

**UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO  
ÁREA DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**



**TRABAJO DIRIGIDO**

**CONTROL DE CALIDAD Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO:  
“ENLOSETADO DE VÍAS DE COBIJA –TRAMO: COMUNIDAD ABAROA”**

**TOMO I**

**Postulante:**

Univ. Diego Cayo Zabala

**Tutor Colectivo:**

Ing. José Luis Richard Manrique Sanabria

**Asesor:**

Ing. Neil Flores Zambrana

**COBIJA – PANDO – BOLIVIA**

**2019**

## ***AGRADECIMIENTOS***

Dios gracias por tu bondad y tu amor, que me permite sonreír ante todos mis logros, que son el resultado de tu ayuda. A mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, por su apoyo, dedicación y confianza.

A mi prestigiosa casa superior de estudios la Universidad Amazónica de Pando y a mis formadores, personas de gran sabiduría quienes aportaron con sus doctrinas, quienes me encaminaron en el desarrollo del presente trabajo dirigido.

## ***DEDICATORIA***

Han pasado muchos años desde que nací, siempre buscan las maneras de ofrecerme lo mejor, trabajando duro, llegando a casa cansados, pero con una alegre sonrisa para ofrecer a la familia, previendo siempre las comodidades en mi formación, por todas esas ayudas que construyeron en una etapa más de mi vida.

Muchas gracias: a mis padres

## **RESUMEN GENERAL**

El presente documento contiene la información técnica, producto del Trabajo Dirigido desarrollado en el Proyecto: Enlosetado de Vías Cobija Tramo: Comunidad Abaroa, ejecutada por la Institución pública: Fondo Nacional de Inversión Productiva y Social (F.P.S.), el contenido del presente Trabajo Dirigido se rige al reglamento de Modalidad de Graduación y el convenio interinstitucional realizado entre la Universidad Amazónica de Pando y el Fondo Nacional de Inversión Productiva y Social, dando seguimiento a los objetivos planteados.

El documento se divide de la siguiente manera:

*En el Capítulo I*, presenta los aspectos generales, datos, ubicación del proyecto y los objetivos planteados.

*En el Capítulo II*, describe de manera técnica el proceso de ejecución del proyecto.

*En el Capítulo III*, describe el control de calidad del proyecto en todos sus aspectos

*En el Capítulo IV*, muestra el Avance Físico y Financiero del proyecto.

*En el Capítulo V*, muestra el desarrollo del cálculo del rendimiento de la Motoniveladora, como aporte al presente documento.

*Y por último en el Capítulo VI*, propone las conclusiones explícitas, recomendaciones y anexos complementarios del documento.

# INDICE GENERAL

## CAPITULO I – ASPECTOS GENERALES

1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 ANTECEDENTES Y GENERALIDADES.....	2
1.2.1 Antecedentes del trabajo dirigido.....	2
1.2.2 Antecedentes del proyecto.....	3
1.2.2.1 Datos generales de la empresa o entidad pública.....	3
1.2.2.2 Datos generales del proyecto.....	3
1.2.2.3 Ubicación del proyecto.....	4
1.2.2.4 Diagnóstico de la situación actual.....	6
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
1.4 OBJETIVOS.....	8
1.4.1 Objetivo general.....	8
1.4.2 Objetivos específicos.....	8
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	9
1.5.1 Justificación técnica.....	9
1.5.2 Justificación socioeconómica.....	9
1.5.3 Justificación ambiental.....	9

## CAPITULO II – DESCRIPCIÓN Y EJECUCIÓN DEL PROYECTO

2.1 ASPECTOS GENERALES.....	10
2.1.1 Organigrama del proyecto.....	10
2.2 CONFORMACIÓN DE PLATAFORMA.....	13
2.2.1 Estudio topográfico para plataforma.....	13
2.2.1.1 Metodología de trabajo topográfico.....	13
2.2.2 Datos técnicos de conformación de plataforma.....	21

2.2.3 Materiales .....	23
2.2.3.1 Material laterítico. ....	23
2.2.3.2 Cemento Portland. ....	24
2.2.3.3 Agua. ....	24
2.2.4 Maquinaria y equipo. ....	25
2.2.4.1 Maquinaria pesada. ....	25
2.2.4.2 Equipo topográfico. ....	31
2.2.5 Proceso constructivo. ....	35
2.2.5.1 Ítem 1 – Movimiento de tierras (corte).....	35
2.2.5.2 Ítem 2 – Provisión y colocado de capa sub base. ....	37
2.2.5.3 Ítem 3 – Provisión y colocado de capa base. ....	41
2.2.5.4 Ítem 4 – Relleno y compactado con material de corte .....	46
2.2.5.5 Ítem 5 – Retiro de material excedente o vegetal Distancia. 2 Km .....	47
2.3 DRENAJES PLUVIALES .....	48
2.3.1 Estudio topográfico para drenajes. ....	48
2.3.1.1 Mapa hidrográfico del estado de análisis 1.- .....	49
2.3.1.2 Mapa hidrográfico del estado de análisis 2. – .....	50
2.3.1.3 Mapa hidrográfico del estado de análisis 3. - .....	51
2.3.2 Datos técnicos del Drenaje pluvial .....	52
2.3.3 Materiales. - .....	52
2.3.3.1 Cemento. ....	53
2.3.3.2 Agregados. ....	54
2.3.3.3 Fierros. ....	54
2.3.3.4 Agua. ....	55
2.3.3.5 Características del Hormigón .....	55

