película visible de agua adherida. Se seca individualmente las partículas mayores manteniendo el árido, ya secado superficialmente, cubierto por un paño húmedo hasta el momento de pesar. Efectuando toda la operación en el menor tiempo posible.
 - b) Se determina inmediatamente la masa del pétreo saturado superficialmente seco, por pesada al aire ambiente, aproximando la precisión del pesado a 1 g.
- Pesada sumergida:
 - a) Se coloca la muestra en el canastillo porta muestra.

- b) Se sumerge el canastillo en agua a $20 \pm 3^\circ \text{C}$, por un período de al menos 3 min.
 - c) Se determina la masa sumergida, aproximando la precisión del pesado a 1 g.
- Pesada al aire ambiente del árido seco:
- a) Se retira la muestra del canastillo y se vacía completamente del recipiente, cuidando de no dejar partículas atrapadas.
 - b) Se seca la muestra en horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ \text{C}$.
 - c) Se enfría la muestra hasta temperatura ambiente, en lo posible dentro de un recipiente protegido, para evitar la absorción de humedad del aire.
 - d) Se determina la masa de la muestra seca, por pesada al aire ambiente, aproximando la precisión del pesado a 1 g.



Figura 88. Forma de pesado de muestra para ensayo de densidad sumergida
Fuente: Equipos para ensayos de materiales - UTEST

4.3.2.1 Materiales y equipos:

- Balanza de 5 kg de capacidad y 0,1 gr de precisión.
- 3.000 gr, aproximadamente, de material extraído del acopio del árido.
- Horno de precisión.

- Canastillo porta muestra de acero inoxidable con malla de abertura igual o menor a 2mm.
- Estanque de agua.
- Recipientes.

El ensayo de densidades y absorción de agua para agregados gruesos fue realizado para los siguientes áridos que conforman la mezcla asfáltica:

- Brita ¾
- Pedrisco

Se presenta los resultados en la siguiente tabla resumen:

Tabla 29. - Densidades y absorción para el árido grueso

AGREGADO	DENSIDADES (gr/cm ³)			ABSORCION (%)
	SUPERFICIALMENTE SECA	SUMERGIDA	SECA	
Brita ¾	2,693	2,649	2,671	0,62
Pedrisco	2,702	2,650	2,676	0,73

Fuente: Ensayo de los agregados, laboratorio Betunel.

4.3.3 Densidades del material y absorción del agua, árido fino ASTM C-128, AASHTO T84-00.

Este método establece los procedimientos para determinar la densidad real, la densidad neta y la absorción de agua de los áridos finos. Es aplicable a los áridos finos de densidad neta entre 2.000 y 3.000 kg/m³, que se emplean en la elaboración de hormigones y obras asfálticas.

Para este método, se requiere un cuidado total para evitar desperdicios de la muestra al realizar los procedimientos del ensayo, debido a que el árido fino es de partículas de menor tamaño y

pueden desperdiciarse en los momentos de verter los excedentes de agua al realizar los ensayos de densidad saturada.

Para obtener la densidad saturada, se llena la muestra de árido fino con agua en el matraz, retirando los excedentes de agua manteniendo el nivel con el material, posteriormente se realiza el pesado para obtener los datos en trabajos de gabinete.

La densidad superficialmente seca, se obtiene dejando la muestra del material fino 24 ± 4 hr bajo un nivel requerido de agua a temperatura ambiente, para asegurar la total saturación del árido fino con el agua, posteriormente se procede a realizar un secado superficial mediante altas temperaturas removiendo el material para no dejar humedad superficial y que este llegue a su estado suelto, para luego verterlo en un molde cónico levemente compactado por un pisón en caída libre a medida que se introduce el material en el molde. Luego de tener el molde cónico lleno, se retira los excedentes superficiales del molde y se levanta suavemente dicho molde, si el material cae de la forma del molde es que existe aun humedad superficial entre las partículas del árido fino, en ese caso se repite el proceso hasta que, retirando el molde, quede el material estático y con bajo descenso de partículas debido a su talud natural por el compactado. Luego de tener el resultado satisfactorio al retirar el molde cónico, se retira una muestra del material, se mide su volumen y se registra su masa.

Para obtener la densidad seca, se procede a un secado del material en horno a una temperatura de 110 ± 5 °C hasta conseguir un secado total del material, donde posteriormente se deja el material retirado del horno a enfriar hasta que este consiga la temperatura ambiente, en ese momento se realiza el pesado, y ya teniendo el volumen es que se encuentra la densidad del material.



Figura 89. Molde cónico y pisón para ensayo de humedad superficial
Fuente: Equipos de laboratorio.

4.3.3.1 Materiales y equipos:

- Balanza de 2 kg de capacidad y 0,01 gr de precisión.
- ≥ 500 gr de material extraído del acopio del árido.
- Horno de precisión.
- Recipientes.
- Matraz aforado con marcas precisas del nivel del agua.
- Molde cónico estandarizado de acuerdo con la norma ASTM C-128.
- Pisón estandarizado de acuerdo con la norma ASTM C-128.

El ensayo de densidades y absorción del agua para áridos finos fue realizado para los siguientes áridos que conforman la mezcla asfáltica:

- Polvo de Brita.

Se presenta los resultados en la siguiente tabla resumen:

Tabla 30. - Densidades para el árido fino

AGREGADO	DENSIDADES (gr/cm ³)			ABSORCION (%)
	SUPERFICIALMENTE SECA	SUMERGIDA	SECA	
Polvo de Brita	2,691	2,635	2,663	0,79

Fuente: Ensayo de los agregados, laboratorio Betunel.

4.3.4 Equivalente de arena DNER-ME 054/97, ASTM D 2419.

Este método establece un procedimiento rápido para determinar las proporciones relativas de finos plásticos o arcillosos en los áridos que pasan por tamiz de 4,75 mm (Nº 4).

A continuación, se mencionan los pasos a seguir en el ensayo:

- Colocar la botella del sifón con la solución de ensayo a aproximadamente 1 m sobre la superficie de trabajo.
- Sifonear la solución de ensayo en la probeta hasta que alcance un nivel de 100 ± 5 mm.
- Se obtiene por cuarteo el material suficiente para llenar una medida.
- Llenar una medida; asiente el material golpeando el fondo de la medida contra la mesa de trabajo a lo menos 4 veces, enrase y vierta en la probeta.
- Se golpea firmemente el fondo de la probeta contra la palma de la mano hasta desalojar las burbujas de aire.
- Dejar la probeta en reposo por un período de 10 min.
- Colocar el tapón y soltar la arena del fondo inclinando y sacudiendo el tubo.
- Se agita la probeta y su contenido mediante uno de los siguientes procedimientos:

- a) Agitación manual. Se sujeta la probeta en posición horizontal y se agita vigorosamente en un movimiento lineal horizontal con un desplazamiento de 230 ± 25 mm. Agitar 90 ciclos en aproximadamente 30 s.
- b) Agitación mecánica. Se fija la probeta en el agitador mecánico y se agita durante un período de 45 ± 1 s.
- Colocar la probeta sobre la mesa de trabajo, destaparla y lavar sus paredes interiores mediante el irrigador.
 - Se introduce el irrigador hasta el fondo de la probeta con un movimiento lento de penetración y torsión para remover todo el material.
 - Retirar el irrigador en forma similar, regulando el flujo de la solución de modo de ajustar el nivel final a 380 mm.
 - Dejar sedimentar por un periodo de $20 \text{ min} \pm 15 \text{ s}$.
 - Al final del período de sedimentación, se registra el nivel superior de la arcilla aproximando al milímetro.
 - Introducir el pisón en la probeta y hacerlo descender suavemente hasta que quede apoyado en la arena. Se registra el nivel superior de la arena aproximando al milímetro.



Figura 90. Equipos necesarios para realizar el ensayo del equivalente de arena
Fuente: Equipos de laboratorio.

4.3.4.1 Materiales y equipos:

- 500 gr del material a ensayar.
- Probeta graduada de 30 ± 1 mm de diámetro interior y aproximadamente 400 mm de alto, graduado en milímetros hasta una altura de 380 mm (o graduada en mililitros hasta una capacidad de 270 ml) y provisto de un tapón hermético de caucho.
- Pisón estandarizado por norma ASTM D 2419.
- Una varilla de bronce de 6 mm de diámetro y 450 mm de largo, con hilo en ambos extremos.
- Un pie de bronce troncocónico de 25 mm de diámetro basal y 20 mm de altura, con una perforación central con hilo para conectarlo a la varilla.
- Un par de guías que mantengan centrada la varilla en el eje de la probeta.
- Una sobrecarga cilíndrica de acero laminado en frío de 50 mm de diámetro y 53 mm de altura, con una perforación central con hilo para conectarla a la varilla. Esta sobrecarga debe ser rectificadas de modo que el conjunto de varilla, pie, guías y sobrecarga tenga una masa de $1 \text{ kg} \pm 5 \text{ g}$.
- Sifón estandarizado por norma ASTM D 2419.
- Una botella de aproximadamente 4 l, provista de un tapón de caucho con dos perforaciones, a través de las cuales se dispondrán dos tuberías de metal, vidrio, caucho o plástico.
- Una tubería de entrada de aire que penetre al interior de la botella sin tomar contacto con la solución y cuyo tramo exterior debe estar doblado en L.
- Una tubería de irrigación cuyo tramo interior penetre hasta 20 mm del fondo de la botella y cuyo tramo exterior sea una manguera de caucho o plástico de una longitud igual o mayor que 1,5 m provista de un sistema que regule el flujo de la solución.
- Un tubo irrigador conectado al extremo exterior de la tubería de irrigación de acero inoxidable de aproximadamente 500 mm de largo, 4 ± 1 mm de diámetro interior y con su

extremo libre cerrado en forma de cuña. Debe tener dos perforaciones de $0,5 \pm 0,1$ mm de diámetro, una en cada cara plana de la cuña.

- Un recipiente de 85 ± 5 ml de capacidad.
- Tamiz de tela de alambre y abertura cuadrada, de 4,75 mm (N° 4) de abertura nominal de acuerdo a ASTM D 2419.
- Recipiente de capacidad igual o mayor que 4 l para preparar el reactivo y la solución de ensayo.
- Agitador mecánico con un desplazamiento horizontal de 200 ± 2 mm y una velocidad de agitación de 175 ± 2 ciclos/min.
- Embudos, botellas para reactivos, regla de enrase, etc.

El ensayo de equivalente de arena fue realizado para los siguientes áridos que conforman la mezcla asfáltica:

- Polvo de Brita.

Se presenta los resultados en la siguiente tabla resumen:

Tabla 31. - Ensayo del equivalente de arena

ESPECIFICACION	AGREGADO	RESULTADO	COMPROBACION
Mínimo 45%	Polvo de Brita	77,5%	Cumple

Fuente: Ensayo de los agregados, laboratorio Betunel.

4.3.5 Desgaste del agregado por abrasión, ensayo de Los Ángeles DNER-ME 035/98, ASTM E 131.

Este método establece el procedimiento para determinar la resistencia al desgaste de los áridos mayores a 2,36 mm, de densidad neta entre 2.000 y 3.000 Kg/m³, mediante la máquina de Los Ángeles. Consiste en meter el agregado grueso dentro de un tambor en conjunto con unas esferas metálicas de masa estandarizada, dicho tambor esta sobre una estructura metálica la cual consta de un motor que gira el tambor a programación del laboratorista, de acuerdo a las vueltas necesarias por norma de acuerdo al material. Esto hace que el material reciba desgaste por abrasión en la rotación que se provoca conjunto con las esferas metálicas, ese dato de desgaste es el resultado final a este ensayo.

Este ensayo se realiza de acuerdo con el tamaño del agregado como se muestra a continuación:

Tamaño de Partículas (mm)	1	2	3	4	5	6	7
	(80-40)	(50-25)	(40-20)	(40-10)	(20-10)	(10-5)	(5-2,5)
Tamaño de las fracciones (g)							
75 - 63	2.500 ± 50						
63 - 50	2.500 ± 50						
50 - 37,5	5.000 ± 50	5.000 ± 25					
37,5 - 25		5.000 ± 50	5.000 ± 25	1.250 ± 10			
25 - 19			5.000 ± 25	1.250 ± 25			
19 - 12,5				1.250 ± 10	2.500 ± 10		
12,5 - 9,5				1.250 ± 25	2.500 ± 10		
9,5 - 6,3						2.500 ± 10	
6,3 - 4,75						2.500 ± 10	
4,75 - 2,36							5.000 ± 10
Masa inicial de muestra (Mi)	10.000 ± 100	10.000 ± 75	10.000 ± 50	5.000 ± 10	5.000 ± 10	5.000 ± 10	5.000 ± 10
Esferas							
- numero	12			12	11	8	6
- masa (g)	5.00 ± 25			5.000 ± 25	4.584 ± 25	3.330 ± 25	2.500 ± 15
Numero de revoluciones	1.000			500			

Figura 91. Grados de ensayo, definidos por sus rangos de tamaño en mm

Fuente: Manual de ensayos de suelos, materiales y asfaltos – ABC (Administradora Boliviana de Carreteras)

A continuación, se describe los pasos a seguir para realizar el ensayo:

- Se registra la masa del total de material por ensayar como masa inicial de la muestra, aproximando a 1 g.

- Se coloca la masa inicial del material en la máquina de Los Ángeles y ensayar de acuerdo con el grado elegido (número y masa de esferas, y número de revoluciones).
- Una vez completado el número de revoluciones correspondiente, sacar el material de la máquina evitando pérdidas y contaminaciones.
- Se separa la carga abrasiva.
- Se efectúa un primer tamizado en un tamiz de 2,36 mm o superior, a fin de evitar dañar el tamiz de corte (1,7 mm).
- Tamizar manualmente el material bajo 2,36 mm por tamiz de 1,7 mm (N° 12).
- Reunir todo el material retenido en ambos tamices, lavar, secar hasta masa constante en horno a 100 ± 5 °C y dejar enfriar a temperatura ambiente.
- Se pesa y registra la masa del material retenido como masa final de la muestra, aproximando a 1 g.



Figura 92. Máquina de Los Ángeles para ensayos de abrasión
Fuente: Equipos de laboratorio.

4.3.5.1 Materiales y equipos:

- 5.000 gr de material para el ensayo.
- Máquina de Los Ángeles
 - a) Tambor de acero de 710 ± 6 mm de diámetro interior y de 510 ± 6 mm de longitud interior montado horizontalmente por sus vástagos axiales con una tolerancia de inclinación de 1 en 100, uno de los cuales debe tener un dispositivo de polea o similar, para acoplar un motor. En su manto cilíndrico debe tener una abertura para introducir la muestra, con una tapa provista de dispositivos para fijarla firmemente en su lugar y que asegure la estanqueidad del material sobre tamiz N ° 50 (0.3 mm).
 - b) Debe llevar en su superficie interior una aleta consistente en una plancha de acero desmontable, fijada rígida y firmemente a todo lo largo de una generatriz del cilindro, de modo que se proyecte radialmente hacia el interior en 90 ± 3 mm. La distancia entre la aleta y la abertura, medida a lo largo de la circunferencia exterior del cilindro y en la dirección de rotación, debe ser igual o mayor que 1,25 m.
 - c) La rotación debe estar comprendida entre 30 y 33 rpm, ser contrapesada e impulsada de modo de mantener una velocidad periférica uniforme y tener incorporado un dispositivo contador de revoluciones con detención automática.
- Balanza con una capacidad superior a 10 kg y una precisión de 1 g.
- Tamices estandarizados.
- Horno con circulación de aire y temperatura regulable para las condiciones del ensaye.
- Esferas (Carga abrasiva). Un juego de esferas de acero de aproximadamente 47 mm de diámetro y de masas diferentes, distribuidas en un rango entre 390 y 445 g.

El ensayo de desgaste del agregado por abrasión mediante el equipo de Los Ángeles fue realizado para los siguientes áridos que conforman la mezcla asfáltica:

- Pedrisco.

Se presenta los resultados en la siguiente tabla resumen:

Tabla 32. - Ensayo de Los Ángeles

ESPECIFICACION	AGREGADO	RESULTADO	COMPROBACION
Máximo 50%	Pedrisco	27,0%	Cumple

Fuente: Ensayo de los agregados, laboratorio Betunel.

4.3.6 Ensayo índice de forma ASTM D-4791 / 95 (3:1).

Este método de prueba cubre pruebas para partículas planas, partículas alargadas o partículas planas y alargadas en el agregado grueso.

Las partículas planas y alargadas de los agregados gruesos tienden a fracturarse más fácilmente que otras partículas de agregado. Cuando el agregado grueso se fractura, es probable que la gradación cambie y esto puede ser perjudicial para la mezcla. Además, las partículas planas y alargadas del agregado, para algunos usos de la construcción, puede interferir con la consolidación y puede resultar en duro, Mezclas difíciles de colocar.

Los agregados individuales de tamaños de tamiz específicos se prueban para relaciones de ancho a espesor, longitud a ancho, o largo a espesor. El ensayo se realiza sobre una muestra de árido grueso reducido de una muestra de campo representativa. La muestra se tamiza para separar cada tamaño mayor a los 9,5 mm. Luego, cada tamaño se prueba en un dispositivo de calibre

proporcional, las partículas son pesadas para determinar el porcentaje de partículas planas, alargadas o planas y alargadas en una muestra.

Las especificaciones del manual de asfaltos requieren que la mezcla asfáltica en caliente tenga menos del 25 % de superficies planas y alargadas. Partículas utilizando una proporción de 3:1.