2.3.4 Maquinaria y equipo de apoyo. ....	56
2.3.4.1 Maquinaria. ....	56
2.3.4.2 Equipo de apoyo. ....	57
2.3.4.3 Herramientas complementarias ....	58
2.3.5. Proceso constructivo. ....	58
2.3.5.1 Ítem 6 – Excavación con maquinaria. ....	58
2.3.5.2 Ítem 7 – Prov. y tendido de tubería dúo Ø 600 mm ....	59
2.3.5.3 Ítem 8 – Relleno y compactado manual P/alcantarilla. ....	60
2.3.5.4 Ítem 9 – H°A° para drenaje pluvial ....	61
2.4 OBRAS DE CONFINAMIENTO DE HORMIGON ARMADO ....	65
2.4.1 Datos técnicos de Obras de confinamiento de hormigón armado. ....	65
2.4.2 Materiales ....	66
2.4.3 Maquinaria y equipo empleado. ....	68
2.4.4 Proceso constructivo. ....	68
2.4.4.1 Ítem 10 – Excavación manual. ....	68
2.4.4.2 Ítem 11, 12 y 13 – H°A° (Cordón, Cordón cuneta y Vigas de confinamiento). ....	69
2.4.4.3 Ítem 14 – Relleno y compactado de aceras. ....	72
2.5 ENLOSETADO. ....	73
2.5.1 Datos técnicos del enlosetado. ....	73
2.5.2 Materiales y herramientas. ....	74
2.5.2.1 Materiales ....	74
2.5.2.2 Caracterización de las losetas hexagonales ....	74
2.5.2.3 Herramientas. ....	75
2.5.3 Proceso constructivo. ....	75
2.5.3.1 Extendido de la Cama de Arena (e=5cm). ....	76

2.5.3.2 Asentado de losetas .....	76
2.5.3.3 Compactación .....	77
2.5.3.4 Remates de Hormigón Simple .....	78
2.5.3.5 Sellado de juntas .....	79

### **CAPITULO III – CONTROL DE CALIDAD**

3.1 CONTROL DE CALIDAD PARA CONFORMACION DE PLATAFORMA .....	82
3.1.1 Análisis granulométrico – ASTM C 136 .....	82
3.1.1.1 Materiales y Equipos .....	83
3.1.1.2 Caracterización de los suelos .....	83
3.1.2 Limites de Atterberg – ASTM D4318-00 .....	86
3.1.2.1. Materiales y Equipos .....	86
3.1.3 Proctor Modificado – ASTM D1557-00 .....	87
3.1.3.1 Materiales y Equipos .....	87
3.1.4 Ensayo de Relación de California (CBR) - ASTM D 1883 - 05 .....	89
3.1.4.1 Materiales y Equipos .....	90
3.1.5 Verificación del peso unitario del suelo en campo, Método del cono de arena - ASTM 1556 – AASTHO T191 .....	91
3.1.5.1 Materiales y Equipos .....	91
3.1.6 Resistencia a la compresión de cilindros preparados de suelo cemento - ASTM D 1633 ...	96
3.1.6.1 Procedimiento de control de los especímenes de ensayo .....	96
3.1.6.2 Materiales y equipos .....	97
3.2 CONTROL DE CALIDAD PARA DRENAJE PLUVIAL .....	99
3.2.1 Resistencia a la Compresión de Cilindros – NB 639 ASTM C39 .....	99
3.2.1.1 Materiales y equipos (ASTM C31) .....	99
3.3 CONTROL DE CALIDAD – OBRAS DE CONFINAMIENTO .....	101

3.3.1 Resistencia a la Compresión de Cilindros – NB 639 ASTM C39.....	102
3.3.1.1. materiales y equipos (ASTM C31).....	102
3.3.2 Método de consistencia del hormigón mediante en Cono de Abrams – ASTM C143 – AASHTO T 119 .....	106
3.3.2.1. Materiales y equipos.....	106
3.4 CONTROL DE CALIDAD DE FABRICACIÓN DE LOSETAS.....	109
3.4.1 Control de calidad en planta .....	109
3.4.1.1 De los materiales. ....	109
3.4.1.2 De la fabricación de losetas .....	110
3.4.2 Ensayos de laboratorio .....	112
3.4.2.1 Método de ensayo para determinar el esfuerzo de flexión en las losetas .....	112
3.4.2.2 Materiales y equipos.....	113
3.4.2.3 Procedimiento del ensayo para determinar el esfuerzo a flexión de las losetas .....	113
3.4.2.5 Método de ensayo de desgaste de los ángeles ASTM C131 – AASTHO T96.....	117
3.4.4 Control del estado de las losetas en Obra.....	119
<b>CAPITULO IV – MARCO ADMINISTRATIVO</b>	
4.1. AVANCE FISICO.....	120
4.2 AVANCE FINANCIERO .....	125
4.3 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.....	127
<b>CAPITULO V – RENDIMIENTOS DE LA MOTONIVELADORA</b>	
5.1 CRITERIOS PARA EL CÁLCULO DEL RENDIMIENTO DE LA MAQUINARIA MOTONIVELADORA .....	131
5.1.1 Distancias de trabajo (d):.....	133
5.1.2 Espesores de las capas (e).....	135
5.1.3 Longitudes efectivas de trabajo o de cada pasada (Le) .....	135
5.1.4 Ancho de traslape (Lo):.....	137

5.1.5 Factores de corrección (Fc): .....	138
5.1.5.1 Factor pendiente (p):.....	138
5.1.5.2 Factor eficiencia de trabajo (E) .....	140
5.1.5.3 Factor de hoja (Fh) .....	142
5.1.5.4 Factor de altura (h) .....	142
5.1.6 Numero de pasadas para necesarias (Nc) .....	143
5.1.6.1 Cálculo de Numero de pasadas necesarias para conformación de capa sub base .....	143
5.1.6.2 Cálculo de Numero de pasadas necesarias para conformación de capa base .....	146
5.1.7 Tiempo de duración del ciclo de trabajo para ejecutar una pasada .....	149
5.1.7.1 Calculo del tiempo de duración de un ciclo para conformación de la capa Sub base .....	150
5.1.7.2 Calculo del tiempo de duración de un ciclo para conformación de la capa Base.....	153
5.2 CÁLCULO DE LOS RENDIMIENTOS .....	156

## **CAPITULO VI – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

6.1 CONCLUSIONES.....	165
6.2 RECOMENDACIONES .....	167
6.3 BIBLIOGRAFIA .....	168

## INDICE DE TABLAS

### CAPITULO I – ASPECTOS GENERALES

Tabla 1.1 Datos generales del proyecto.....	4
Tabla 1.2 Coordenadas U.T.M. de la comunidad Abaroa .....	5

### CAPITULO II - DESCRIPCIÓN Y EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Tabla 2.1 Planificación del proyecto .....	10
Tabla 2.2 Bancos de marca de la comunidad Abaroa.....	17
Tabla 2.3 Testigos izquierdos y derechos.....	19
Tabla 2.4 Puntos auxiliares.....	20
Tabla 2.5 Ítems de conformación de plataforma.....	21
Tabla 2.6 Descripción de vias del proyecto.....	22
Tabla 2.7 Sección transversal tipo.....	22
Tabla 2.8 Equivalencia entre normas para el cemento .....	24
Tabla 2.9 Taquimetria de la red de agua respecto a la rasante .....	36
Tabla 2.10 Cálculo de material laterítico para capa sub base.....	38
Tabla 2.11 Cálculo de material laterítico para capa base .....	41
Tabla 2.12 Calculo de cantidad de cemento requerido en obra.....	42
Tabla 2.13 Ítems de drenaje pluvial.....	52
Tabla 2.14 Cantidad mínima de cemento .....	53
Tabla 2.15 Características de los agregados.....	54
Tabla 2.16 Requisitos de resistencia y trabajabilidad del hormigón .....	55
Tabla 2.17 Disposición de tuberías de PVC dúo Ø 600 mm.....	60
Tabla 2.18 Dosificación de hormigón en planta.....	62
Tabla 2.19 Ítems de obras de confinamiento.....	65

Tabla 2.20 Características del hormigón .....	66
Tabla 2.21 Tamaño de los agregados .....	67
Tabla 2.22 Dosificación de los hormigones empleados .....	67
Tabla 2.23 Cronograma para el vaciado de cordones.....	71
Tabla 2.24 Dimensiones de la loseta hexagonal.....	73
Tabla 2.25 Características físico-mecánicas de la loseta hexagonal .....	73
Tabla 2.26 Metodología de trabajo para enlosetado.....	75

### **CAPITULO III – CONTROL DE CALIDAD**

Tabla 3.1 Clasificación de suelos – Método AASHTO .....	84
Tabla 3.2 Ensayos de granulometría.....	85
Tabla 3.3 Ensayos de límites de Atterberg .....	87
Tabla 3.4 Ensayos de proctor modificado .....	88
Tabla 3.5 Ensayos de CBR de suelos empleados .....	90
Tabla 3.6 Densidades de la capa sub base .....	92
Tabla 3.7 Resumen de densidades de la capa sub base .....	93
Tabla 3.8 Densidades de la capa base .....	94
Tabla 3.9 Resumen de densidades de la capa base.....	95
Tabla 3.10 Métodos de ensayo para compresión del suelo cemento.....	96
Tabla 3.11 Resumen de ensayos de resistencia a la compresión de suelo cemento .....	98
Tabla 3.12 Resistencia a la compresión de cilindros para drenaje pluvial .....	100
Tabla 3.13 Resumen de ensayos para drenaje pluvial .....	101
Tabla 3.14 Resistencia a la compresión de cilindros de obras de confinamiento .....	103
Tabla 3.15 Resumen de ensayos del confinamiento izquierdo.....	105
Tabla 3.16 Resumen de ensayos del confinamiento derecho .....	105
Tabla 3.17 Tolerancias de consistencia del hormigón fresco.....	107

Tabla 3.18 Tipos de consistencias del hormigón fresco .....	107
Tabla 3.19 Consistencia de hormigon en obras de confinamiento .....	108
Tabla 3.20 Resumen de ensayos de consistencia de hormigón fresco .....	108
Tabla 3.21Control de materiales para losetas .....	110
Tabla 3.22Control de la fabricación de losetas .....	110
Tabla 3.23 Ensayos requeridos para la fabricación de losetas .....	112
Tabla 3.24 Cantidad de losetas utilizadas.....	115
Tabla 3.25 Ensayos de tracción por flexión efectuados en losetas.....	116
Tabla 3.26 Resumen de ensayos de tracción por flexión .....	116
Tabla 3.27 Ensayos de resistencia a la abrasión.....	118
Tabla 3.28 Porcentaje de losetas retiradas.....	119

#### **CAPITULO IV – MARCO ADMINISTRATIVO**

Tabla 4.1 Modificaciones del proyecto .....	120
Tabla 4.2 Volúmenes de avance de obra .....	123
Tabla 4.3 Volúmenes ejecutados convertidos en porcentajes .....	124
Tabla 4.4 Resumen general del avance físico.....	125
Tabla 4.5 Planillas de avance mensual .....	126
Tabla 4.6 Resumen general del avance financiero .....	127
Tabla 4.7 Organización del personal para enlosetado .....	128
Tabla 4.8 Rendimientos de mano de obra de enlosetado .....	129
Tabla 4.9 Comparación de salarios .....	129
Tabla 4.10 Factibilidad del programa empleo .....	129