La cantidad de material para muestra de ensayo requerida se describe de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 33. - Cantidad de muestra de acuerdo con el tamaño nominal

MAXIMO TAMAÑO NOMINAL	CANTIDAD MINIMA
9,5 mm	1 kg
12,5 mm	2 kg
19,0 mm	5 kg
20,5 mm	10 kg
37,5 mm	15 kg

Fuente: Manual ASTM D4791

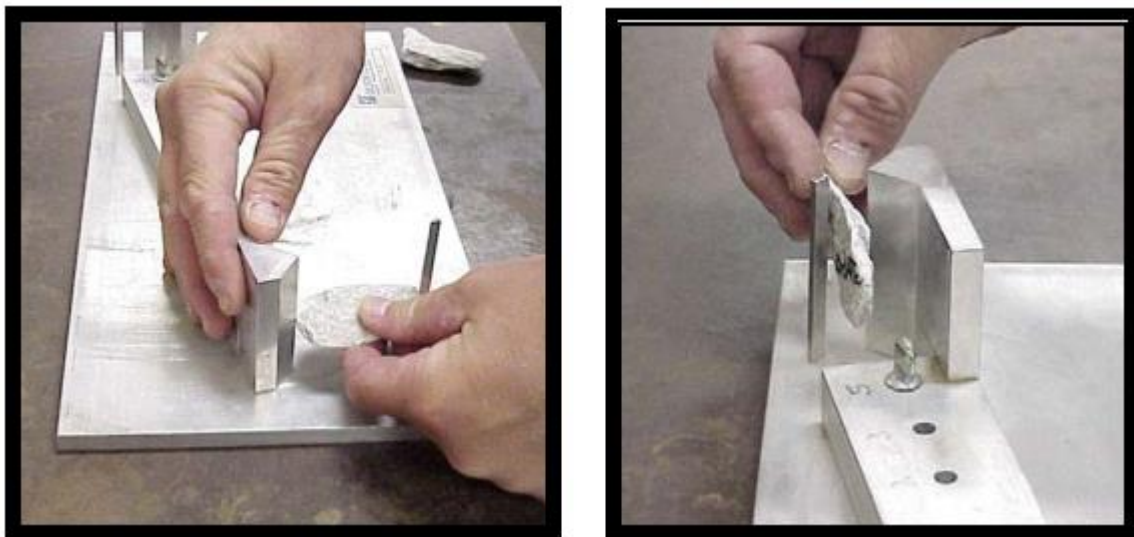


Figura 93. Medición de largo y ancho del agregado grueso

Fuente: Manual de ensayos ASTM D4791.

4.3.6.1 Materiales y equipos:

- 5.000 gr de material para ensayo.
- Dispositivo calibrador proporcional.
- Balanza con una capacidad superior a 10 kg y una precisión de 1 g.
- Horno de precisión.

El ensayo de índice de forma del agregado grueso fue realizado para los siguientes áridos que conforman la mezcla asfáltica:

- Brita $\frac{3}{4}$.

Se presenta los resultados en la siguiente tabla resumen:

Tabla 34. - Ensayo del índice de forma

ESPECIFICACION	AGREGADO	RESULTADO	COMPROBACION
Máximo 25	Brita $\frac{3}{4}$	21,0	Cumple

Fuente: Ensayo de los agregados, laboratorio Betunel.

4.3.7 Evaluación de la durabilidad mediante el uso de solución de sulfato de sodio DNER-ME 089/94, ASTM E88.

Este método establece el procedimiento para determinar la desintegración de los áridos mediante soluciones de sulfato de sodio o sulfato de magnesio. El uso de una u otra sal es alternativo, pero sus resultados no son comparables. Este método se aplica a los áridos de densidad neta entre 2.000 y 3.000 Kg/m³ que se utilizan en la elaboración de morteros, hormigones y mezclas asfálticas.

Este ensayo consiste en dividir el agregado (grueso o fino) en fracciones de acuerdo con el tamaño de las partículas del agregado determinado por una serie de tamizados, donde se puedan

obtener tales fracciones y posteriormente sub-fracciones, de los cuales también se determinará la cantidad de material de muestra que se utilizara en cada ensayo en gramos.

TABLA A0516_1		TAMAÑO DE LA MUESTRA DE ENSAYE ÁRIDO FINO	
Fracción	Tamaño de partículas (mm)	Masa mínima de la fracción(g)	
1	4,75 – 9,5	100	
2	2,36 – 4,75	100	
3	1,18 - 2,36	100	
4	0,6 - 1,18	100	
5	0,3 - 0,6	100	

Nota: Fracción 1, 2, 3, 4 y 5 para hormigón, Fracción 2, 3, 4 y 5 para asfalto

TABLA A0516_2		PÉTREO GRUESO	
Fracción	Tamaño de partículas (mm)	Masa de la subfracción (g)	Masa de la fracción (g)
1	50 - 63	3.000 ± 300	5.000 ± 300
	37,5 - 50	2.000 ± 200	
2	25 – 37,5	1.000 ± 50	1.500 ± 50
	19 – 25	500 ± 30	
3	12,5 - 19	670 ± 10	1.000 ± 10
	9,5 - 12,5	330 ± 5	
4	4,75 - 9,5	300 ± 5	300 ± 5
5	2,36 – 4,75	100 ± 5	100 ± 5

Nota 5: Para tamaños mayores a 63 mm constituir fracciones de 7.000 ± 1.000 g por cada incremento del tamaño en 25 mm. La fracción 5 es sólo para asfalto.

Figura 94. Cantidad de material de ensayo para cada fracción y sub fracción
Fuente: Manual de ensayos de suelos, materiales y asfaltos – ABC (Administradora Boliviana de Carreteras)

Una vez tengamos divididos en fracciones tanto el agregado grueso como el fino, de acuerdo con la figura 94, se mete cada muestra de cada fracción en canastillas metálicas inoxidables y se procede a sumergirlas dentro de la solución de sulfato de sodio a una temperatura de 20 ± 3 °C por 17 ± 1 horas de modo que los pétreos queden cubiertos por una capa de solución superior a 1,5 cm.

Se cubre los recipientes para reducir la evaporación y también para evitar contaminaciones. Posteriormente, se retira las muestras de la solución y se deja escurrir para meter al horno hasta conseguir su masa constante a una temperatura de 110 ± 5 °C.

El material de ensayo se deja enfriar a temperatura ambiente, donde vuelve a su estado inicial para volver a realizar el paso de sumersión y posteriormente, de secado, esto se repite 5 veces. Una vez terminado los ciclos de ensayo, y teniendo la muestra ya fría, se procede a un lavado con agua hasta eliminar totalmente el sulfato de sodio.

Después del lavado, se seca la muestra en horno y se deja enfriar a temperatura ambiente, y ya para encontrar los resultados, se vuelve a dividir en fracciones de acuerdo a los siguientes criterios:

Árido fino – Se tamiza cada fracción ensayada del árido fino en el tamiz inicial donde quedo retenida la muestra, donde se procederá a registrar la masa retenida y quedará como la masa final de la fracción correspondiente, con una precisión de 0,1 gr.

Árido grueso – Se tamizará cada fracción del árido grueso por el tamiz correspondiente de acuerdo con la siguiente figura:

TABLA A0516_3 SERIE DE TAMICES PARA EXAMEN CUANTITATIVO

Fracción	Tamaño de partículas de la fracción original (mm)	Tamices, tamaños nominales de abertura (mm)
1	37,5 - 63	25
2	19 - 37,5	12,5
3	9,5 - 19	6,25
4	4,75 - 9,5	2,5
5	2,36 - 4,75	2,0

Nota5: La fracción 5 es sólo para asfalto.

Figura 95. Tamizado final del árido grueso en ensayos de sulfato de sodio
 Fuente: Manual de ensayos de suelos, materiales y asfaltos – ABC (Administradora Boliviana de Carreteras)

Posteriormente, se procede a registrar la masa retenida y esta quedara como la masa final de la fracción correspondiente, con una precisión de 0,1 gr.

4.3.7.1 Materiales y equipos:

- Balanza para áridos finos de capacidad igual o superior a 500 g y una precisión de 0,1g.

- Balanza para áridos gruesos de capacidad igual o superior a 5.000 g y una precisión de 0,1g.
- Horno con circulación de aire y temperatura regulable para las condiciones del ensayo.
- Tamices estandarizados.
- Canastillos rígidos y químicamente inertes con las soluciones de ensayo. Las perforaciones deben permitir el libre acceso y drenaje de la solución sin pérdidas de material de la muestra.
- Recipientes para solución, rígidos, estancos y químicamente inertes con las soluciones de ensayo. Serán de forma y tamaño tales que permitan contener los canastillos completamente sumergidos en la solución. Deben tener un dispositivo para regular la temperatura de la solución durante la inmersión.
- Solución de sulfato de sodio. (Disuelva 350 g de sulfato de sodio anhidro (Na_2SO_4) o 750 g de sulfato de sodio deshidratado ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) por litro de agua a una temperatura mayor a 0°C y menor a 25°C . Revuelva completamente durante la adición de la sal y a intervalos regulares hasta su uso. Enfríe y mantenga a una temperatura de $20 \pm 3^\circ\text{C}$ durante un período igual o mayor a 48 h previas al uso. Al momento del empleo, la solución debe tener una densidad (g/ml) comprendida entre 1,151 y 1,174 a $20 \pm 3^\circ\text{C}$).

El ensayo de durabilidad mediante el uso de solución de sulfato de sodio fue realizado para los siguientes áridos que conforman la mezcla asfáltica:

- Brita $\frac{3}{4}$.
- Polvo de brita.

Se presenta los resultados en la siguiente tabla resumen:

Tabla 35. - Ensayo de durabilidad mediante el uso de solución de sulfato de sodio

ESPECIFICACION	AGREGADO	RESULTADO	COMPROBACION
>12%	Brita ¾	1,89%	Cumple
>12%	Polvo de brita	4,16%	Cumple

Fuente: Ensayo de los agregados, laboratorio Betunel.

4.3.8 Diseño de mezclas asfálticas METODO MARSHALL.

Este procedimiento es aplicable a mezclas en caliente con cementos asfálticos que contengan áridos con tamaño máximo absoluto igual o inferior a 25 mm. Se puede usar tanto para el diseño en laboratorio como en el control de terreno, y describe una metodología para determinar el óptimo de asfalto en las mezclas.

4.3.8.1 Cálculos:

- a) Cálculo de la densidad real seca ponderada de la mezcla de áridos:

Cuando la mezcla está compuesta por dos o más áridos, todos con diferentes densidades reales, se calcula la densidad real seca de la mezcla de áridos de acuerdo con la expresión:

$$\rho_{RS} = P_1 * \rho_{RS1} + P_2 * \rho_{RS2} + \dots + P_n * \rho_{RSn}$$

Donde:

ρ_{RS} : Densidad real seca de la mezcla de agregados.

P_1, P_2, \dots, P_n : Porcentajes en peso de los áridos 1, 2, ... n, expresados en forma decimal.

$\rho_{RS1}, \rho_{RS2}, \dots, \rho_{RSn}$: Densidades reales secas de los áridos 1, 2, ... n.

- b) Cálculo de la densidad efectiva del árido:

Calcule la densidad efectiva del árido mediante la expresión:

$$\rho_E = \frac{100}{\frac{100 + P_b}{D_{mm}} - \frac{P_b}{\rho_b}}$$

Donde:

ρ_E : Densidad efectiva del árido (kg/m³).

P_b : Porcentaje de asfalto referido al árido (%).

D_{mm} : Densidad máxima de la mezcla suelta (kg/m³).

ρ_b : Densidad del asfalto (kg/m³).

c) Cálculo del porcentaje de asfalto absorbido:

El asfalto absorbido se expresa como un porcentaje referido al árido y se calcula con la fórmula siguiente:

$$P_{ba} = \left(\frac{1}{\rho_{RS}} - \frac{1}{\rho_E} \right) * \rho_b * 100$$

Donde:

P_{ba} : Porcentaje de asfalto absorbido, referido al árido (%).

ρ_{RS} : Densidad real seca del árido (kg/m³).

ρ_E : Densidad efectiva del árido (kg/m³).

ρ_b : Densidad del asfalto (kg/m³).

d) Cálculo de la densidad máxima de la mezcla para distintos contenidos de asfalto:

$$D_{mm} = \frac{100 + P_b}{\frac{100}{\rho_E} + \frac{P_b}{\rho_b}}$$

Donde:

D_{mm} : Densidad máxima de la mezcla (kg/m³).

P_b : Porcentaje de asfalto referido al árido (%).

ρ_E : Densidad efectiva del árido (kg/m³).

ρ_b : Densidad del asfalto (kg/m³).

e) Contenido de asfalto útil:

El contenido de asfalto útil de una mezcla corresponde al contenido de asfalto total menos el contenido de asfalto absorbido por el árido. Se calcula de acuerdo con la fórmula:

$$P_{bu} = P_b - P_{ba}$$

Donde:

P_{bu} : Porcentaje de asfalto útil referido al árido (%).

P_b : Porcentaje de asfalto referido al árido (%).

P_{ba} : Porcentaje de asfalto absorbido referido al árido (%).

f) Cálculo de los Vacíos en el árido mineral:

$$VAM = 100 * \left(1 - \frac{G}{\rho_{RS}} * \frac{100}{100 + P_b} \right)$$

Donde:

VAM: Porcentaje de vacíos en el árido mineral (%).

G: Densidad de la mezcla compactada (kg/m³).

ρ_{RS} : Densidad real seca del árido (kg/m³).

P_b : Porcentaje de asfalto referido al árido (%).

g) Cálculo del porcentaje de huecos de aire en la mezcla:

$$Va = 100 * \frac{D_{mm} - G}{D_{mm}}$$

Donde:

Va: Porcentaje de huecos de aire en la mezcla (%).

D_{mm} : Densidad máxima de la mezcla (kg/m³).

G: Densidad de la mezcla compactada (kg/m³).

h) Cálculo del porcentaje de huecos llenos con asfalto:

$$V_{LL} = 100 * \left(1 - \frac{V_a}{VAM}\right)$$

Donde:

V_{LL} : Porcentaje de huecos llenos con asfalto (%).

V_a : Porcentaje de huecos de aire en la mezcla (%).

VAM: Porcentaje de vacíos en el árido mineral (%).

4.3.8.2 Acondicionamiento de los datos:

Se calcula el valor promedio de la densidad, fluencia y estabilidad corregida, para todas las probetas con un mismo contenido de asfalto.

Se debe realizar los siguientes gráficos, uniendo mediante una curva suave todos los puntos obtenidos:

- Estabilidad v/s porcentaje de asfalto.
- Fluencia v/s porcentaje de asfalto.
- Densidad v/s porcentaje de asfalto.
- Huecos en la mezcla v/s porcentaje de asfalto.
- VAM v/s porcentaje de asfalto.

4.3.8.3 Determinación del contenido óptimo de asfalto:

a) Capa de Rodadura:

Determine el contenido óptimo de asfalto de la mezcla considerando las curvas de densidad, estabilidad y huecos en la mezcla. De dichas curvas se determinan los porcentajes de asfalto que entreguen:

- Máxima estabilidad (Pb1).

- Máxima densidad (Pb2).
- Contenido de asfalto para un 5% de huecos (Pb3).

El contenido óptimo de asfalto se calcula como la media aritmética de los tres valores obtenidos, es decir:

$$Pb \text{ optimo} = \frac{Pb_1 + Pb_2 + Pb_3}{3}$$

Verifique que el contenido óptimo de asfalto, con una tolerancia de $\pm 0,3$ puntos porcentuales, cumpla con todos los requisitos de calidad exigidos a la mezcla. En caso contrario, confeccione una nueva serie de muestras.

b) Capa de Base y Capa Intermedia (Binder):

Seleccione como contenido óptimo de asfalto el porcentaje de ligante que, con una tolerancia de $\pm 0,5$ puntos porcentuales, cumpla con todos los requisitos de calidad exigidos a la mezcla.

4.3.8.4 Informe:

El informe debe incluir lo siguiente:

- Identificación de los materiales
 - a) Indique procedencia, lugar y fecha de muestreo, tanto del asfalto como del árido.
- Áridos
 - a) Indique los siguientes análisis para cada árido:
 - Granulometría.
 - Densidad aparente suelta.
 - Densidad real seca.
 - Densidad neta.

- Desgaste de Los Ángeles.
 - Índice de Plasticidad.
 - Equivalente de arena.
 - Cubicidad de partículas.
 - Dosificación de áridos.
 - Granulometría de la mezcla de áridos.
- Asfalto
- a) Certificados de Control de Calidad.
 - b) Densidad.
- Mezcla árido – asfalto
- a) Densidad máxima de la mezcla.
 - b) Adherencia.
 - c) Porcentaje de asfalto absorbido referido al árido.
 - d) Temperatura de mezclado.
 - e) Temperatura de compactación de las probetas.
- Análisis Marshall
- a) Para cada contenido de asfalto considerado se debe incluir:
 - Densidad.
 - Huecos en la mezcla.
 - Vacíos en el agregado mineral.
 - Estabilidad.
 - Fluencia.

b) Gráficos de Densidad, Huecos, VAM, Estabilidad y Fluencia con respecto a cada uno de los porcentajes de asfalto considerados.

c) Fórmula de Trabajo:

- Banda de Trabajo, con las siguientes tolerancias:

- ◆ Tamiz 4,75 mm (N° 4) y superiores. : ± 5 puntos porcentuales.
- ◆ Tamices 2,36 mm (N° 8) y 1,18 mm (N° 16). : ± 4 puntos porcentuales.
- ◆ Tamices 0,6 mm (N° 30) y 0,3 mm (N° 50). : ± 3 puntos porcentuales.
- ◆ Tamiz 0,15 mm (N° 100). : ± 2 puntos porcentuales.
- ◆ Tamiz 0,075 mm (N° 200). : ± 1,5 puntos porcentuales.
- ◆ Contenido óptimo de asfalto para capas de rodadura. : ± 0,3 puntos porcentuales.
- ◆ Contenido óptimo de asfalto para capas de base o intermedia. : ± 0,5 puntos porcentuales.
- ◆ Densidad de diseño.
- ◆ Temperatura de mezclado.
- ◆ Temperatura de inicio de compactación.