## **CAPITULO V – RENDIMIENTOS DE LA MOTONIVELADORA**

Tabla 5.1 Operaciones realizadas de la motoniveladora .....	131
Tabla 5.2 Distancias para conformación de capa sub base.....	134
Tabla 5.3 Distancias para conformación de capa base .....	134
Tabla 5.4 Espesores de las capas estudiadas .....	135
Tabla 5.5 Datos de la motoniveladora .....	135
Tabla 5.6 Ángulos de trabajo recomendados .....	135
Tabla 5.7 Longitudes efectivas de trabajo .....	137
Tabla 5.8 Anchos de traslape.....	138
Tabla 5.9 Factor pendiente 1 .....	139
Tabla 5.10 Factor pendiente 2 .....	139
Tabla 5.11 Factor pendiente para tramos ejecutados en capa sub base .....	139
Tabla 5.12 Factor pendiente para tramos ejecutados en capa base .....	140
Tabla 5.13 Factor eficiencia de trabajo .....	140
Tabla 5.14 Factor eficiencia de trabajo en conformación de capa sub base.....	141
Tabla 5.15 Factor eficiencia de trabajo en conformación de capa base .....	141
Tabla 5.16 Factor de hoja .....	142
Tabla 5.17 Duración total de ciclos para conformación de capa sub base .....	144
Tabla 5.18 Duracion promedio de un ciclo para conformacion de capa sub base.....	144
Tabla 5.19 Número total de pasada necesarias para conformación de capa sub base.....	145
Tabla 5.20 Número de pasada necesarias para conformación de capa sub base .....	146
Tabla 5.21 Resumen del numero de pasadas necesarias (sub base).....	146
Tabla 5.22 Duración total de ciclos para conformación de capa base.....	147
Tabla 5.23 Duración promedio de un ciclo para conformación de capa base .....	147
Tabla 5.24 Número total de pasada necesarias para conformación de capa base .....	148

Tabla 5.25 Número de pasada necesarias para conformación de capa base.....	148
Tabla 5.26 Resumen del número de pasadas necesarias (base).....	149
Tabla 5.27 Aceleración de la motoniveladora para conformación de capa sub base .....	151
Tabla 5.28 Velocidades de la motoniveladora para capa confromacion de capa subbase .....	151
Tabla 5.29 Resumen de las velocidades de avance (Sub base) .....	152
Tabla 5.30 Tiempos de virajes de la motoniveladora en conformación de capa sub base .....	152
Tabla 5.31 Duracion de un ciclo en capa subbase.....	153
Tabla 5.32 Aceleración de la motoniveladora para conformación en capa base.....	153
Tabla 5.33 Velocidades de la motoniveladora para conformación en capa base .....	154
Tabla 5.34 Resumen de las velocidades de avance (Base).....	155
Tabla 5.35 Tiempos de virajes de la motoniveladora en conformación de capa base.....	155
Tabla 5.36 Duración de un ciclo para ejecutar una pasada en conformación de base.....	156
Tabla 5.37 Cálculo de los rendimientos de la motoniveladora para conformación de capa sub base .....	157
Tabla 5.38 Cálculo de los rendimientos de la motoniveladora para conformación de capa base .....	160
Tabla 5.39 Resumen del cálculo de los rendimientos de la motoniveladora para conformación de capa sub base .....	163
Tabla 5.40 Resumen del cálculo de los rendimientos de la motoniveladora para conformación de capa base.....	163
Tabla 5.41 Rendimiento de la motoniveladora para conformación de capa sub base.....	164
Tabla 5.42 Rendimiento de la motoniveladora para conformación de capa base .....	164

# INDICE DE FIGURAS

## CAPITULO I - ASPECTOS GENERALES

Figura 1.1 Ubicación del proyecto .....	5
---	---

## CAPITULO II - DESCRIPCIÓN Y EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Figura 2.1 Organigrama del proyecto.....	12
Figura 2.2 Reubicación de postes de energía eléctrica.....	14
Figura 2.3 Obstrucción de acometidas de agua .....	15
Figura 2.4 Análisis técnico de secciones transversales .....	16
Figura 2.5 Reubicación de acometidas de la red de agua potable .....	17
Figura 2.6 Nube de puntos del diseño geométrico.....	18
Figura 2.7 Formas de replanteo .....	19
Figura 2.8 Materialización de una cota .....	20
Figura 2.9 Nivelación de la plataforma .....	21
Figura 2.10 Paquete estructural .....	22
Figura 2.11 Vista panorámica del banco de explotación.....	23
Figura 2.12 Motoniveladora John Deere 670 G .....	26
Figura 2.13 Camión volquete Sinotruk 16 m <sup>3</sup> .....	26
Figura 2.14 Tipos de movimientos de la hoja topadora .....	27
Figura 2.15 Tractor sobre orugas Bulldozer.....	27
Figura 2.16 Excavadora CAT 320 C .....	28
Figura 2.17 Camión cisterna Scania 2000 L.....	28
Figura 2.18 Cargador frontal Komatsu WA 250 .....	29
Figura 2.19 Retro excavadora CAT 416 F2 .....	30
Figura 2.20 Compactador de rodillo pata de cabra.....	30

Figura 2.21 Compactador de rodillo liso .....	31
Figura 2.22 Estación total Leica TC 407 .....	32
Figura 2.23 Tripode de aluminio Leica GST05L .....	32
Figura 2.24 Estación total GeoMax Zoom 35 Pro.....	33
Figura 2.25 Prisma GPR1 incl. Jalón leica.....	33
Figura 2.26 Nivel de ingeniero GeoMax Zal 124.....	34
Figura 2.27 Tripode de aluminio GeoMax ZTA 100 .....	34
Figura 2.28 Mira taquimétrica de aluminio .....	35
Figura 2.29 Corte con motoniveladora .....	37
Figura 2.30 Acopio de material lateritico .....	38
Figura 2.31 Distribución del material laterítico .....	39
Figura 2.32 Regado del material con camión cisterna.....	39
Figura 2.33 Nivelación de la capa sub base.....	40
Figura 2.34 Distribución de cemento .....	43
Figura 2.35 Mezclado del suelo cemento .....	43
Figura 2.36 Nivelación de la capa base .....	44
Figura 2.37 Compactación de la capa base .....	45
Figura 2.38 Curado de la capa base.....	45
Figura 2.39 Cambio de material para subrasante .....	46
Figura 2.40 Material excedente .....	47
Figura 2.41 Localización de drenaje pluvial – Prog. 0+000.....	49
Figura 2.42 Localización de drenaje pluvial – Prog. 0+240.....	50
Figura 2.43 Localización de drenaje pluvial – Prog. 0+510.....	51
Figura 2.44 Maquinaria pesada para drenajes pluviales.....	56
Figura 2.45 Camión mixer .....	57

Figura 2.46 Pison compactador – Honda GX 100.....	57
Figura 2.47 Excavación para drenaje pluvial .....	58
Figura 2.48 Tendido de tuberías de PVC .....	59
Figura 2.49 Relleno y compactado manual .....	60
Figura 2.50 Colocado de armaduras en obras de arte.....	61
Figura 2.51 Encofrados de obras de arte .....	62
Figura 2.52 Hormigonado de las obras de arte .....	63
Figura 2.53 Vibrado del hormigón en obras de arte .....	64
Figura 2.54 Secciones transversales de obras de confinamiento.....	66
Figura 2.55 Excavación manual .....	68
Figura 2.56 Encofrado de cordón cuneta.....	69
Figura 2.57 Encofrado de cordón cuneta en curva.....	70
Figura 2.58 Materiales para hormigón .....	70
Figura 2.59 Relleno de aceras con material laterítico .....	72
Figura 2.60 Producción de losetas hexagonales .....	74
Figura 2.61 Acopio del material para enlosetado .....	77
Figura 2.62 Compactado horizontal .....	78
Figura 2.63 Compactado vertical .....	78
Figura 2.64 Vaciado de remates .....	79
Figura 2.65 Sellado de juntas .....	80

### **CAPITULO III - CONTROL DE CALIDAD**

Figura 3.1 Análisis granulométrico por tamizado.....	82
Figura 3.2 Uso de suelos vista en secciones transversales .....	83
Figura 3.3 Límite líquido y Límite plástico.....	86
Figura 3.4 Ensayo de proctor modificado .....	88

Figura 3.5 Ensayo de C.B.R. ....	89
Figura 3.6 Ensayo de densidades en campo (Cono de Arena) .....	91
Figura 3.7 Densidades alcanzadas en la capa sub base .....	93
Figura 3.8 Densidades alcanzadas en la capa base.....	95
Figura 3.9 Rotura de cilindros de suelo cemento .....	97
Figura 3.10 Curva de comportamiento del suelo cemento .....	98
Figura 3.11 Resistencias alcanzadas de cilindros (drenaje pluvial) .....	100
Figura 3.12 Resistencias alcanzadas del vonfinamiento izquierdo .....	104
Figura 3.13 Resistencias alcanzadas del vonfinamiento derecho.....	104
Figura 3.14 Ensayos de consistencia del hormigón.....	106
Figura 3.15 Criterios de control para losetas .....	109
Figura 3.16 Cortes efectuados en la loseta .....	114
Figura 3.17 Ensayo de traccion por flexion.....	115
Figura 3.18 Equipos empleados para ensayos de traccion por flexion.....	117

#### **CAPITULO IV – MARCO ADMINISTRATIVO**

Figura 4.1 Cronograma inicial de obra.....	121
Figura 4.2 Cronograma de avance de obra .....	122
Figura 4.3 Personal de enlosetado .....	128

#### **CAPITULO V – RENDIMIENTOS DE LA MOTONIVELADORA**

Figura 5.1 Ángulos de la cuchilla de la motoniveladora .....	136
Figura 5.2 Medición de la longitud efectiva de trabajo .....	136
Figura 5.3 Relación del Ancho de traslape.....	137
Figura 5.4 Corte con cuchilla invertida .....	142
Figura 5.5 Número de franjas necesarias para la conformación de plataforma .....	145

Figura 5.6 Virajes de la motoniveladora para la conformación de plataforma ..... 153

## **INDICE DE ANEXOS**

### **ANEXO A – DOCUMENTACIÓN PARA OPTAR LA MODALIDAD DE TRABAJO DIRIGIDO**

- A.1 Carta de solicitud de trabajo dirigido
- A.2 Carta de aceptación del trabajo dirigido
- A.3 Convenio específico Inter-institucional
- A.4 Resolución de Consejo de Área A.C.yT. 204/2017
- A.5 Carta de designación de supervisor

### **ANEXO B - PLANOS**

- B.1 Plano catastral
- B.2 Plano de diseño geométrico
- B.3 Plano de perfil longitudinal
- B.4 Plano de secciones transversales
- B.5 Plano arquitectónico
- B.6 Plano de drenajes pluviales
- B.7 Plano de obras de confinamiento de H°A°

### **ANEXO C - PLANILLAS DE AVANCE DE OBRA**

- C.1 Conformación de plataforma
- C.2 Drenaje pluvial
- C.3 Obras de confinamiento de H°A°
- C.4 Enlosetado

### **ANEXO D - ENSAYOS DE LABORATORIO**

- D.1 Analisis granulométrico
- D.2 Limites de Atterberg
- D.3 Proctor modificado
- D.4 California Bearing Ratio (C.B.R.)
- D.5 Densidad en campo - Método cono de arena
- D.6 Ensayo suelo cemento