4.3.9 Determinación de la resistencia a la deformación plástica, método MARSHALL ASTM D-1559, AASHTO T 245-97.

Este método describe la medición de la resistencia a la deformación plástica de probetas cilíndricas de mezclas asfálticas, cargadas sobre su manto lateral, usando el aparato Marshall. Este método es aplicable a mezclas asfálticas con árido de tamaño máximo 25 mm.

Este método se realiza sobre probetas realizadas a especificaciones determinadas en el diseño de la mezcla asfáltica por medio del método Marshall, considerando dosificaciones y temperatura

para el mezclado y para el compactado de estas probetas. Estas deben ser de 100mm de diámetro y aproximadamente 65 mm de alto, posteriormente a la fabricación de estas probetas, se debe de obtener su densidad de acuerdo con los ensayos de densidades.

Una vez obtenidas las probetas de ensayo, se procede a realizar el ensayo con la maquina Marshall:

Se coloca las probetas en un baño de agua a $60 \pm 1^\circ \text{C}$ durante 30 a 40 min, antes de ensayar.

Se debe de tener limpia la mordaza. La temperatura de ésta debe mantenerse entre 21 y 38°C , usando un baño de agua si es necesario. Se lubrica las barras guías con una película delgada de aceite de modo que la parte superior de la mordaza deslice suavemente. Si se usa un anillo de prueba para medir la carga aplicada, se debe de asegurar que el dial esté firmemente ajustado y en cero.

Se saca la probeta del agua y secar cuidadosamente la superficie. Posteriormente, se coloca y centra la probeta en la parte inferior de la mordaza, luego colocar la parte superior y centrar el conjunto en el aparato de carga.

Se debe de aplicar carga a la probeta a una velocidad constante de deformación de 50 ± 1 mm/min, hasta que se produzca la falla. El punto de falla queda definido por la carga máxima obtenida. Se define la estabilidad Marshall como el número total de newtons (N) necesarios para producir la falla de la probeta a 60°C , corregida de acuerdo con la figura 98.

A medida que avanza el ensayo de estabilidad, se sujeta firmemente el medidor de flujo sobre la barra guía. Cuando se produzca la carga máxima, se debe de tomar la lectura y anotarla. Esta lectura es el valor de la fluidez de la probeta expresada en unidades de 0,25 mm (1/100 pulg). El

procedimiento completo, estabilidad y fluencia, comenzando desde el momento en que se retira la probeta del agua, no debe durar más de 30 s.

ALTURA (mm)	FACTOR	ALTURA (mm)	FACTOR	ALTURA (mm)	FACTOR	ALTURA (mm)	FACTOR	ALTURA (mm)	FACTOR	ALTURA (mm)	FACTOR	ALTURA (mm)	FACTOR	ALTURA (mm)	FACTOR
31,5	3,902	36,5	3,030	41,5	2,246	46,5	1,758	51,5	1,435	56,5	1,216	61,5	1,056	66,4	0,936
31,6	3,884	36,6	3,014	41,6	2,234	46,6	1,750	51,6	1,430	56,6	1,213	61,6	1,053	66,5	0,934
31,7	3,867	36,7	2,999	41,7	2,223	46,7	1,742	51,7	1,425	56,7	1,209	61,7	1,049	66,6	0,932
31,8	3,850	36,8	2,983	41,8	2,211	46,8	1,734	51,8	1,420	56,8	1,205	61,8	1,046	66,7	0,930
31,9	3,833	36,9	2,968	41,9	2,199	46,9	1,726	51,9	1,415	56,9	1,201	61,9	1,043	66,8	0,928
32,0	3,815	37,0	2,952	42,0	2,187	47	1,718	52,0	1,410	57,0	1,198	62,0	1,040	66,9	0,925
32,1	3,798	37,1	2,936	42,1	2,175	47,1	1,710	52,1	1,405	57,1	1,194	62,1	1,037	67,0	0,923
32,2	3,780	37,2	2,921	42,2	2,163	47,2	1,702	52,2	1,400	57,2	1,190	62,2	1,035	67,1	0,920
32,3	3,763	37,3	2,905	42,3	2,151	47,3	1,694	52,3	1,395	57,3	1,187	62,3	1,032	67,2	0,918
32,4	3,745	37,4	2,889	42,4	2,139	47,4	1,686	52,4	1,390	57,4	1,184	62,4	1,029	67,3	0,915
32,5	3,728	37,5	2,874	42,5	2,128	47,5	1,678	52,5	1,386	57,5	1,181	62,5	1,027	67,4	0,913
32,6	3,710	37,6	2,858	42,6	2,116	47,6	1,670	52,6	1,381	57,6	1,178	62,6	1,024	67,5	0,910
32,7	3,693	37,7	2,843	42,7	2,104	47,7	1,663	52,7	1,377	57,7	1,174	62,7	1,021	67,6	0,908
32,8	3,675	37,8	2,827	42,8	2,092	47,8	1,656	52,8	1,373	57,8	1,171	62,8	1,019	67,7	0,905
32,9	3,658	37,9	2,811	42,9	2,080	47,9	1,649	52,9	1,368	57,9	1,168	62,9	1,016	67,8	0,903
33,0	3,640	38,0	2,796	43,0	2,070	48,0	1,643	53,0	1,364	58,0	1,165	63,0	1,013	67,9	0,900
33,1	3,623	38,1	2,780	43,1	2,060	48,1	1,636	53,1	1,359	58,1	1,162	63,1	1,011	68,0	0,898
33,2	3,605	38,2	2,763	43,2	2,050	48,2	1,629	53,2	1,355	58,2	1,159	63,2	1,008	68,1	0,895
33,3	3,588	38,3	2,745	43,3	2,040	48,3	1,622	53,3	1,351	58,3	1,156	63,3	1,005	68,2	0,893
33,4	3,570	38,4	2,728	43,4	2,030	48,4	1,615	53,4	1,346	58,4	1,153	63,4	1,003	68,3	0,890
33,5	3,554	38,5	2,710	43,5	2,020	48,5	1,608	53,5	1,342	58,5	1,149	63,5	1,000	68,4	0,888
33,6	3,538	38,6	2,693	43,6	2,010	48,6	1,601	53,6	1,338	58,6	1,146	63,6	0,998	68,5	0,886
33,7	3,522	38,7	2,675	43,7	2,000	48,7	1,594	53,7	1,333	58,7	1,143	63,7	0,995	68,6	0,884
33,8	3,506	38,8	2,658	43,8	1,990	48,8	1,588	53,8	1,329	58,8	1,140	63,8	0,993	68,7	0,883
33,9	3,490	38,9	2,640	43,9	1,980	48,9	1,581	53,9	1,324	58,9	1,137	63,9	0,990	68,8	0,881
34,0	3,474	39,0	2,623	44,0	1,970	49,0	1,574	54,0	1,320	59,0	1,134	64,0	0,988	68,9	0,879
34,1	3,458	39,1	2,605	44,1	1,960	49,1	1,567	54,1	1,316	59,1	1,131	64,1	0,985	69,0	0,877
34,2	3,442	39,2	2,588	44,2	1,950	49,2	1,560	54,2	1,311	59,2	1,128	64,2	0,983	69,1	0,875
34,3	3,426	39,3	2,570	44,3	1,940	49,3	1,554	54,3	1,307	59,3	1,124	64,3	0,980	69,2	0,873
34,4	3,410	39,4	2,553	44,4	1,930	49,4	1,549	54,4	1,303	59,4	1,121	64,4	0,978	69,3	0,871
34,5	3,394	39,5	2,535	44,5	1,920	49,5	1,543	54,5	1,298	59,5	1,118	64,5	0,975	69,4	0,869
34,6	3,378	39,6	2,517	44,6	1,912	49,6	1,538	54,6	1,294	59,6	1,115	64,6	0,973	69,5	0,868
34,7	3,362	39,7	2,500	44,7	1,904	49,7	1,532	54,7	1,289	59,7	1,112	64,7	0,970	69,6	0,866
34,8	3,346	39,8	2,486	44,8	1,896	49,8	1,526	54,8	1,285	59,8	1,109	64,8	0,968	69,7	0,864
34,9	3,330	39,9	2,471	44,9	1,888	49,9	1,521	54,9	1,281	59,9	1,106	64,9	0,965	69,8	0,862
35,0	3,311	40,0	2,457	45,0	1,879	50,0	1,515	55,0	1,276	60,0	1,103	65,0	0,963	69,9	0,860
35,1	3,293	40,1	2,443	45,1	1,871	50,1	1,509	55,1	1,272	60,1	1,099	65,1	0,960	70,0	0,858
35,2	3,274	40,2	2,428	45,2	1,863	50,2	1,504	55,2	1,268	60,2	1,096	65,2	0,958	70,1	0,856
35,3	3,255	40,3	2,414	45,3	1,855	50,3	1,498	55,3	1,263	60,3	1,093	65,3	0,956	70,2	0,854
35,4	3,236	40,4	2,399	45,4	1,847	50,4	1,493	55,4	1,259	60,4	1,090	65,4	0,954	70,3	0,853
35,5	3,218	40,5	2,385	45,5	1,839	50,5	1,487	55,5	1,254	60,5	1,087	65,5	0,953	70,4	0,851
35,6	3,199	40,6	2,371	45,6	1,831	50,6	1,481	55,6	1,250	60,6	1,084	65,6	0,951	70,5	0,849
35,7	3,180	40,7	2,356	45,7	1,823	50,7	1,476	55,7	1,246	60,7	1,081	65,7	0,949	70,6	0,847
35,8	3,161	40,8	2,342	45,8	1,814	50,8	1,470	55,8	1,243	60,8	1,078	65,8	0,947	70,7	0,845
35,9	3,143	40,9	2,328	45,9	1,806	50,9	1,465	55,9	1,239	60,9	1,074	65,9	0,945	70,8	0,843
36,0	3,124	41,0	2,313	46,0	1,798	51,0	1,460	56,0	1,235	61,0	1,071	66,0	0,943	70,9	0,841
36,1	3,105	41,1	2,299	46,1	1,790	51,1	1,455	56,1	1,231	61,1	1,068	66,1	0,941	71,0	0,839
36,2	3,086	41,2	2,284	46,2	1,782	51,2	1,450	56,2	1,228	61,2	1,065	66,2	0,939	71,138	0,838
36,3	3,068	41,3	2,270	46,3	1,774	51,3	1,445	56,3	1,224	61,3	1,062	66,3	0,938	71,2	0,836
36,4	3,049	41,4	2,258	46,4	1,766	51,4	1,440	56,4	1,220	61,4	1,059	66,3	0,938	71,2	0,836

Figura 96. Factor de corrección de la estabilidad

Fuente: Manual de ensayos de suelos, materiales y asfaltos – ABC (Administradora Boliviana de Carreteras)

4.3.9.1 Materiales y equipos:

- Componentes de la mezcla asfáltica (Agregados y cemento asfáltico).
- Moldes de compactación constituidos por una placa base, molde y collar. El molde debe tener un diámetro interior de $101,6 \pm 0,1$ mm y una altura de 80 mm; la placa base y el collar se diseñan de modo de poder ajustarse a cualquier extremo del molde.
- Extractor que sirva para sacar las probetas del molde; debe estar provisto de un disco desplazador de 100 mm de diámetro por 10 mm de espesor.
- Martillo de compactación, consiste en una cara circular de 100 mm de diámetro equipado con un peso de 4.515 ± 15 g y construido de modo de obtener una altura de caída 460 ± 2 mm. Las condiciones señaladas aseguran la obtención de una energía por caída de 20,75 J.
- Pedestal de compactación que consiste en un poste de madera de 205 x 205 x 455 mm cubierto con una placa de acero de 305 x 305 x 25 mm. El poste va empotrado en hormigón mediante cuatro perfiles ángulo; debe quedar a plomo y la placa de acero debe quedar firmemente afianzada y a nivel. El poste puede ser de roble, pino u otra madera que tenga una densidad seca media de 0,67 a 0,77 g/cm³.
- Sujetador de molde, consiste en un aro con resorte diseñado para mantener centrado y fijo el molde en el pedestal durante la compactación.
- Mordaza, consiste en dos segmentos de cilindro, superior e inferior, con un radio interno de $51 \pm 0,2$ mm, para transmitir la carga a la probeta en el ensayo.
- Máquina Marshall, aparato eléctrico, diseñado para aplicar carga a las probetas durante el ensayo, a una velocidad de deformación de 50 ± 1 mm/min. Está equipada con un anillo de prueba calibrado para determinar la carga aplicada, de una capacidad superior a 25 kN y una sensibilidad de 45N con un dial graduado de 0,0025 mm y un medidor de flujo con una precisión de 0,01 mm, para determinar la deformación que se produce en la carga máxima.

Se puede emplear también esta máquina equipada con sensor y registrador de estabilidad v/s fluencia.

- Horno de convección forzada y placas calientes, que deben incluir un termostato capaz de controlar y mantener la temperatura requerida dentro de ± 3 °C.
- Baño de agua de a lo menos 150 mm de profundidad y controlado termostáticamente a 60 ± 1 °C. El estanque debe tener un fondo falso perforado y un termómetro centrado y fijo.
- Equipo misceláneo:
 - a) Pailas para calentar el árido.
 - b) Recipiente, para calentar el asfalto.
 - c) Bol, para mezclar el asfalto y árido.
 - d) Espátulas, para el mezclado manual de la mezcla.
 - e) Mezclador mecánico, opcional.
 - f) Termómetros de rango 10 a 200° C para determinar las temperaturas del árido, asfalto y mezcla bituminosa.
 - g) Balanzas con capacidad 5 kg y precisión 1 g.
 - h) Poruñas.
 - i) Guantes aislantes para resistir rango de temperatura indicadas.
 - j) Guantes de goma.
 - k) Pintura, tinta u otro elemento de marcación indeleble, para identificar las probetas.

Se realizo estas probetas (briquetas) para cada mezcla que ocupa 50 metros del pavimento en todo el largo del proyecto, esto para comparar posteriormente el compactado del pavimento.

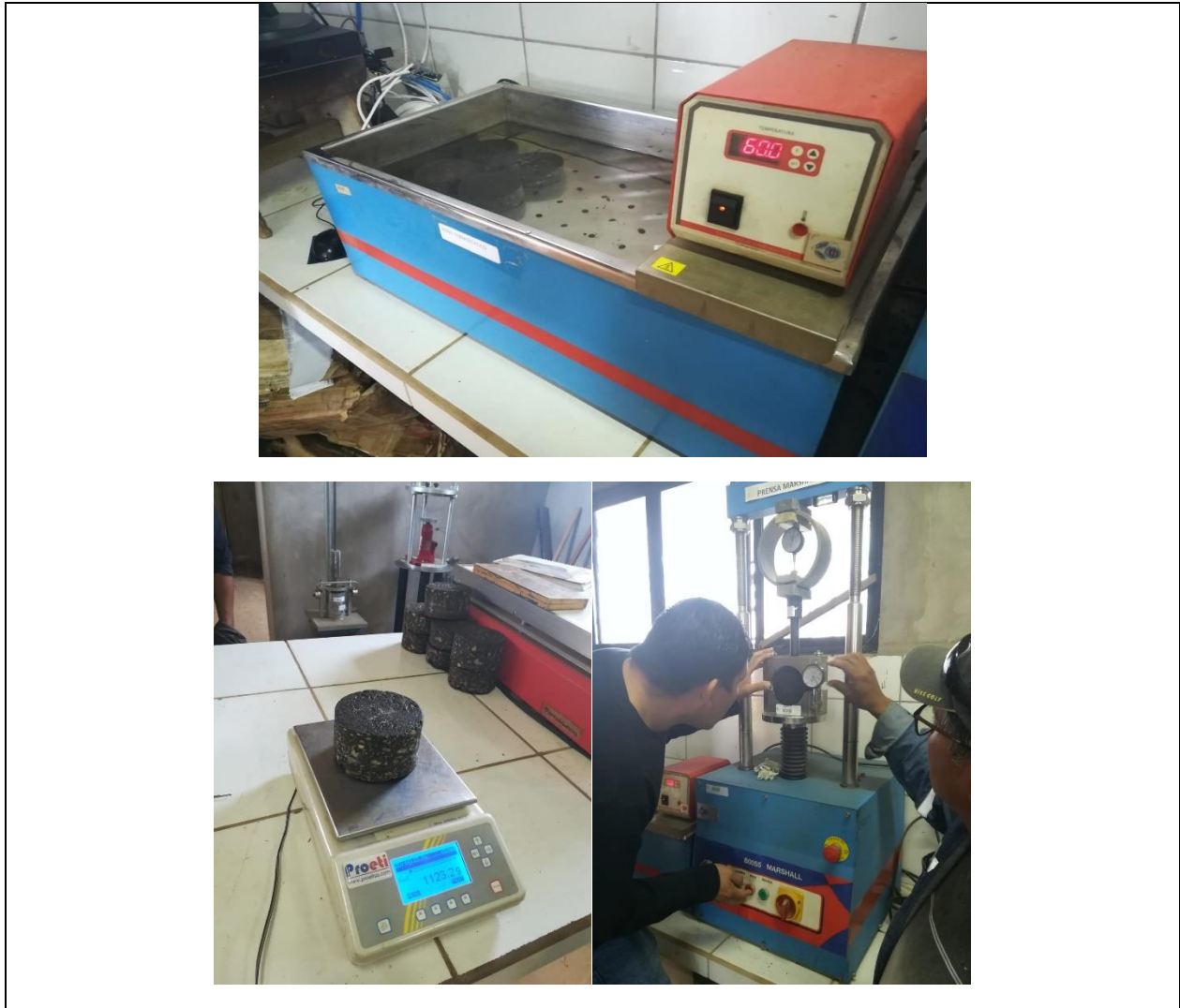


Figura 97. Realización del método MARSHALL

Fuente: Elaboración propia

4.3.10 Control de espesor y densidad por extracción de núcleos ASTM D 3549.

Este control de calidad de la capa de rodadura consiste en el control del cumplimiento del espesor del pavimento de acuerdo con la especificación técnica, planos y/o lo determine el Supervisor de Obra, por medio de la extracción de núcleos del pavimento ya conformado en el proyecto.

Estos núcleos son sometidos a unos ensayos de laboratorio que determinan su densidad, para luego comparar estas densidades con la densidad de la briqueta realizada en laboratorio para la

constancia de las densidades de cada mezcla que sale de la planta de asfalto, se extrajo de cada camión de mezcla asfáltica una muestra para cada briqueta. Estas comparaciones nos sirven para saber el grado de compactación en campo, el cual tiene que ser mínimamente el 95% de la densidad de la briqueta.

Estas extracciones de núcleos se realizaron cada 50 mts en todo el proyecto, intercalando entre el lado izquierdo, eje central y lado derecho.



Figura 98. Extracción de núcleos

Fuente: Elaboración propia

4.3.10.1 Materiales y equipos:

- Pie de metro, con una precisión de 0,1 mm, digital o análogo.
- Máquina de extracción de núcleos.
- Tiza para marcar.

El control del espesor del nuevo pavimento requería un espesor mínimo de 5 cm y el control del espesor del recapado requería un espesor mínimo de 3 cm.

A continuación, se presentan los resultados comparativos de la extracción de núcleos con las briquetas:

Tabla 36. - Ensayo del control de espesor y compactado del pavimento

CONTROL DE DENSIDADES DE NUCLEOS PARA EL PAVIMENTADO									
N°	PROGRESIVA	ALTURA [cm]	PESO AL AIRE	PESO SUMERGIDO	PESO S.S.	VOLUMEN	DENSIDAD	DENSIDAD BRIQUETA	% COMPACTACION
1	0+050	5,80	1043,6	581,9	1044,4	462,5	2,26	2,32	97,19%
2	0+100	5,10	923,8	515,3	924,3	409,0	2,26	2,28	99,05%
3	0+150	5,60	967,2	540,9	968,3	427,4	2,26	2,34	96,81%
4	0+200	4,62	837,8	472,8	838,7	365,9	2,29	2,36	97,03%
5	0+420	4,20	681,2	389,5	682,3	292,8	2,33	2,38	97,95%
6	0+470	4,80	781,9	441,8	782,7	340,9	2,29	2,37	96,94%
7	0+500	4,95	837,0	473,8	837,7	363,9	2,30	2,35	97,69%
8	0+550	5,10	788,2	453,2	789,1	335,9	2,35	2,36	99,63%
9	0+600	5,00	775,3	441,2	776,0	334,8	2,32	2,37	97,78%
10	0+650	5,70	997,5	572,4	998,8	426,4	2,34	2,41	97,26%
11	0+700	5,80	788,9	463,9	794,6	330,7	2,39	2,40	99,49%
12	0+750	5,60	892,8	509,1	893,3	384,2	2,32	2,39	97,13%
13	0+800	6,70	1190,5	667,7	1191,4	523,7	2,27	2,35	96,73%
14	0+850	5,15	877,7	490,5	878,3	387,8	2,26	2,32	97,56%
15	0+900	5,20	796,0	463,2	798,3	335,1	2,38	2,40	98,98%
16	0+950	4,90	782,2	436,5	782,5	346,0	2,26	2,29	98,72%
17	1+000	5,00	820,6	461,0	821,0	360,0	2,28	2,33	97,83%
18	1+050	5,30	1106,6	616,6	1108,2	491,6	2,25	2,30	97,87%
19	1+100	5,40	1035,9	581,4	1037,4	456,0	2,27	2,34	97,08%
20	1+150	5,50	825,8	464,1	826,7	362,6	2,28	2,35	96,91%
21	1+200	5,20	837,9	468,8	840,2	371,4	2,26	2,31	97,66%
22	1+250	4,70	784,1	431,9	785,3	353,4	2,22	2,29	96,89%
23	1+300	5,00	757,3	442,2	765,7	323,5	2,34	2,37	98,77%
24	1+350	4,70	842,5	493,1	844,2	351,1	2,40	2,41	99,57%
25	1+400	5,70	683,9	390,4	684,7	294,3	2,32	2,40	96,83%
26	1+450	5,40	1035,6	600,1	1036,6	436,5	2,37	2,38	99,69%
27	1+500	4,40	768,9	428,7	770,8	342,1	2,25	2,28	98,58%
28	1+550	5,70	1031,8	582,7	1032,8	450,1	2,29	2,34	97,96%
29	1+600	4,60	819,5	466,1	820,0	353,9	2,32	2,37	97,71%
30	1+650	5,60	866,9	493,1	868,0	374,9	2,31	2,39	96,75%
31	1+700	5,00	1058,3	586,8	1059,2	472,4	2,24	2,31	96,98%
32	1+750	4,80	770,7	439,9	774,1	334,2	2,31	2,33	98,97%
33	1+800	4,70	769,3	426,8	770,9	344,1	2,24	2,29	97,63%

34	1+850	4,52	755,8	434,4	761,7	327,3	2,31	2,32	99,53%
35	1+850	5,04	731,8	420,0	733,9	313,9	2,33	2,38	97,95%
36	1+900	4,27	700,6	399,3	702,7	303,4	2,31	2,34	98,68%
37	1+950	5,20	897,2	500,0	898,1	398,1	2,25	2,31	97,56%
38	2+000	4,80	825,0	465,8	826,2	360,4	2,29	2,36	97,00%
39	2+050	6,23	1040,1	582,4	1041,3	458,9	2,27	2,34	96,86%
40	2+100	6,26	1069,9	593,4	1070,9	477,5	2,24	2,30	97,42%
41	2+150	6,34	1122,2	639,8	1123,2	483,4	2,32	2,38	97,54%
42	2+200	5,36	953,4	534,1	954,0	419,9	2,27	2,30	98,72%
43	2+250	5,46	919,8	519,9	921,5	401,6	2,29	2,34	97,88%
44	2+300	5,09	902,6	501,6	903,6	402,0	2,25	2,29	98,05%
45	2+350	3,50	563,5	320,5	571,3	250,8	2,25	2,28	98,54%
46	2+400	5,19	842,5	481,9	844,3	362,4	2,32	2,36	98,51%
47	2+450	4,75	822,9	465,2	823,3	358,1	2,30	2,37	96,96%
48	2+500	5,44	970,9	563,6	971,3	407,7	2,38	2,39	99,64%
49	2+550	6,76	1167,0	658,4	1167,6	509,2	2,29	2,32	98,79%
50	2+600	5,55	828,9	472,9	830,2	357,3	2,32	2,35	98,72%
51	2+650	5,98	932,7	532,5	933,9	401,4	2,32	2,40	96,82%
52	2+700	6,13	1029,2	569,6	1030,0	460,4	2,24	2,30	97,19%
53	2+750	6,08	1059,0	598,9	1060,0	461,1	2,30	2,31	99,42%
54	2+800	5,91	1023,7	584,6	1024,1	439,5	2,33	2,40	97,05%
55	2+850	4,78	754,9	425,1	756,7	331,6	2,28	2,29	99,41%
56	0+250	5,20	937,4	527,3	938,2	410,9	2,28	2,36	96,67%
57	0+300	4,30	780,8	446,3	784,8	338,5	2,31	2,33	99,00%
58	0+350	7,00	1240,1	696,1	1241,0	544,9	2,28	2,34	97,26%

CONTROL DE DENSIDADES DE NUCLEOS PARA EL RECAPADO

N°	PROGRESIVA	ALTURA [cm]	PESO AL AIRE	PESO SUMERGIDO	PESO S.S.	VOLUMEN	DENSIDAD	DENSIDAD BRIQUETA	% COMPACT.
1	4+800	4,41	737,8	409,2	739,1	329,9	2,24	2,32	96,33%
2	4+850	4,36	734,8	397,9	736,1	338,2	2,17	2,28	95,28%
3	4+900	4,53	777,4	430,6	778,8	348,2	2,23	2,34	95,51%
4	4+950	4,14	644,1	365,0	646,7	281,7	2,29	2,36	96,90%
5	5+000	3,33	525,4	298,5	530,1	231,6	2,27	2,38	95,51%
6	5+050	3,75	632,2	361,6	634,9	273,3	2,31	2,37	97,77%
7	5+100	4,27	655,3	386,1	668,6	282,5	2,32	2,35	98,52%
8	5+150	4,32	720,8	402,9	722,4	319,5	2,26	2,36	95,78%
9	5+200	3,76	580,9	335,8	583,7	247,9	2,34	2,37	98,94%
10	5+250	3,75	646,9	364,9	648,5	283,6	2,28	2,41	94,84%
11	5+300	4,30	737,4	426,2	738,7	312,5	2,36	2,40	98,41%
12	5+350	5,11	560,3	316,9	560,6	243,7	2,30	2,39	96,10%
13	5+400	3,43	564,0	319,0	572,5	253,5	2,22	2,35	94,67%
14	5+450	3,06	615,3	346,4	616,3	269,9	2,28	2,32	98,26%

15	5+500	4,48	618,8	351,2	619,9	268,7	2,30	2,40	95,96%
16	5+550	3,62	597,8	325,7	599,3	273,6	2,18	2,29	95,41%
17	5+600	5,14	516,2	284,9	517,8	232,9	2,22	2,33	95,12%
18	5+650	5,96	683,1	376,8	684,0	307,2	2,22	2,30	96,68%
19	5+700	5,00	863,1	476,1	864,7	388,6	2,22	2,34	94,92%
20	5+750	3,53	540,9	302,3	544,1	241,8	2,24	2,35	95,19%
21	5+800	4,96	846,5	466,4	847,7	381,3	2,22	2,31	96,11%
22	0+000	3,76	629,3	346,6	633,0	286,4	2,20	2,29	95,95%
23	0+050	3,97	628,4	357,8	632,1	274,3	2,29	2,37	96,66%
24	0+100	5,38	861,0	501,0	864,5	363,5	2,37	2,41	98,28%
25	0+150	3,35	569,2	330,2	580,5	250,3	2,27	2,40	94,75%
26	0+200	3,96	692,2	390,9	693,3	302,4	2,29	2,38	96,18%
27	0+250	4,24	763,8	427,6	763,9	336,3	2,27	2,28	99,61%

Fuente: Ensayos de laboratorio – Empresa Pinto Montero

CAPITULO V – MARCO ADMINISTRATIVO

5.1 AVANCE FISICO

Durante la etapa de ejecución, se realizó modificaciones a las actividades establecidas en el contrato administrativo entre el Gobierno Autónomo Municipal de Cobija y la empresa Pinto Montero, de acuerdo con disposición coordinada entre la Supervisión, la Fiscalización y la empresa Contratista de tal manera que se permita la viabilidad del proceso constructivo. De esta manera se creó el Contrato Modificatorio N° 1, el cual cambia los volúmenes a ejecutar, se crea nuevos ítems, se elimina ítems y modifica el plazo del proyecto.

Avanzando aún más con la ejecución del proyecto, se dio la necesidad de volver a modificar las actividades en sus volúmenes, pero manteniendo el plazo, lo que dio lugar a la creación de él Orden de Trabajo N° 1.

Con las modificaciones establecidas en las actividades del proyecto, se realizó el respectivo seguimiento del proyecto, verificando los tiempos programados y las cantidades de los ítems. A continuación, se detallan las actividades modificadas durante la ejecución del proyecto:

Tabla 37. - Actividades modificadas en el proyecto

SUB PROYECTO	ITEM CREADO	ITEM ELIMINADO	ITEM MODIFICADO	MODIFICACION
Conformación de plataformas	Ítem 25.- Reparación de acometidas de agua potable		Ítem 3.- Replanteo y control topográfico	(-) Decremento
			Ítem 5.- Perfilado y nivelado de la subrasante	(+) Incremento
			Ítem 6.- Conformación de capa base con mat. laterítico	(-) Decremento

Drenaje pluvial	Ítem 22.- Fab. y tend. tubos de H°A°		Ítem 7.- Excavación con maquinaria	(+) Incremento
	Ítem 23.- Cordón y Cuneta de H°A°		Ítem 8.- Conformación de sub-drenes con brita 2	(+) Incremento
			Ítem 9.- Hormigón armado para cámara de drenaje	(+) Incremento
			Ítem 10.- Prov. y tend. tubería pead 24”	(+) Incremento
			Ítem 11.- Relleno y compactado	(+) Incremento
Capa de rodadura	Ítem 24.- Reparación y limpieza de cámaras de alcantarillas	Ítem 16.- Bermas de 3cm	Ítem 12.- Imprimación asfáltica	(+) Incremento
			Ítem 13.- Riego de liga	(-) Decremento
			Ítem 14.- Carpeta asfáltica E=5cm	(+) Incremento
			Ítem 15.- Recapado asfáltico E=3cm	(-) Decremento
			Ítem 17.- Bacheo profundo	(+) Incremento
			Ítem 18.- Geomalla para junta	(-) Decremento
Señalización	Ítem 26.- Señalización vertical	Ítem 20.- Señalización con ojos de gato 2”	Ítem 19.- Pintado de señalización horizontal	(-) Decremento
	Ítem 27.- Reubicación de postes de media tensión			

Fuente: Elaboración propia

La ejecución del proyecto se describe de manera cronológica por días trabajados en el siguiente cronograma con todas las actividades ejecutadas, descartando las actividades eliminadas:

El seguimiento de las actividades del proyecto consistió en la verificación de los volúmenes ejecutados en todos los ítems contemplados en las planillas de avance presentadas por la empresa contratista, verificando los tiempos y materiales empleados para el cumplimiento de cada actividad presentada a continuación:

Tabla 38. - Volúmenes de avance de obra

AVANCE VOLUMETRICO – PROYECTO: “MEJORAMIENTO DE VIAS URBANAS CON PAVIMENTO Y RECAPEO EN EL MUNICIPIO DE COBIJA”						
N°	ACTIVIDAD	UNID.	PLANILLA 1 10/JUL/21	PLANILLA 2 18/SEP/21	PLANILLA 3 30/NOV/21	TOTAL
1	LETRERO DE OBRAS TIPO GIGANTOGRAFIA	PZA	1,00			1,00
2	INSTALACION DE FAENAS Y MOVILIZACION	GLB	1,00			1,00
3	REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRAFICO	KM	2,64	3,78	0,40	6,82
4	RETIRO DE LA CAPA ASFALTICA	M2	18.410,00			18.410,00
5	PERFILADO Y NIVELADO DE LA SUB RASANTE	M3	5.032,00		2.646,70	7.678,70
6	CONFORMACION DE CAPA BASE CON MAT. LATERITICO	M3	5.314,35	1.537,39	566,15	7.417,89
7	EXCAVACION CON MAQUINARIA	M3	117,45		966,65	1.084,10
8	CONFORMACION DE SUBDRENES CON BRITA 2	ML	45,00		248,00	293,00
9	HORMIGON ARMADO PARA CAMARA DE DRENAJE	M3	9,80		14,45	24,25
10	PROV. Y TEND. TUBERIA PEAD 24"	ML		36,00	6,00	42,00
11	RELLENO Y COMPACTADO	M3	77,85		777,49	855,34
12	IMPRIMACION ASFALTICA	M2	14.472	8.578,00	1.651,81	24.701,81
13	RIEGO DE LIGA	M2		13.510,00	8.740,00	22.250,00
14	CARPETA ASFALTICA E=5CM	M2		20.573,30	1.369,51	21.942,81
15	RECAPADO ASFALTICO E=3CM	M2		13.510,00	8.740,00	22.250,00
16	BACHEO PROFUNDO	M2		219,86	3.422,57	3.642,43
17	GEOMALLA PARA JUNTA	ML		92,10	210,00	302,10
18	PINTADO DE SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	ML			18.685,68	18.685,68
19	LIMPIEZA GENERAL Y RETIRO DE EXCEDENTES	GLB			1,00	1,00
20	FAB. Y TEND. TUBOS DE H°A° D=1000	ML			23,00	23,00
21	CORDON Y CUNETAS DE H°A°	M3			47,17	47,17
22	REPARACION Y LIMPEZA DE CÁMARAS DE ALCANTARILLAS	PZA			37,00	37,00
23	REPARACION DE ACOMETIDAS DE AGUA POTABLE	PTO			120,00	120,00
24	SEÑALIZACION VERTICAL	PZA			12,00	12,00
25	REUBICACION DE POSTES DE MEDIA TENSION	GLB			1,00	1,00

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la tabla 38, se realizó el análisis volumétrico de las actividades avanzadas en cada planilla de avance en comparación al total, es, por tanto, que se presenta a continuación los avances porcentuales de cada actividad:

Tabla 39. - Porcentajes de avance de obra

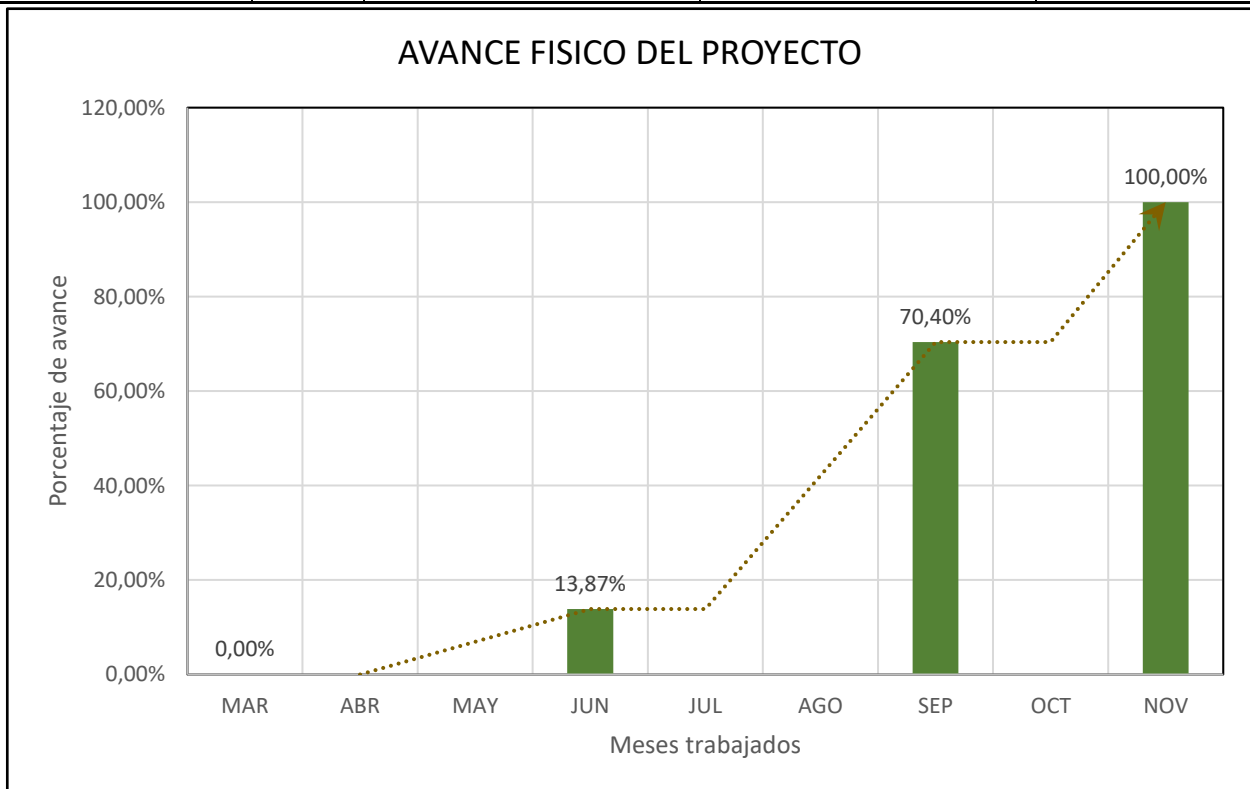
AVANCE PORCENTUAL – PROYECTO: “MEJORAMIENTO DE VIAS URBANAS CON PAVIMENTO Y RECAPEO EN EL MUNICIPIO DE COBIJA”						
Nº	ACTIVIDAD	UNID.	PLANILLA 1 10/JUL/21	PLANILLA 2 18/SEP/21	PLANILLA 3 30/NOV/21	TOTAL
1	LETRERO DE OBRAS TIPO GIGANTOGRAFIA	%	100,00			100,00
2	INSTALACION DE FAENAS Y MOVILIZACION	%	100,00			100,00
3	REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRAFICO	%	38,73	55,45	5,82	100,00
4	RETIRO DE LA CAPA ASFALTICA	%	100,00			100,00
5	PERFILADO Y NIVELADO DE LA SUB RASANTE	%	65,53		34,47	100,00
6	CONFORMACION DE CAPA BASE CON MAT. LATERITICO	%	71,64	20,73	7,63	100,00
7	EXCAVACION CON MAQUINARIA	%	10,83		89,17	100,00
8	CONFORMACION DE SUBDRENES CON BRITA 2	%	15,36		84,64	100,00
9	HORMIGON ARMADO PARA CAMARA DE DRENAJE	%	40,41		59,59	100,00
10	PROV. Y TEND. TUBERIA PEAD 24"	%		85,71	14,29	100,00
11	RELLENO Y COMPACTADO	%	9,10		90,90	100,00
12	IMPRIMACION ASFALTICA	%	58,59	34,73	6,69	100,00
13	RIEGO DE LIGA	%		60,72	39,28	100,00
14	CARPETA ASFALTICA E=5CM	%		93,76	6,24	100,00
15	RECAPADO ASFALTICO E=3CM	%		60,72	39,28	100,00
16	BACHEO PROFUNDO	%		6,04	93,96	100,00
17	GEOMALLA PARA JUNTA	%		30,49	69,51	100,00
18	PINTADO DE SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	%			100,00	100,00
19	LIMPIEZA GENERAL Y RETIRO DE EXCEDENTES	%			100,00	100,00
20	FAB. Y TEND. TUBOS DE H°A° D=1000	%			100,00	100,00
21	CORDON Y CUNETA DE H°A°	%			100,00	100,00
22	REPARACION Y LIMPEZA DE CÁMARAS DE ALCANTARILLAS	%			100,00	100,00
23	REPARACION DE ACOMETIDAS DE AGUA POTABLE	%			100,00	100,00
24	SEÑALIZACION VERTICAL	%			100,00	100,00
25	REUBICACION DE POSTES DE MEDIA TENSION	%			100,00	100,00

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con estas definiciones de las planillas de avance, se realizó un cuadro resumen del avance general del proyecto mostrado gráficamente de acuerdo con los periodos ejecutados de cada planilla;

Tabla 40. - Resumen general del avance físico

	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
Avance por planilla	13,87%			56,53%			29,60%		
Avance acumulado	0,00%	13,87%			70,40%			100,00%	



Fuente: Elaboración propia

5.2 AVANCE FINANCIERO

Como se mencionó durante el avance físico, se tuvo modificaciones en las actividades del proyecto, lo que llevo a una modificación del presupuesto general, esto para poder cumplir los volúmenes establecidos para la correcta ejecución del proyecto.

Este nuevo presupuesto, se dividió en 3 pagos por medio de 3 planillas de avance presentadas por la empresa contratista, correlacionando el avance financiero con el avance físico del proyecto, siendo estos los mismos porcentajes de avance para cada planilla.

Tabla 41. - Variación del presupuesto general durante le ejecución del proyecto

DESCRIPCION	CANT.	UNID.
PRESUPUESTO GENERAL INICIAL	13.654.515,62	Bs.
PRESUPUESTO GENERAL C/ CONTRATO MODIFICATORIO N°1	13.998.286,42	Bs.
PRESUPUESTO GENERAL C/ ORDEN DE TRABAJO N°1	13.998.286,42	Bs.
MONTO INCREMENTADO	343.770,80	Bs.
PORCENTAJE INCREMENTADO	2,52	%

Fuente: *Elaboración propia*

En la tabla 42 a continuación, se muestra el avance financiero por planilla para cada actividad ejecutada aprobada por el Supervisor de Obra. Se realizo el seguimiento de acuerdo con los volúmenes de avance y precios unitarios, descritos en el contrato original y contrato modificatorio, de cada actividad:

Tabla 42. - Pagos de avance de obra

AVANCE FINANCIERO – PROYECTO: “MEJORAMIENTO DE VIAS URBANAS CON PAVIMENTO Y RECAPEO EN EL MUNICIPIO DE COBIJA”						
N°	ACTIVIDAD	UNID.	PLANILLA 1 10/JUL/21	PLANILLA 2 18/SEP/21	PLANILLA 3 30/NOV/21	TOTAL
1	LETRERO DE OBRAS TIPO GIGANTOGRAFIA	Bs.	3.233,83			3.233,83
2	INSTALACION DE FAENAS Y MOVILIZACION	Bs	42.921,40			42.921,40
3	REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRAFICO	Bs	29.628,06	42.422,00	4.455,43	76.505,49
4	RETIRO DE LA CAPA ASFALTICA	Bs	293.639,50			293.639,50
5	PERFILADO Y NIVELADO DE LA SUBRASANTE	Bs	212.350,40		111.690,74	324.041,14
6	CONFORMACION DE CAPA BASE CON MAT. LATERITICO	Bs	552.798,69	159.919,31	58.890,92	771.608,92
7	EXCAVACION CON MAQUINARIA	Bs	3.431,89		28.245,51	31.677,40
8	CONFORMACION DE SUBDRENES CON BRITA 2	Bs	32.900,40		181.317,76	214.218,16
9	HORMIGON ARMADO PARA CAMARA DE DRENAJE	Bs	43.157,63		63.632,03	106.789,66
10	PROV. Y TEND. TUBERIA PEAD 24"	Bs		39.451,68	6.575,28	46.026,96
11	RELLENO Y COMPACTADO	Bs	8.751,12		87.397,65	96.148,77
12	IMPRIMACION ASFALTICA	Bs	719.258,40	426.326,60	82.094,96	1.227.679,96
13	RIEGO DE LIGA	Bs		604.032,10	390.765,40	994.797,50
14	CARPETA ASFALTICA E=5CM	Bs		4.314.015,28	287.172,55	4.601.187,83
15	RECAPADO ASFALTICO E=3CM	Bs		2.266.302,50	1.466.135,00	3.732.437,50
16	BACHEO PROFUNDO	Bs		51.904,55	808.000,33	859.904,87
17	GEOMALLA PARA JUNTA	Bs		9.349,07	21.317,10	30.666,17
18	PINTADO DE SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	Bs			193.583,69	193.583,69
19	LIMPIEZA GENERAL Y RETIRO DE EXCEDENTES	Bs			35.026,55	35.026,55
20	FAB. Y TEND. TUBOS DE H°A° D=1000	Bs			65.487,21	65.487,21
21	CORDON Y CUNETAS DE H°A°	Bs			164.669,52	164.669,52
22	REPARACION Y LIMPEZA DE CÁMARAS DE ALCANTARILLAS	Bs			21.855,53	21.855,53
23	REPARACION DE ACOMETIDAS DE AGUA POTABLE	Bs			37.458,00	37.458,00
24	SEÑALIZACION VERTICAL	Bs			16.842,36	16.842,36
25	REUBICACION DE POSTES DE MEDIA TENSION	Bs			9.878,50	9.878,50

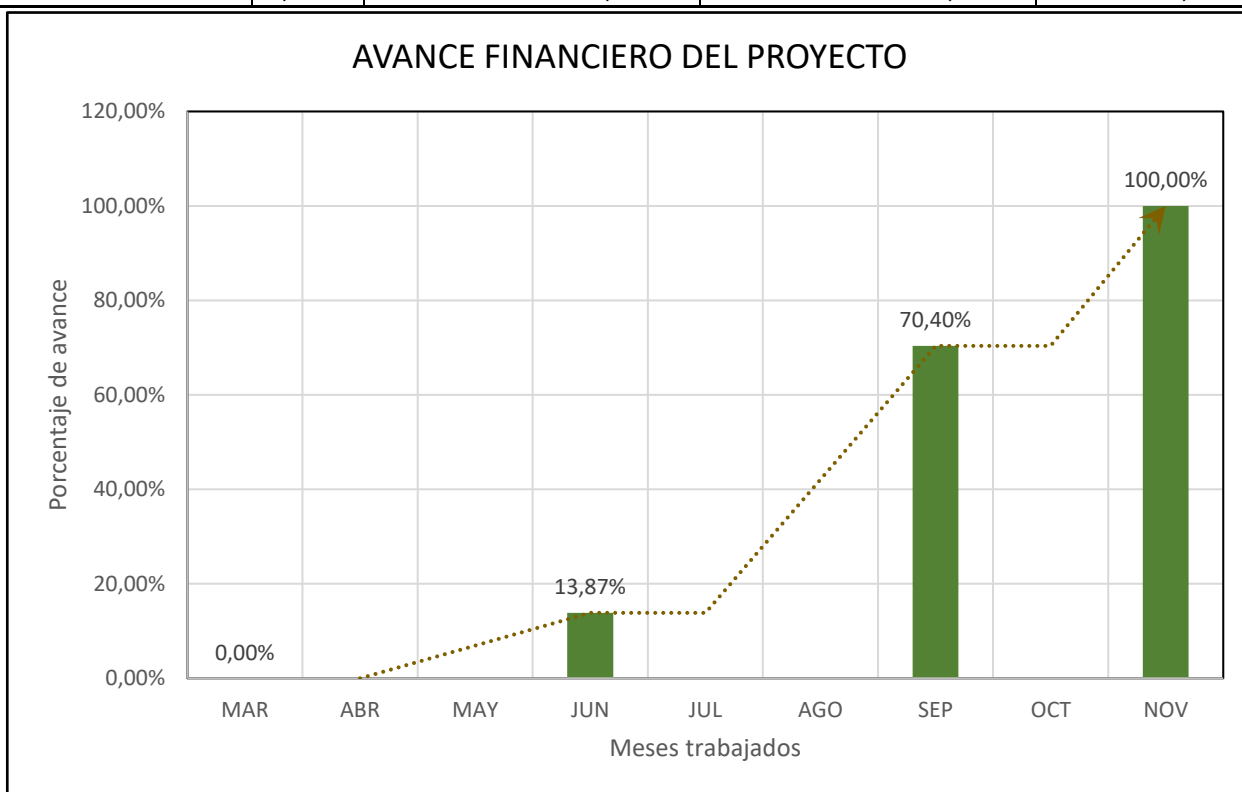
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los montos totales de cada planilla, se presenta en la tabla 43 un resumen de los pagos realizados por planillas de avance hasta la culminación de las actividades del proyecto. La presentación de la última planilla con el total del monto que completa al presupuesto general fue el 30 de noviembre del 2021, después de presentarse el acta de recepción provisional el 18 de noviembre del mismo año, por cumplimiento de presentar el monto total del proyecto después de

realizarse la entrega provisional con la participación de la Supervisión y la Fiscalización, lo que dio paso a poderse cobrar el presupuesto total del proyecto.

Tabla 43. - Resumen general del avance financiero

	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
	PLANILLA 1				PLANILLA 2			PLANILLA 3	
Avance por planilla	13,87%				56,53%			29,60%	
	1.942.071,32 Bs.				7.913.723,09 Bs.			4.142.492,02 Bs.	
Avance acumulado	0,00%	13,87%			70,40%			100,00%	
	0,00Bs.	1.942.071, 32 Bs.			9.855.794,41 Bs.			13.998.286,42 Bs.	



Fuente: Elaboración propia

5.3 PERSONAL COMPROMETIDO

El proyecto de “Mejoramiento de vías urbanas con pavimento y recapeo en el municipio de Cobija” fue licitado con el objetivo de contratar la empresa con mejor propuesta técnica y el precio más bajo, sin la contemplación del programa de generación de empleo que no era parte del Documento Base de Contratación. Sin embargo, tuvo un gran impacto benéfico para las familias cobijeñas al requerir una cantidad considerable de personal para la mano de obra, que trabajó constantemente durante los 216 días laborales del proyecto, en 6.246 metros construidos de vías urbanas a través de este proyecto.

Tabla 44. - Personal requerido y utilizado en el proyecto

AREA	PERSONAL (CANT.)	CARGO	FUNCION
Conformación de plataformas	1	Capataz	- Dirección y mando
	8	Chofer	- Retiro de material cortado - Provisión de material laterítico - Riego de agua mediante cisterna
	1	Suministrador	- Suministro de combustible y aceites de motor
	8	Operador	- Corte de tierra - Nivelación de suelos - Cargado de material a volquetes - Compactado de suelos - Cargado de material laterítico
	4	Ayudante	- Guía y ayuda de operadores
	3	Plomero	- Reparación de acometidas de agua potable
Drenaje pluvial	2	Operador	- Excavación para obras de arte - Vaciado de brita para subdrenes - Relleno con material laterítico
	1	Chofer	- Provisión de materiales de construcción
	7	Albañil	- Construcción de cámaras de H°A° - Tendido de tuberías pead - Fabricación de tubos de H°A°

			<ul style="list-style-type: none"> - Tendido de tubos de H°A° - Construcción de cordones y cunetas
	19	Ayudante	<ul style="list-style-type: none"> - Excavación para obras de arte - Tendido de brita para subdrenes - Relleno y compactado - Construcción de cámaras de H°A° - Tendido de tuberías pead - Fabricación de tubos de H°A° - Tendido de tubos de H°A° - Construcción de cordones y cunetas
Capa de rodadura	1	Operador de planta	<ul style="list-style-type: none"> - Mezcla de asfalto en planta
	6	Operador	<ul style="list-style-type: none"> - Acopio de material en la planta - Vaciado de mezcla asfáltica - Compactado de mezcla asfáltica - Cambio de material laterítico en baches - Compactado de material laterítico
	5	Chofer	<ul style="list-style-type: none"> - Provisión de mezcla asfáltica - Riego de imprima o ligante
	1	Suministrador	<ul style="list-style-type: none"> - Suministro de combustible y aceites de motor
	1	Calderista	<ul style="list-style-type: none"> - Programar la temperatura de la imprima o ligante
	1	Técnico	<ul style="list-style-type: none"> - Control de espesor del pavimento
	3	Rastrillero	<ul style="list-style-type: none"> - Esparcir la mezcla asfáltica - Retirar excedentes
	3	Palero	<ul style="list-style-type: none"> - Palear la mezcla en la terminadora - Recoger mezcla enfriada - Recoger mezcla desperdiciada por excedentes
	2	Mochilero	<ul style="list-style-type: none"> - Rociado de diésel sobre los rodillos del compactador
	3	Albañil	<ul style="list-style-type: none"> - Corte de pavimento para bacheo - Reparación de cámaras de alcantarillas
8	Ayudante	<ul style="list-style-type: none"> - Picado de pavimento para bacheo - Recojo de escombros - Ayuda de operador para excavación del bacheo profundo - Colocación de señales de advertencia 	

			<ul style="list-style-type: none"> - Preparación de mortero - Limpieza de cámaras de alcantarillas - Tendido de geomalla
Topografía	1	Topógrafo	- Levantamiento y control topográfico
	3	Alarife	<ul style="list-style-type: none"> - Sujeción de prisma en puntos requeridos - Marcado con estacas - Pintado de señales topográficas
Laboratorios	1	Laboratorista	- Ensayos de laboratorio
	2	Ayudante	<ul style="list-style-type: none"> - Recojo de material de muestra - Ayuda en ensayos de laboratorio
Personal de apoyo	2	Banderero	- Control de tráfico vehicular y peatonal
	1	Sereno	- Cuidado de material y equipos durante la noche
	1	Bodeguero	- Manejar la entrada y salida de materiales de la bodega
	1	Conserje	- Limpieza de oficina y faenas
Marco administrativo	1	Gerente	- Administración de recursos y bienes de la empresa contratista
	2	Ingeniero	<ul style="list-style-type: none"> - Superintendente de Obra - Residente de Obra

Fuente: Elaboración propia

El personal mencionado en la tabla 44, fue el personal mínimo requerido para la correcta ejecución de cada actividad, pero por motivos de contratiempos presentados durante la ejecución de las primeras actividades, se requirió el implemento de algunos frentes eventuales para recuperar el ritmo de avance. También hubo personal que estuvo en el emplazamiento del proyecto, pero su presencia no fue requerida constantemente, como lo fue el personal encargado del Trabajo Social y el personal encargado de la parte Ambiental, por lo que podemos concluir, de manera empírica, que este proyecto beneficio a más de 100 familias. (personal participe del proyecto según tabla 44: 103 trabajadores).