D.7 Resistencia a la compresión de cilindros

D.8 Cono de Abrams

D.9 Método de ensayo de resistencia a la flexión de probetas prismáticas

D.10 Ensayo de Abrasión de los Ángeles

## **ANEXO E - PLANILLAS Y RESPALDOS TÉCNICOS**

E.1 Planillas topograficas

E.2 Planillas de aforo de la motoniveladora

E.3 Especificaciones técnicas de la motoniveladora

## **ANEXO F - INFORMES MENSUALES**

F.1 Junio

F.2 Julio

F.3 Agosto

F.4 Septiembre

F.5 Octubre

# **CAPITULO I**

## **ASPECTOS GENERALES**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

El desarrollo del presente Trabajo Dirigido hace referencia al proyecto: “Enlosetado de Vías Cobija Tramo: Comunidad Abaroa”, ejecutada por la Entidad Pública Fondo de Inversión Productiva y Social - Pando (F.P.S.), con el propósito de mejorar la transitabilidad de la población que habita en esta comunidad y de esta manera impulsar el desarrollo económico de todas y cada una de las comunidades próximas.

En este contexto se dará un enfoque técnico a cada una de las actividades evaluadas y supervisadas durante la construcción y ejecución del proyecto, como ser:

- Movimiento de tierras con equipo pesado
- Construcción de drenaje pluvial
- Construcción de obras de confinamiento
- Enlosetado
- Calculo del rendimiento de la maquinaria Motoniveladora John Deere 670G

Las cuales se desarrollarán en los capítulos siguientes, dando cumplimiento a los objetivos trazados para el debido control y seguimiento del proyecto, aplicando los conocimientos adquiridos en la formación profesional, orientados a aportar y dar soluciones a los problemas que se presenten durante la ejecución de la obra.

Se señalan los criterios alcanzados para llevar a cabo el control de calidad basados en normativas vigentes en diferentes actividades del proyecto, el seguimiento físico y financiero, y el complemento del aporte realizado con el fin de fortalecer el campo de la Ingeniería Civil.

## **1.2 ANTECEDENTES Y GENERALIDADES**

### **1.2.1 Antecedentes del trabajo dirigido.**

Trabajo Dirigido .- Se considera la siguiente definición por Trabajo Dirigido: “A la aplicación de conocimientos adquiridos, orientados a dar solución a problemas de infraestructura civil dentro de una institución, bajo la tuición directa de un tutor de la Carrera de Ingeniería Civil y un profesional supervisor, responsable, que pertenece a una unidad de la institución en el marco de los planes y políticas de instituciones públicas o privadas, previo convenio específico firmado con la Universidad Amazónica de Pando (U.A.P.)”.(Reglamento de modalidad de graduación,2010, p42).

En fecha 03 de Julio del 2017 se consolidan los proyectos dando inicio al "Programa de Infraestructura Urbana para la Generación de Empleo” con el enlosetado de barrios del municipio de Cobija (Pando), por parte de la Entidad pública Fondo Nacional de Inversión Productiva y Social (F.P.S.) – Pando, en la que socializan propuestas para apoyar a estudiantes que hubiesen culminado con la etapa de malla curricular de la carrera de ingeniería civil.

En ese contexto el Ing. Erick Arrazola Iriarte coordinador de la carrera de Ingeniería civil hace referencia de egresados habilitados para optar la materia de Modalidad de graduación II. Mediante nota con fecha 27 de Julio del 2017 dirigida al Ing. Sergio Condori Crispín – Gerente de F.P.S.- Pando, recomienda a mi persona como interesado. Transcurrido un mes aproximadamente se tiene la grata respuesta por contraparte del gerente de F.P.S.- Pando.

El 26 de septiembre se aprueba el perfil de Trabajo dirigido: “Control de Calidad y Seguimiento al proyecto; Enlosetado de vías Cobija tramo: Comunidad Abaroa”. Mediante resolución de consejo de área A.C.yT. N° 204/2017

Por su parte el Ing. Sergio Condori Crispín – Gerente de F.P.S. – Pando, cumpliendo con lo plasmado en el convenio interinstitucional N° 009 firmado el 23 de octubre del 2017 con la Universidad Amazónica de Pando, Designa al Ing. Andrés Mario Justiniano Méndez en calidad de supervisor para orientar a mi persona como postulante 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:

- Carta de solicitud del trabajo dirigido
- Carta de aceptación del trabajo dirigido
- Convenio específico interinstitucional
- Resolución de Consejo de Área A.C.yT. 204/2017
- Carta de designación de supervisor

## **1.2.2 Antecedentes del proyecto.**

### *1.2.2.1 Datos generales de la empresa o entidad pública.*

“El Fondo Nacional de Inversión Productiva y Social, fue creado mediante D.S. N° 25984 del 16 de noviembre de 2000 sobre la estructura y patrimonio del Fondo de Inversión Social (F.I.S.), como una entidad de derecho público, de fomento y sin fines de lucro, descentralizada, con personería jurídica propia, autonomía administrativa técnica y social, con competencia de ámbito nacional, operaciones desconcentradas a nivel departamental y que actualmente se encuentra bajo tuición del Ministerio de Planificación del Desarrollo.

Tiene por objeto administrar los recursos que le fueran provistos por organismos de cooperación Internacional y el Tesoro General de la Nación para el cofinanciamiento de gastos de inversión de proyectos factibles que contribuyan al desarrollo socioeconómico de los municipios, los que, respondiendo a la demanda de la sociedad civil, sean concordantes con las políticas y estrategias nacionales de desarrollo”. (<https://www.fps.gob.bo/quienes-somos/>).