Figura 100. Ejecución con la mano de obra mínima requerida

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO VI – RENDIMIENTOS DE LA PLANTA DE ASFALTO

En la construcción de vías, se utilizan bastantes maquinarias pesadas que cumplen cada una con un objetivo específico in situ, y en caso de pavimentos flexibles, entra como requerimiento esencial la máquina que realiza la mezcla asfáltica, denominada planta de asfalto. Esta no requiere la presencia en obra, pero si mayora la eficiencia y rendimiento que este en las cercanías del proyecto.

Al realizar la consultoría de los proyectos de tipo vial, se elabora un estimativo de tiempo y costo que determina la duración, financiamiento y evaluación de estos. Uno de los inconvenientes por los que frecuentan los proyectos viales, es de alcanzar los resultados esperados en los tiempos establecidos, debido a la variación de producción de las maquinas, que dependen de un conjunto de variables que afectan a su rendimiento.

Es por ese motivo, que en este capítulo se detalla el estudio realizado al funcionamiento y a los rendimientos de la maquina más importante de la fabricación del pavimento flexible, siendo indispensable su tenencia en este tipo de proyectos. Esta máquina, denominada planta de asfalto, se estudió mediante el proyecto “Mejoramiento de vías con pavimento y recapeo en el municipio de Cobija” obteniendo los datos de producción reales a medida que se ejecutaba el pavimento flexible, bajo supervisión del Operador de la planta y del profesional supervisor del trabajo dirigido (Ing. Jorge Aquino Peñaranda – Superintendente de Obra).

6.1 DESCRIPCION DE LA PLANTA DE ASFALTO

La planta para estudiar se encuentra en las oficinas de la empresa constructora Pinto Montero, en la carretera Porvenir – Km 11, donde se realizó el análisis técnico del funcionamiento y componentes de la planta, en conjunto con el Operador de esta. Se determinó algunas generalidades a primera vista como se muestra a continuación:



Figura 101. Marca y modelo de la planta de asfalto

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45. - Descripción general de la planta de asfalto

TIPO	MARCA	MODELO
Planta de asfalto	Terex	Magnum 80

Fuente: Sello de marca, figura 103

6.2 FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE ASFALTO

De acuerdo con el análisis realizado a la planta de asfalto y sus componentes, se determinó el funcionamiento de acuerdo con el proceso de preparación de la mezcla asfáltica, como se identifica a continuación:

- Dosificación de áridos
- Secado del material granular
- Calentado del cemento asfáltico
- Mezclado de los materiales y vaciado de la mezcla asfáltica en tolva

Para el control de todos estos procesos de preparación de la mezcla asfáltica, la planta de asfalto trabaja bajo órdenes ingresadas por medio de una cabina de mando que opera el técnico encargado en operar la planta, el cual se encarga de supervisar que los componentes de la planta trabajen de manera correcta y así la mezcla de los materiales se realice de manera adecuada. La cabina de mando se muestra a continuación:



Figura 102. Cabina de mando

Fuente: Elaboración propia

Para la provisión de energía eléctrica a la planta de asfalto, se utiliza un motor generador de electricidad de gran potencia, el cual funciona a base de gasolina y emite la electricidad con un voltaje de 110 voltios, el cual es voltaje operable de los componentes eléctricos de la planta de

asfalto. Este generador se encuentra a menos de 30 metros de la planta de asfalto en instalaciones de la empresa Pinto Montero.

Dicho generador se muestra en la figura a continuación:



Figura 103. Generador de electricidad para la planta de asfalto

Fuente: Elaboración propia

6.2.1 Dosificación de áridos.

El proceso de dosificación de áridos se realiza en conjunto de varios componentes:

- Pala cargadora NEW HOLLAND 12D
- Silos dosificadores TEREX
- Correas dosificadoras TEREX
- Correa transportadora TEREX

Este proceso consiste en la dosificación triple en línea, que se refiere a 3 silos que retienen material granular de diferente diámetro cada uno, estos silos son dotados de material por medio de una pala cargadora que recoge material acopiado y provisiona al silo correspondiente de la medida del material. Una vez llenado los 3 silos, se programa mediante la cabina de mando la dosificación

requerida para el pavimento, donde se acciona un sistema de dosificación por pesaje individual mediante una celda de carga para posteriormente juntarse los 3 tamaños del árido para ser secado.

Este material granular, cae directamente a unas correas dosificadoras que giran mediante unos rodillos de gran resistencia, redirigiendo el material a una malla de acero inoxidable con espaciados de 4x4 cm para evitar el ingreso de material no deseado, para posteriormente, ser desplazado el material granular hacia el tambor del secador por medio de una correa transportadora la cual lleva al final de su longitud una raspadora que asegura que todo el material ingrese en el secador.

Características de la pala cargadora:

- Potencia NETA máxima 128 hp (95,5 kW)
- Peso operativo máximo 10.300 kg
- Capacidad de la cuchara 2,30 m³

Características del silo dosificador:

- Capacidad individual 7,00 m³
- Mecánica del flujo del material Vibrador conectado a una plancha
- Dosificación del material Pesaje individual por medio de celda de carga

Características de la correa dosificadora:

- Sección En “V” (para mayor capacidad)
- Tipo de rodillo Rodillo con rodamiento blindado

Características de la correa transportadora:

- Sección En “V” (para mayor capacidad)
- Tipo de rodillo Rodillo con rodamiento blindado
- Componente de apoyo Raspadora al final de la correa

El proceso de dosificación de áridos se muestra en la siguiente figura a continuación, mostrado de manera secuencial:



Figura 104. Dosificación de áridos en la planta de asfalto

Fuente: Elaboración propia

6.2.2 Secado del material granular.

Para el proceso del secado del material, se requirió los siguientes componentes:

- Secador TEREX CONTRAFLUJO SERIE MAGNUM
- Quemador TEREX CF-04
- Filtro sistematizado TEREX FILTRO DE MANGAS

La correa transportadora lleva el material granular dentro del tambor del secador, transportando el material por medio de aletas a los bordes internos del secador, para llevarlas al mezclador. Mientras transcurre el material dentro el tambor del secador, este se somete a altas temperaturas por medio de un quemador que sopla una gran llama al centro del tambor del secador para secar en su totalidad el material granular, este quemador utiliza el diésel como combustible.

Este proceso de secado del material conlleva el quemar grandes cantidades de combustible, que lleva a la acumulación de gases dañinos al medio ambiente, para lo que se requiere un sistema de filtrado de gases para emitir al exterior la menor cantidad de contaminación por medio de estos gases. Para la solución de este problema, la planta de asfalto utiliza un filtrado por mangas, un compartimiento con 288 mangas que recibe los gases por medio de un conducto metálico que viene desde la boca del secador, tal conducto termina en unas compuertas de acción automática que permite el flujo del gas ingresando al compartimiento de las mangas donde se topa con una pared para desviar el flujo del gas hacia abajo, provocando un posterior asenso del gas pero dejando caer las partículas más pesadas de este, el resto del gas sube por la serie de mangas colocadas verticalmente, las cuales impiden la salida del resto de partículas del desecho y solo sale las partículas más pequeñas y menos dañinas por un extractor ubicado en la parte superior del compartimiento filtrante y redirigido al extractor que emitirá el restante a la atmosfera.

- Sistema Automatzado
- Tipo de compuertas Accionamiento automático
- Cantidad de sensores de temperatura 4

El proceso del secado del material granular se muestra en las siguientes figuras a continuación:



Figura 105. Secado del material granular

Fuente: Elaboración propia

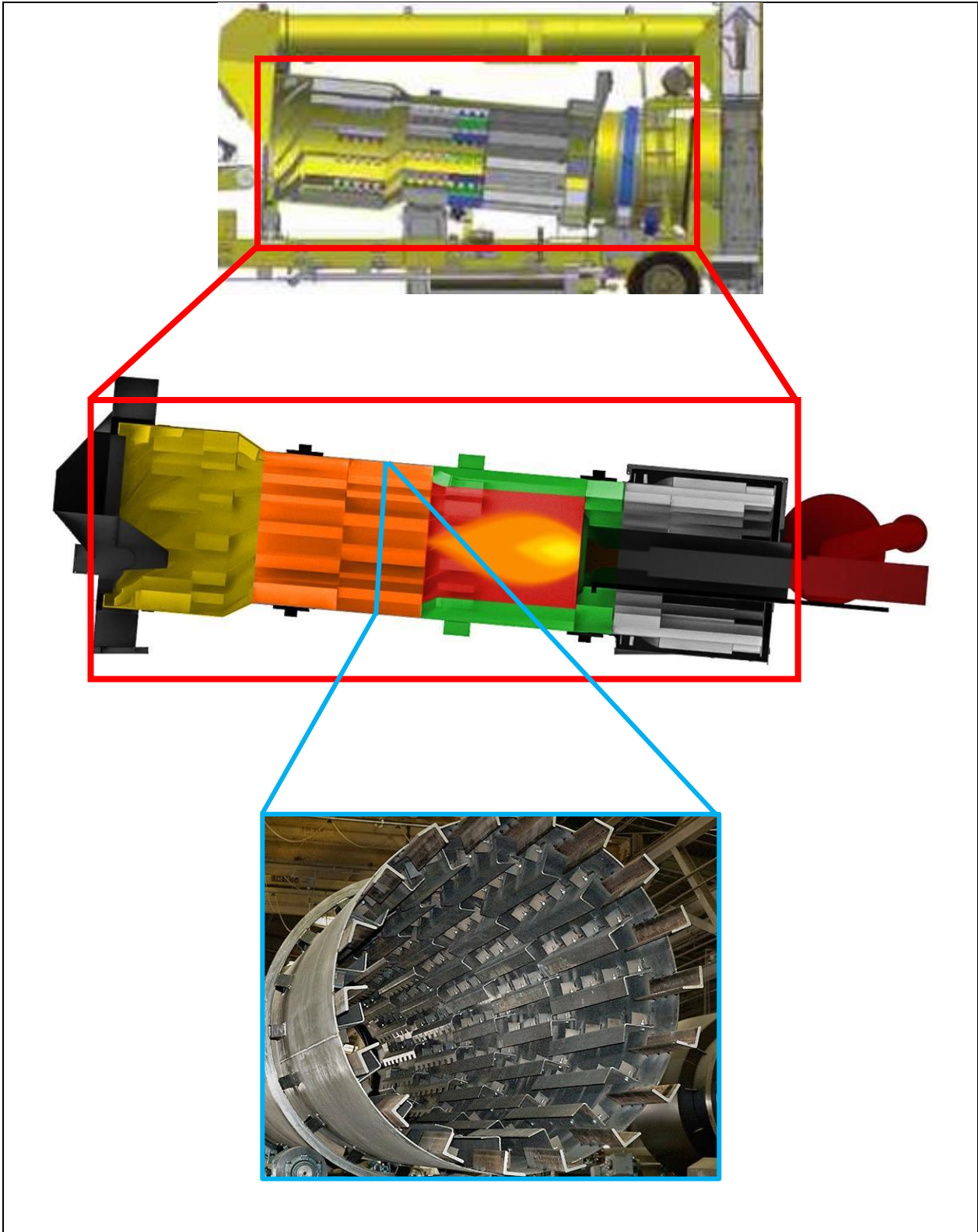


Figura 106. Tambor del secador Terex

Fuente: Elaboración propia

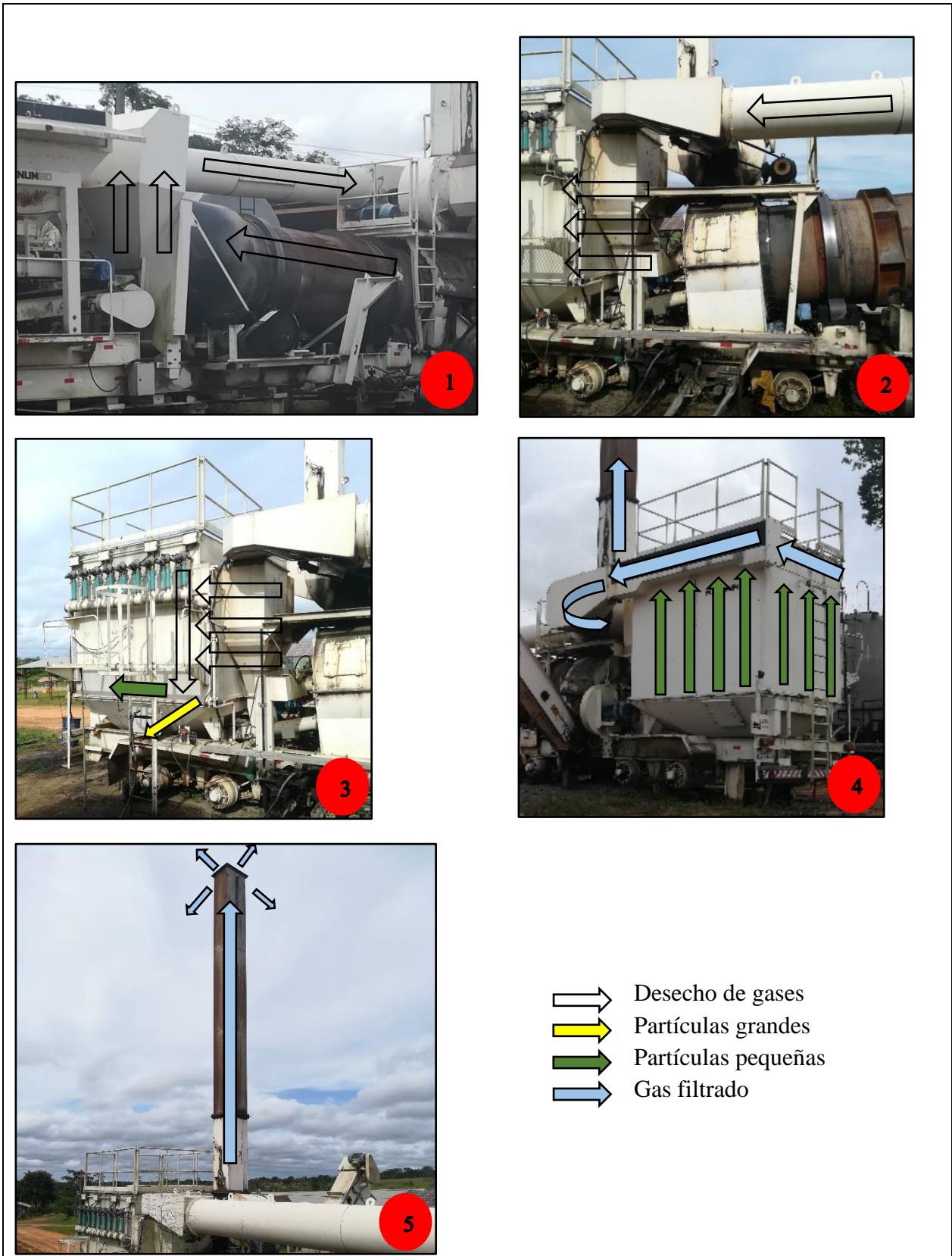


Figura 107. Proceso del filtrado de gases

Fuente: Elaboración propia

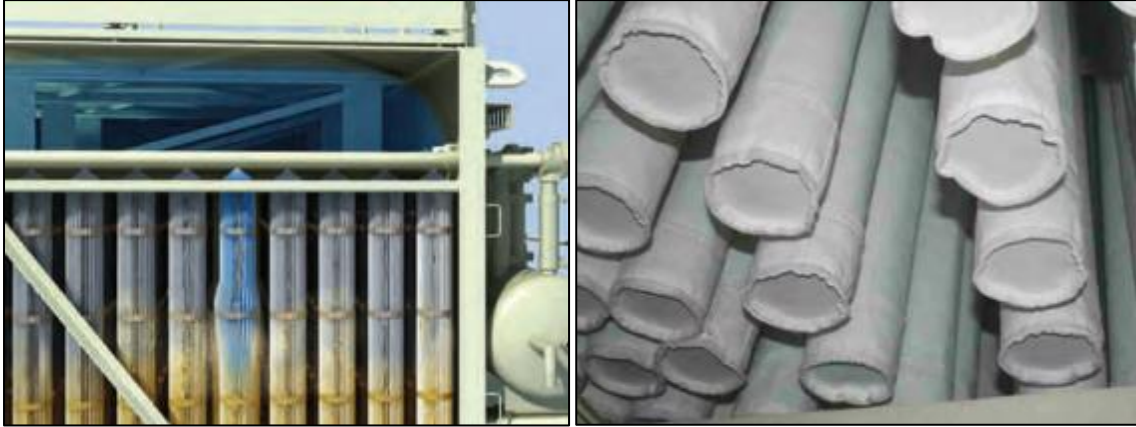


Figura 108. Mangas de poliéster para el filtrado de gases

Fuente: Filtro de mangas Terex Roadbuilding

6.2.3 Calentado del cemento asfáltico.

Para el proceso del calentado del cemento asfáltico, se requirió los siguientes componentes:

- Diluidor de asfalto, sección rectangular de 20.000 litros
- Termotanque horizontal de asfalto, sección cilíndrica de 35.000 litros TEREX

El cemento asfáltico es provisto de la empresa Betunel ubicada en el vecino país Brasil, transportado en turriles de 300 litros, de los cuales se vierte el cemento asfáltico a un diluidor dentro de las instalaciones de la empresa Pinto Montero, a pocos metros de la planta de asfalto, diluidor de 20.000 litros de capacidad que transporta el asfalto por medio de una bomba a un tanque de 35.000 litros de capacidad. El termotanque tiene un sistema de calentado del material por medio de una caldera de fluido térmico a combustible líquido (Diesel), que calienta el material para que este logre un estado más líquido y manejable, lo cual favorece al mezclado homogéneo de la mezcla asfáltica.

Para la provisión del cemento asfáltico hacia la mezcladora de la planta de asfalto, se requiere que el cemento asfáltico llegue a una temperatura de 175 °C, que se da por medio de un calentador

indirecto por serpentín al material proveniente de una caldera de fluido térmico, caldera instalada posteriormente al tanque de almacenamiento.

Una vez caliente el material, se distribuye hacia la mezcladora por medio de una compuerta dosificadora conectada a un ducto flexible que llega a la planta de asfalto.

Características del diluidor de asfalto:

- Capacidad 20.000 litros
- Sistema de calentamiento Calderas
- Potencia térmica 250.000 kcal/h

Características del termotanque de asfalto:

- Capacidad 35.000 litros
- Sistema de calentamiento Calderas
- Sistema de transmisión de calor Calentamiento indirecto por serpentín
- Potencia térmica 400.000 kcal/h
- Conexión entre tanque y planta Tuberías de interconexión flexibles

El proceso de calentamiento del cemento asfáltico se muestra en las siguientes figuras a continuación:



Figura 109. Proceso de calentado del cemento asfaltico

Fuente: Elaboración propia



Figura 110. Caldera del termotanque de asfalto TEREX

Fuente: Elaboración propia

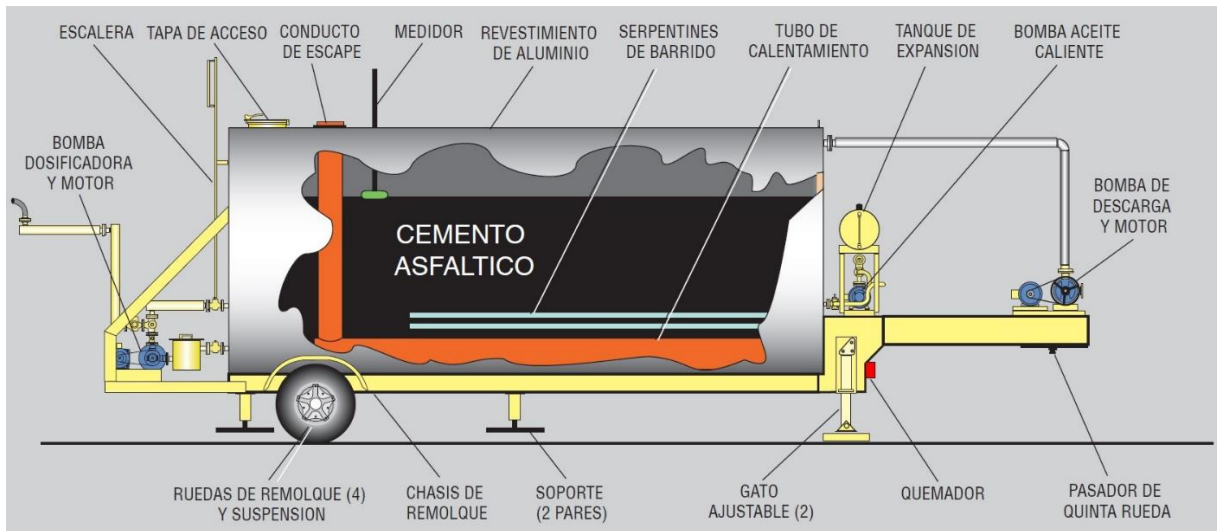


Figura 111. Descripción gráfica de un termotanque de asfalto

Fuente: Sistema de almacenamiento y calentamiento del ligante.

6.2.4 Mezclado de los materiales y vaciado de la mezcla asfáltica en tolva.

Para el proceso del mezclado de los materiales y del vaciado de la mezcla asfáltica en tolva, se requirió los siguientes componentes:

- Mezclador externo rotativo TEREX
- Elevador inclinado “Drag Mixer” TEREX
- Silo de mezcla lista TEREX
- Camión volquete

Una vez ingresan los materiales dentro el mezclador rotativo, el árido seco y el cemento asfáltico, sufren una serie de acciones mecánicas provocadas por las aletas del mezclador que giran sobre dos ejes fijos a una velocidad constante, provocando una mezcla homogénea de todos los materiales, separando cada partícula del árido para que sea recubierto completamente por el cemento asfáltico.

Luego de que los materiales pasan por el proceso de mezclado, estos empiezan a caer a la parte inferior del mezclador externo, donde llegan a la parte inferior del elevador inclinado que sube la mezcla asfáltica a un silo de mezcla lista para acumular una cierta cantidad, el cual tiene una compuerta que espera ordenes de la cabina de mando para soltar la mezcla a una tolva de volquete.

El mezclador externo tiene unas aletas dentadas colocadas alrededor de dos ejes de manera no repetitiva en la alineación que giran opuestamente entre sí, dejando un espacio en la parte inferior donde el material ya mezclado se va asentando.

El elevador inclinado funciona por medio de unas estrías que accionan horizontalmente transportando la carga a un silo de mezcla lista ubicado en la parte superior del elevador. Trabajan

las estrías por medio de cadenas que rotan a lo largo del elevador para permitir que estas estrías lleguen desde la parte inferior hasta la parte superior transportando la mezcla asfáltica.

El silo de mezcla lista recibe la mezcla del elevador inclinado aguantando el material con una compuerta que se acciona desde la cabina de mando para soltar la mezcla a un camión volquete, donde posteriormente este la lleva y la deja en la terminadora que vacía la mezcla asfáltica a su posición final en la vía.

Características del mezclador externo rotativo:

- Numero de ejes 2 ejes
- Tipo de brazos agitadores Aletas dentadas
- Característica singular Bajos niveles de oxígeno

Características del elevador inclinado:

- Rotación sobre su eje 180°
- Altura 4.50 metros

Características del silo de mezcla lista:

- Capacidad 1.00 m³
- Manera de expulsión del material Por gravedad al accionar la compuerta

Características del camión volquete:

- Capacidad 12.00 m³
- Combustible Diesel
- Ejes en el chasis 3 ejes

El proceso de mezclado de los materiales y del vaciado de la mezcla asfáltica en tolva, se muestra en las siguientes figuras a continuación:

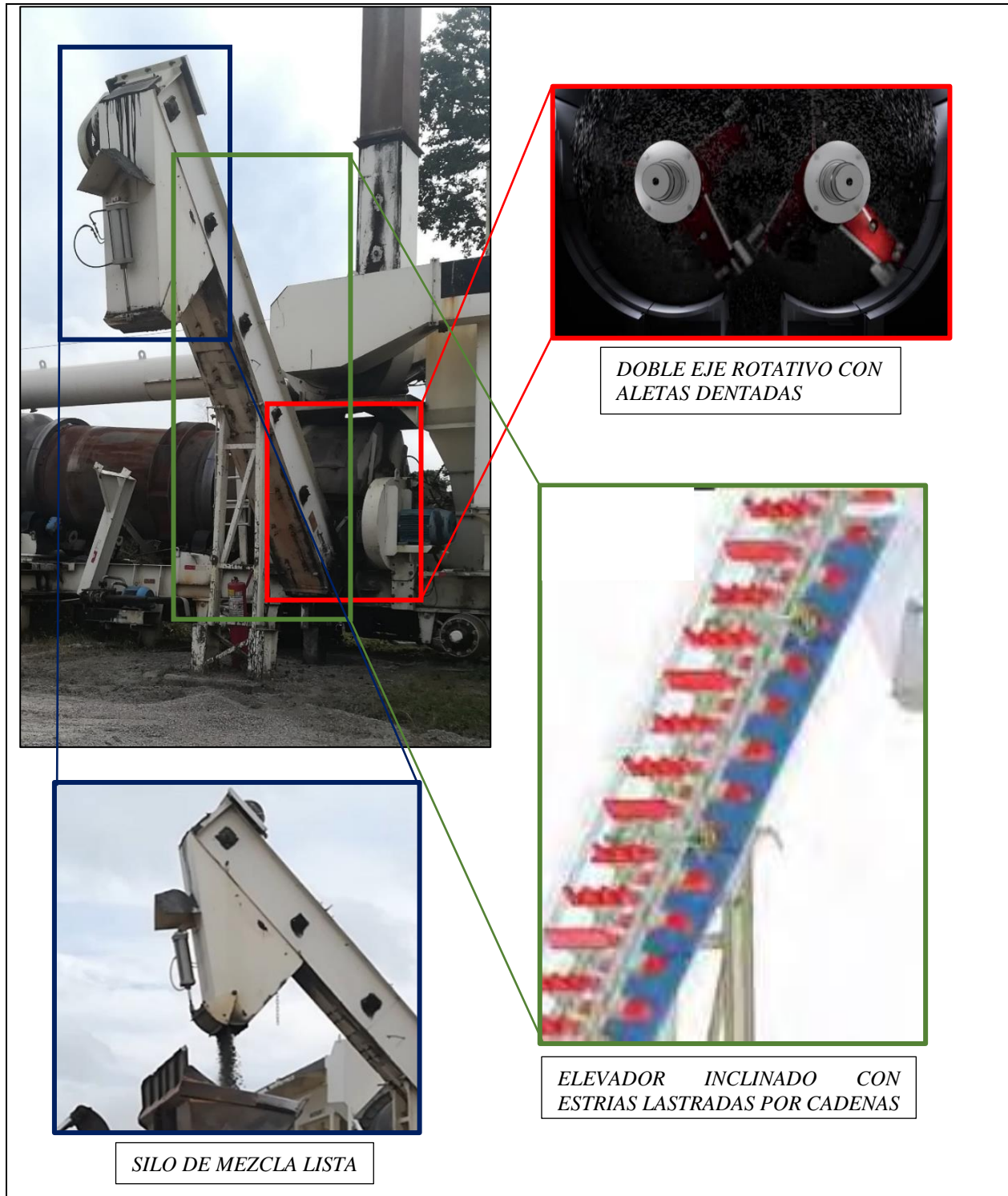


Figura 112. Componentes del mezclado y vaciado del material en tolva
Fuente: Elaboración propia



Figura 113. Vaciado de mezcla asfáltica en camión volquete
Fuente: Elaboración propia

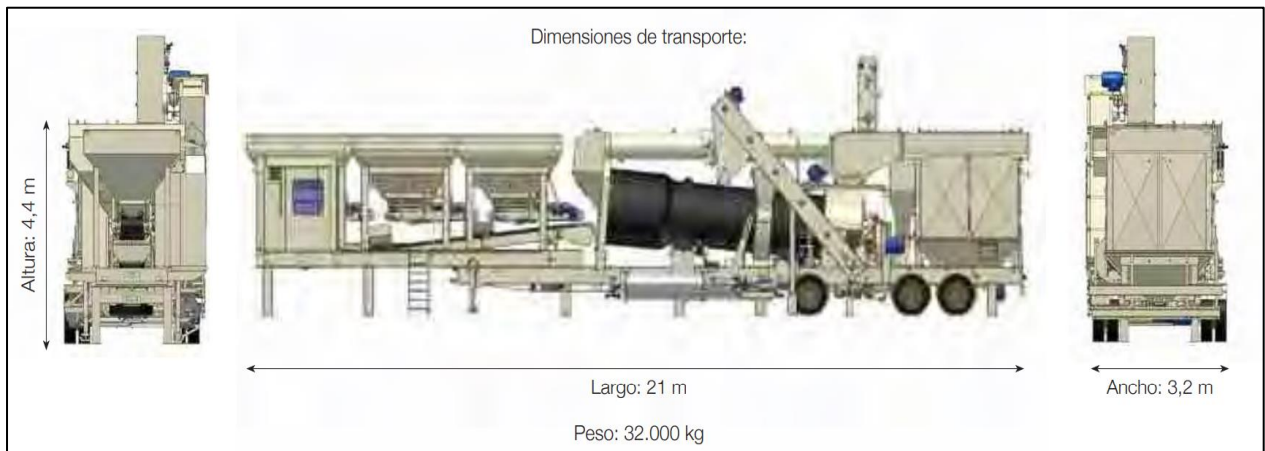


Figura 114. Dimensionamiento de la planta de asfalto
Fuente: Especificación técnica del equipo

6.3 RENDIMIENTO DE LA PLANTA DE ASFALTO

De acuerdo con las especificaciones técnicas de la planta de asfalto TEREX, el equipo tiene como capacidad productiva 80 toneladas de mezcla asfáltica por hora (Para el caso de la mezcla del proyecto: $80 \text{ ton/h} = 32,65 \text{ m}^3/\text{h}$) para las condiciones más óptimas de producción. Pero esta máquina se ve afectada por factores que retardan la ejecución de los procesos que realiza para producir la mezcla asfáltica.

Estos factores se convierten en coeficientes de eficiencia que ayudan, de manera teórica, encontrar el rendimiento real de una planta de asfalto. Los procesos realizados por la planta y los factores que afectan a esta se detallan a continuación:

Procesos de la planta de asfalto para la mezcla asfáltica:

- Dosificación de áridos
- Secado del material granular
- Calentado del cemento asfáltico
- Mezclado de los materiales y vaciado de la mezcla asfáltica en tolva

Factores que afectan la capacidad de producción:

- El porcentaje de humedad del agregado
- La altura de producción sobre el nivel del mar
- El porcentaje del agregado que pasa el tamiz número 8
- La temperatura de mezcla

Para poder realizar el cálculo teórico corregido de una planta de asfalto, se debe de entender bien como estos factores mencionados afectan la producción de la mezcla asfáltica y como determinamos sus valores cuantitativos.

6.3.1 Porcentaje de humedad en el agregado (Fh).

La temperatura necesaria para secar el agregado en el corto periodo que este pasa por el secador esta entre los 150 grados y 200 grados centígrados, de acuerdo con el contenido de humedad del árido, es entonces que mientras mayor el contenido de humedad, mayor la temperatura requerida para secar en su totalidad el agregado y en consecuencia se ve afectado el rendimiento de la planta de asfalto.

Para el rendimiento óptimo de la planta de asfalto, se controló la producción de mezcla asfáltica con el contenido de humedad del agregado del 3,00 % (análisis y datos obtenidos de la especificación técnica del equipo).

Para contenidos de humedad más altos, la empresa TEREX Roadbuilding, fabricante de la planta de asfalto Magnum80 (Planta de la cual se hace el análisis y estudio) presento valores numéricos del coeficiente de reducción de producción teórica de acuerdo con el contenido de humedad del agregado.

Estos coeficientes de reducción de la producción de la planta de asfalto se dieron como resultado a pruebas realizadas en laboratorios de la empresa TEREX donde se hizo la prueba con distintos contenidos de humedad que daban como resultado distintos rendimientos. A mayor contenido de humedad, menor rendimiento.

Los coeficientes de reducción de la producción de la planta de asfalto se presentan a continuación:

Tabla 46. - Coeficientes de producción real de acuerdo con el contenido de humedad

CONT. DE HUMEDAD %	COEFICIENTE	CONT. DE HUMEDAD %	COEFICIENTE
3,0	1,000	6,5	0,565
3,1	0,985	6,6	0,558
3,2	0,970	6,7	0,551
3,3	0,955	6,8	0,544
3,4	0,940	6,9	0,537
3,5	0,925	7,0	0,530
3,6	0,910	7,1	0,525
3,7	0,895	7,2	0,520
3,8	0,880	7,3	0,515
3,9	0,865	7,4	0,510
4,0	0,850	7,5	0,505
4,1	0,835	7,6	0,500
4,2	0,820	7,7	0,495
4,3	0,805	7,8	0,490
4,4	0,790	7,9	0,485
4,5	0,775	8,0	0,480
4,6	0,760	8,1	0,475
4,7	0,745	8,2	0,470
4,8	0,730	8,3	0,465
4,9	0,715	8,4	0,460
5,0	0,700	8,5	0,455
5,1	0,690	8,6	0,450
5,2	0,680	8,7	0,445
5,3	0,670	8,8	0,440
5,4	0,660	8,9	0,435
5,5	0,650	9,0	0,430
5,6	0,640	9,1	0,426
5,7	0,630	9,2	0,422
5,8	0,620	9,3	0,418
5,9	0,610	9,4	0,414
6,0	0,600	9,5	0,410
6,1	0,593	9,6	0,406
6,2	0,586	9,7	0,402
6,3	0,579	9,8	0,398
6,4	0,572	9,9	0,394
		10,0	0,390

Fuente: Empresa TEREX Roadbuilding

6.3.2 Altura de producción sobre el nivel del mar (Fa).

La presión atmosférica es muy influyente en las maquinas o equipos a combustión debido a la oxigenación que estas requieren. A mayor altura sobre el nivel del mar es menor la presión atmosférica, lo que resulta en menor oxigenación de las máquinas y en la pérdida de su rendimiento.