### *1.2.2.2 Datos generales del proyecto.*

De acuerdo a un análisis técnico de ingeniería el proyecto presentó los datos iniciales del proyecto, por medio de una consultoría avalada por el organismo financiero multilateral Fondo financiero para el desarrollo de la Cuenca de la Plata FONPLATA.

Los datos generales del proyecto se presentan en tabla 1.1.

*Tabla 1.1 – Datos generales del proyecto*

<b>PROYECTO:</b>	Enlosetado de vías de vías de Cobija – Tramo: Comunidad Abaroa
<b>EJECUTOR – EMPRESA O ENTIDAD PÚBLICA:</b>	Fondo Nacional de Inversión Productiva y Social (F.P.S.) Gerente Gral. Ing. Sergio Condori Crispín
<b>CONTRATO DE OBRA:</b>	Modalidad de contratación directa
<b>MONTO:</b>	4.048.774.15 [Bs]
<b>PLAZO DE EJECUCIÓN:</b>	180 días
<b>INICIO DE OBRA:</b>	06 de Junio del 2018
<b>FECHA DE ENTREGA:</b>	06 de Diciembre del 2018
<b>LONGITUD:</b>	980.00 m.
<b>ANCHO DE CALZADA:</b>	8.00 m.

*Fuente: Resumen ejecutivo del proyecto: " Enlosetado de vías Cobija – Tramo: Comunidad Abaroa", 2017.*

#### 1.2.2.3 Ubicación del proyecto.

La comunidad Abaroa está ubicada en el sexto distrito de la ciudad de Cobija, a una distancia de 6,01 km, posicionada al suroeste.

Actualmente está contemplada en la mancha urbana, por pertenecer a la zona C de la ciudad de Cobija y contar con una urbanización turística, con alrededor de "295 hab. Hasta el 2012". (I.N.E. – Censo 2012), actualmente cuenta con 150 familias.

La aproximación de la comunidad Abaroa muestra en la figura 1.1 y se describe de la siguiente manera:

- País: ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA
- Departamento: PANDO
- Provincia: NICOLAS SUAREZ
- Municipio: COBIJA
- Barrios: COMUNIDAD ABAROA

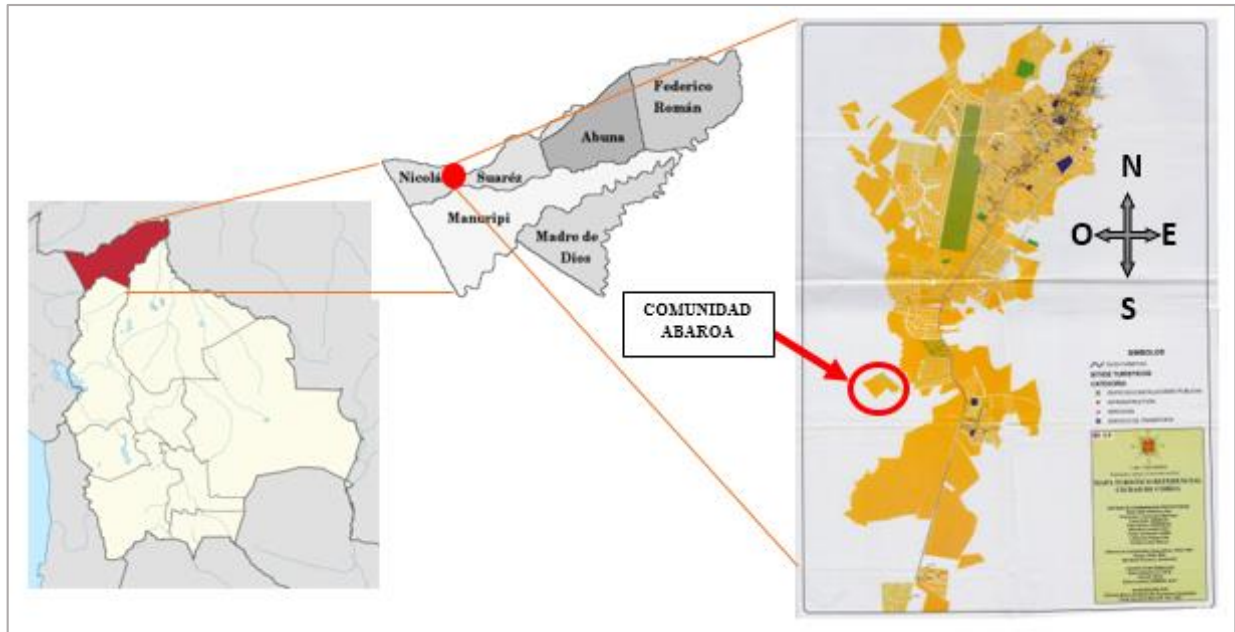


Figura 1.1 Ubicación del proyecto

Fuente: [www.educa.com.bo/geografia-municipios/cobija-ciudad-que-acoge-al-turismo](http://www.educa.com.bo/geografia-municipios/cobija-ciudad-que-acoge-al-turismo)

La ubicación de la comunidad Abaroa mediante coordenadas se presenta en la tabla 1.2, dato determinado mediante uso del programa google earth.

Tabla 1.2 Coordenadas U.T.M. de la comunidad Abaroa

Nombre	UTM		Grados decimales		Grados, minutos y segundos		
	Este	Norte	Banda	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud
Abaroa02FIN	522135	8774748	L	- 11.0838	- 68.7973	11°5'10.654"S	68°47' 50.362" W
Abaroa 02INI	522227	8774867	L	- 11.0827	- 68.7965	11°4'57.778"S	68° 47' 47.332" W
Abaroa FIN	521946	8775088	L	- 11.0807	- 68.7991	11°4'50.589"S	68° 47' 56.6" W
Abaroa INI	522225	8774683	L	- 11.0844	- 68.7965	11°5'30.769"S	68° 47' 47.394" W

Fuente: Elaborado en base a datos topográficos

#### *1.2.2.4 Diagnóstico de la situación actual.*

*Relieve y Topografía.* – De acuerdo al estudio realizado por ZONISIG - 1993 (Zonificación agro ecológica, socioeconómica y perfil ambiental del departamento de Pando), posee un clima cálido ecuatorial y húmedo con una superficie que se extiende en 3 unidades geomorfológicas diferentes, hallándose depósitos recubiertos por extensas formaciones laterítico, areniscas limolíticas y arcillitas que cubren la parte Noreste del departamento. Todas pertenecientes a los llanos, categorizándolo 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.