La capacidad nominal de la planta de asfalto, de 80 ton/hr, encontrada en la especificación técnica proporcionada por la empresa fabricante, fue medida en las condiciones óptimas de funcionamiento siendo la altura al nivel del mar, donde la presión atmosférica es 1 atm.

Para encontrar un rendimiento real, la empresa fabricante de la planta de asfalto TEREX Roadbuilding, proporciono una serie de coeficientes de reducción del rendimiento de acuerdo con la altura sobre el nivel del mar en la que trabaja la planta de asfalto, como se muestra a continuación:

Tabla 47. - Coeficientes de producción real de acuerdo con la a.s.n.m

ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	COEFICIENTE
0	1,00
305	0,97
610	0,94
915	0,91
1220	0,88
1525	0,85
1830	0,82
2135	0,79
2440	0,76
2745	0,73
3050	0,70
3355	0,67
3660	0,64
3965	0,61
4270	0,58

Fuente: Empresa TEREX Roadbuilding

6.3.3 Porcentaje del agregado que pasa el tamiz numero 8 (Ff).

Para el proceso de mezclado del material granular y el cemento asfáltico, realizado en el mezclador de la planta de asfalto, se advierte que a mayor cantidad de finos es menor la producción, esto debido al sistema de mezclado que actúa ejerciendo fuerzas mecánicas a los materiales donde se produce una mayor dificultad el mezclar a partículas más pequeñas.

Esta cantidad de finos reduce la producción a partir del 20% de la cantidad del agregado en la dosificación de la mezcla asfáltica (siendo el 20% el porcentaje óptimo a la que la planta de asfalto produce 80 ton/hr – Especificación técnica del equipo TEREX) y se considera como agregado fino aquel árido que pasa por el tamiz N° 8 (2,36 mm).

Para mezclas con dosificaciones que contengan mayor porcentaje de agregados finos la empresa TEREX Roadbuilding proporciona una serie de coeficientes de reducción para encontrar el rendimiento real de la planta de asfalto, como se muestra a continuación:

Tabla 48. - Coeficientes de producción real de acuerdo con el porcentaje de finos

CANT. DE FINOS %	COEFICIENTE
20	1,00
30	0,95
40	0,90
50	0,85
60	0,80
70	0,75
80	0,70
90	0,65
100	0,60

Fuente: Empresa TEREX Roadbuilding

6.3.4 Temperatura de mezcla (Ft).

La planta de asfalto trabaja con un termotanque que eleva la temperatura del cemento asfáltico para reducir su viscosidad y permitir el mezclado de los materiales, para lograr esto, el termotanque debe mantener las altas temperaturas por medio de su sistema de calentado por serpentín proveniente del calor de una caldera posterior a la cisterna. Cuando se requiere una mayor temperatura, es mayor la potencia calorífica que se debe producir, provocando un demora en el calentado y en consecuencia se reduce la producción óptima de la planta de asfalto.

La temperatura de mezcla, que se obtiene después de análisis de laboratorio para el cemento asfáltico, varía dependiendo del tipo de asfalto que se ah de utilizar.

El rendimiento óptimo de la planta de asfalto MAGNUM80 se obtuvo con una temperatura de mezclado de 150 °C (Capacidad nominal de producción = 80 ton/hr), de acuerdo con la especificación técnica de la máquina, y para temperaturas mayores de mezclado la empresa TEREX Roadbuilding proporciono los siguientes coeficientes para encontrar el rendimiento real:

Tabla 49. - Coeficientes de producción real de acuerdo con la temperatura de mezcla

TEMPERATURA	COEFICIENTE
130	1,12
135	1,09
140	1,06
145	1,03
150	1,00
155	0,97
160	0,94
165	0,91
170	0,88
175	0,85
180	0,82

Fuente: Empresa TEREX Roadbuilding

6.3.5 Análisis teórico del rendimiento de la planta de asfalto TEREX MAGNUM80.

Para encontrar el rendimiento teórico real de la planta de asfalto usaremos la siguiente ecuación:

$$R = \frac{C * F_h * F_a * F_f * F_t}{\gamma}$$

Donde:

R = Rendimiento teórico real	(m3/hr)
C = Capacidad de producción nominal	(ton/hr)
F_h = Factor de humedad del agregado	(adimensional)
F_a = Factor de altura sobre el nivel del mar	(adimensional)
F_f = Factor de porcentaje de finos	(adimensional)
F_t = Factor de temperatura de mezcla	(adimensional)
γ = Peso específico de la mezcla asfáltica	(ton/m3)

Los datos de cada variable de la ecuación se pueden encontrar en apartados anteriores parte del Capítulo V, y se presentan a continuación por medio de una tabla resumen donde se explica los valores a utilizar en la ecuación para encontrar el rendimiento teórico real:

Tabla 50. - Valores para reemplazar en la ecuación de rendimiento teórico real

VARIABLE	VALOR	UNIDAD	DATOS	BIBLIOGRAFÍA DEL VALOR OBTENIDO
C	80	Ton/hr		Especificación técnica del producto Anexo D
Fh	0,835	adim	4,1 %	Tabla 45
Fa	0,974	adim	263 m.s.n.m.	Tabla 46
Ff	0,862	adim	47,5 %	Tabla 47
Ft	0,850	adim	175 °C	Tabla 48
γ	2,45	Ton/m ³		Ensayo de laboratorio Anexo C

Fuente: Elaboración propia

Reemplazando los valores en la ecuación inicial se obtiene:

$$R = \frac{80 * 0,835 * 0,974 * 0,862 * 0,850}{2,45}$$

Dando como resultado, para la planta de asfalto marca TEREX modelo MAGNUM80, con un contenido de humedad del agregado de promedio 4,1 %, funcionando a 263 metros sobre el nivel del mar, teniendo en su dosificación el 47,5 % de agregado fino y cumpliendo una temperatura de mezclado de 175 grados centígrados, el rendimiento que se muestra a continuación:

Tabla 51. - Rendimiento teórico real

RENDIMIENTO	UNIDAD
19,458	m³/hr

Fuente: Elaboración propia

6.3.6 Análisis práctico del rendimiento de la planta de asfalto TEREX MAGNUM80.

Para comprobar si el rendimiento teórico real es correcto, se decidió realizar la medición del tiempo en el cual se llena una volqueta de 12 m³ con mezcla asfáltica para así obtener la cantidad de metros cúbicos que se dan por hora y hallando ese valor, se toma como el rendimiento real que produce la planta de asfalto.

Para realizar este análisis, se verifico la medida de 3 volquetes de la empresa Pinto Montero que estaban destinados a transportar mezcla asfáltica, comprobándose que los volquetes tenían una capacidad colmada de 12 m³. Es entonces que se procedió al vaciado de mezcla en las tolvas, donde se cronometro el tiempo desde la abertura de la compuerta de salida hasta su cierre al tener la tolva llena.



Figura 115.

Volquetes destinados al transporte de mezcla asfáltica

Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar el cronometraje de los 3 volquetes, se realizó los cálculos con los datos obtenidos donde se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 52. - Cálculo del rendimiento por medio de datos obtenidos en planta

TOMA DE DATOS		
MODELO VOLQUETE	CAPACIDAD	TIEMPO
Volvo NL-12	12m3	36 min 48 seg
Mercedes Benz	12m3	37 min 2 seg
Volvo VM	12m3	37 min 17 seg
PROMEDIO		37,04 min = 0,6173 hr
CALCULO DEL RENDIMIENTO		
CANTIDAD	TIEMPO	RENDIMIENTO
12 m3	0,6173 hr	19,439 m3/hr

Fuente: Elaboración propia

Tabla 53. - Comparación entre el rendimiento teórico y el rendimiento practico

REND. TEORICO	REND. PRACTICO	DIFERENCIA	VARIACION
19,458 m3/hr	19,439 m3/hr	0,019 m3/hr	0,1 %

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO VII – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

Este documento contiene los requerimientos expresados para la modalidad de graduación por trabajo dirigido, cumpliendo con los objetivos planteados al comienzo del proyecto, donde se puede encontrar la descripción del proceso constructivo de la obra, los controles de calidad adjuntos, el seguimiento realizado a la documentación administrativa y el proceso constructivo de mezclas asfálticas mediante la planta de asfalto que participo en la ejecución del proyecto.

- Para la realización de este documento, se hizo manipulación de los equipos topográficos a emplearse con motivo de realizar el seguimiento al control topográfico, verificando el levantamiento topográfico para obtener la nube de puntos de la cota terreno. Con los datos obtenidos, la empresa contratista realizo el diseño geométrico, replanteo y nivelación de la plataforma en el cual se realizó el seguimiento.
- Se realizo el seguimiento al control de calidad iniciando por la plataforma, en verificación del tipo de suelo, de humedad óptima para los compactados y las densidades en campo, continuando con la comprobación de la resistencia mínima a compresión de los hormigones y finalmente el seguimiento al diseño de mezclas asfálticas y las comprobaciones de densidad del pavimento por medio de extracción de núcleos.
- Se presencio las actividades del proyecto para el cumplimiento al seguimiento de los movimientos de tierras, construcción de hormigones para obras de arte, construcción de sistemas de drenajes pluviales, bacheos y conformación de la capa asfáltica.
- En desarrollo del trabajo dirigido para la empresa contratista, se presentó el apoyo en la elaboración de Cómputos Métricos, en las Planillas de Avance, balance e informe del Contrato Modificatorio y en el balance de la Orden de Trabajo.

- Durante el periodo de ejecución de la actividad “Carpeta Asfáltica E=5cm”, se hizo una teorización del proceso que realiza la planta de asfalto para fabricar la mezcla asfáltica y los factores que afectan a la planta reduciendo su rendimiento. Con los datos de estos factores, se realizó el cálculo teórico del rendimiento de la planta de asfalto, previamente encontrando los valores del contenido de humedad del agregado mediante ensayo de laboratorio, la altura sobre el nivel del mar donde se encuentre la planta, el porcentaje de finos provisto por el diseño de la mezcla y la temperatura de mezclado que proporciona el certificado de calidad del cemento asfáltico, ya con estos datos se calculó el rendimiento teórico y se comparó con el rendimiento obtenido por el cronometraje del vaciado de mezcla asfáltica de la planta a una tolva cubicada para así saber el volumen producido por el factor tiempo.

7.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda:

- Implementar sistemas de drenajes pluviales que complementen al proyecto “Mejoramiento de vías urbanas con pavimento y recapeo en el municipio de Cobija.”
- Aumentar el espesor de la capa asfáltica para incrementar la durabilidad de esta, mediante un recapado asfáltico, y así proteger el gasto invertido en este proyecto vial.
- Considerar una beca de Trabajo Dirigido para el apoyo del estudiante que labora 8 horas sin remuneración económica por el cumplimiento de los requerimientos de esta modalidad de graduación.
- Socializar las actualizaciones de catastro para el oportuno traslado de los cercos que se encuentran fuera de su predio y dejan sin acera a las vías del proyecto: “Mejoramiento de vías urbanas con pavimento y recapeo en el municipio de Cobija.”

7.3 BIBLIOGRAFIA

- 📖 U.A.P., ING. CIVIL. (2017). *Reglamento específico de modalidad de graduación.*
- 📖 EDUCA. (2022). *Municipio de Cobija – Barrios y Comunidades.*
- 📖 GOOGLE MAPS. (2022). *Cobija.*
- 📖 ZONISIG, Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Secretaria Nacional de Planificación, Subsecretaria de Ordenamiento Territorial, Prefectura del Departamento Pando, Secretaria de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, DHV Consultores – ITC, Cooperación del Gobierno de los Países Bajos. (1997). *Zonificación agroecológica y socioeconómica y perfil ambiental del departamento de pando.* SIERPE Publicaciones.
- 📖 Estado Plurinacional de Bolivia, Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda, Viceministerio de Vivienda y Urbanismo, Dirección General de Vivienda y Urbanismo, Unidad de Políticas de Construcción. (2016). *Guía Boliviana de Fiscalización de Obras.* Grupo Impresor.
- 📖 GOOGLE EARTH. (2022). *Cobija; Banco de préstamo - Banco Pinto Montero.*
- 📖 INFOSISCON, Sistema de Notificación de Licitaciones de Bolivia. (2021). *Construcción del sistema de agua potable y mejoramiento alcantarillado sanitario Cobija.*
- 📖 VISE, IPN, amaac, canal construcción, Del Val. (2010). *¿Qué es un pavimento flexible y cuándo conviene usarlo?* Vise.
- 📖 Organismo Operador SIAPA. (2010). *PROMIAP – Esquema Hidráulico del Drenaje Urbano, Alcantarillado pluvial.* SIAPA.
- 📖 Albert Parera. (2017). *Pavimentos flexibles y pavimentos rígidos.* UNIFORT

- 📖 ASECA. (2021). *Bacheo*.
- 📖 EMIN Sistemas Geotécnicos, LL-C (Certification). (2021). *Refuerzo de base en pavimentos, Refuerzo de Recapado Asfáltico – GEOGRILLA ASFALTO*.
- 📖 TyT REDSUR. (2020). *Levantamiento topográfico*
- 📖 U.A.P., Diego Cayo Zabala. (2019). *Control y Seguimiento del Proyecto: Enlosetado de Vías de Cobija – Tramo: Comunidad Abaroa*. Biblioteca del Área de Ciencias y Tecnología.
- 📖 EMPRESAS PUBLICAS DE MEDILLIN. (2022). *Normas Técnicas*
- 📖 Aleva, G. J. J. (Compilador) (1994): *Lateritas. Conceptos, Geología, Morfología y Química*. 169 pp. ISRIC, Wageningen, Países Bajos.
- 📖 Bardossy, G. y Aleva, G. J. J. (1990): *Laterítica, Bauxitas*. 624 pp. ELSEVIER.
- 📖 Quaresma, Luiz Felipe. (2009). *Uso y distribución de la Brita*. Ministerio de Minas y Energía – Brasil.
- 📖 Luis Chávez. (2022). *Cemento Portland*. CEMENTOS TORICES.
- 📖 Theodoris, Marina (2003). *El Libro de Hechos de Física – Masa de Un Grano de Arena*.
- 📖 Aceros Torices. (2020). *¿Qué es el acero corrugado y por qué funciona bien para revestimientos?* ATSA.
- 📖 Soluciones Ambientales Integrales S.A. (2022). *Tubería pead*. GEOSAI.
- 📖 Speight, James G. (2015). *Ciencia y Tecnología de Materiales Asfálticos*. Ciencias de Elsevier.
- 📖 R.J. Forbes. (1958). *Estudios de Historia Temprana del Petróleo*. Leiden, Países Bajos.
- 📖 Química Latinoamericana. (2022). *Cementos asfálticos para mezclas en calientes*. Magdalena 265, Las Condes RM – Chile.

- 📖 Química Latinoamericana, STYLINK. (2022). *Cementos asfálticos para mezcla en calientes / Modificado con polímero*. Magdalena 265, Las Condes RM – Chile.
- 📖 BETUNEL. (2020). *STYLINK, Cementos asfálticos*. Barra da Tijuca – Rio de Janeiro.
- 📖 Feng, Lianyong; Hu, Yan; Hall, Charles A. S.; Wang, Jianliang. (2012). *La industria petrolera china: historia y futuro*.
- 📖 Paul Lucier (2008). *Científicos y estafadores: consultoría sobre carbón y petróleo en Estados Unidos*. Baltimore: JHU.
- 📖 Plaza, David. (2019) *El gasóleo o gasoil: propiedades y tipos – Diesel*. España.
- 📖 Carlos Serrano, ICCP, A. Bianchini Ingenieros S.A. (2015). *Refuerzo de asfaltos mediante geomallas para alargar la vida útil de las carreteras*. Interempresas.
- 📖 Vania Esdenka Gutiérrez Angulo, Renan Armando Pereira Moreira. (2006). *Apoyo Didáctico Para la Enseñanza y Aprendizaje de la Asignatura de Maquinaria y Equipo de Construcción*. TEXTO GUIA U.M.S.S.
- 📖 E-ASFALTO. (2022). *Especificaciones técnicas del cemento asfáltico*. San Martín, Provincia de Buenos Aires – República de Argentina.
- 📖 Estudiante de Ingeniería Civil. (2015) - Bacheo superficial y profundo.
- 📖 Claudio Pérez Droguet, Natalia Durán Amorocho, Rodrigo Fernández Aguilera, Franz Monroy Barrón, Marcos Jesús Pantaleón Prieto, José Fernando Caballero Hoyos, Pablo Eugenio Maturana Barahona, Guillermo Alfonso Thenoux Zeballos. (2018). *Administradora Boliviana de Carreteras, manual de ensayo de suelos, materiales y asfaltos*. A.B.C.
- 📖 TEREX. (2009). *Planta de Asfalto MAGNUM 80 – Especificaciones técnicas*.