*Socio económico.* – 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 elevados 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. Una de ellas es la comunidad Abaroa ubicada al suroeste de la ciudad de Cobija, que “albergaba alrededor de 295 hab. de los cuales 143 mujeres y 152 hombres hasta el 2012” (INE – Censo 2012).

La comunidad Abaroa se caracteriza por contar con una vía perteneciente a la red vial departamental Abaroa – Villa Fátima, la cual categoriza a la comunidad como un cruce de población, por la vinculación con comunidades próximas.

El flujo vehicular en la comunidad Abaroa es frecuente al ser una zona de atractivos turísticos, contar con diversos balnearios y equipamientos urbanos como: espacios recreativos, centro de salud y una escuela a los que se frecuenta.

*Técnico.* – La apertura de calles de la comunidad Abaroa posibilitó la ejecución de una malla urbana permitiendo la dotación de servicios básicos como ser: “El proyecto de red de agua potable y la red

de energía eléctrica que contempla toda la retícula”, por su parte, permitió que se determine la línea y nivel de las edificaciones urbanas posibilitando encausar los escurrimientos y drenajes.

Ante el crecimiento poblacional de la comunidad que transita por las vías, que anteriormente el año 2005 se encontraba solamente en su etapa de apertura y compactado de la consolidación de plataforma de todas sus calles, actualmente no se encuentra asfaltada o ripiada. Por lo que se describe algunas de las características de las vías de la comunidad Abaroa: se hallan en terrenos llanos a ondulados, con accesos en desarrollo, son bidireccionales, con geometrías excéntricas variables con efectos de calaminados, cunetas que proliferan la acumulación de agua, socavados y con mantenimientos precarios.

Como precedente al inicio del proyecto se examinó las siguientes variables que se denotan a continuación las mismas son presentadas el detalle (Ver ANEXO B – Plano Catastral, 1 de 7).

- Acometidas de la red de agua potable, en la vía principal: desde Prog. 0+420 hasta 0+794 y la vía nueva: desde Prog 0+000 hasta 0+100, emplazadas sobre las líneas del diseño geométrico del proyecto.
- Postes de alumbrado público y cometidas de la red de energía eléctrica, en la vía principal: desde Prog. 0+220 hasta 0+794 y la vía nueva: desde Prog 0+000 hasta 0+100, del mismo modo emplazados sobre las líneas del proyecto.
- Línea de cercos mal referenciados.
- Partículas en suspensión en el aire, debido al tráfico vehicular existente de las calles principales.
- Lodo en épocas de lluvias sobre tramos críticos que dificultan el acceso a vías con destino a los equipamientos urbanos de la comunidad.
- Estancamiento de aguas al no contar con sistema de drenaje pluvial.
- Falta de señalización vertical y horizontal que restrinja las velocidades cercanas a los equipamientos urbanos como: Centro educativo, centros de salud, áreas de recreación y otros.

Se denotan todas las variables en el emplazamiento del proyecto, a consecuencia de ello se genera un descontento social.

### **1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La falta de mantenimientos en las vías de la comunidad Abaroa, presentan notables deterioros, con una superficie de rodadura de tierra lastrada, deterioros que genera dificultades de transitabilidad, partículas en suspensión (polvareda) en épocas secas, cunetas que proliferan y acumulan agua en épocas de lluvia, y algunos meses del año.

Se concibe la necesidad de la ejecución del proyecto vial a diseño final, “Enlosetado de vías de cobija – tramo: comunidad Abaroa”, en la que se contempla el diseño de pavimento articulado adicionando el diseño de sistema de drenaje.

El proyecto se conformó con la finalidad de garantizar transitabilidad los 365 días del año del flujo vehicular y los habitantes de la comunidad, en el cual se realizó el control de calidad y seguimiento, con el fin de certificar el emplazamiento y vida útil del proyecto.

### **1.4 OBJETIVOS**

#### **1.4.1 Objetivo general.**

Ejecutar actividades de ingeniería contempladas en el proyecto: “Enlosetado de Vías de Cobija Tramo comunidad Abaroa”, aplicando los conocimientos adquiridos y orientados a aportar, planificar y dar soluciones a problemas que se presenten en el ciclo de construcción de las vías urbanas, implementando los rendimientos de la maquinaria motoniveladora; efectuados en las capas requeridas del paquete estructural, para garantizar el emplazamiento y calidad del proyecto.

#### **1.4.2 Objetivos específicos.**

- Realizar seguimiento al control topográfico y diseño geométrico del proyecto.
- Especificar los criterios de control de la calidad de geotecnia y tecnología del hormigón.
- Describir el control de calidad estadístico de la fabricación y producción de las losetas.
- Calcular los rendimientos de la maquinaria motoniveladora en conformación de plataformas, en las capas del paquete estructural que se requiera.
- Realizar un estudio de factibilidad sobre el programa empleo del FPS.
- Realizar planillas y volúmenes de avance de obra e informes periódicos y/o especiales.

## **1.5 JUSTIFICACIÓN**

### **1.5.1 Justificación técnica.**

En la situación con proyecto se cuenta con las calles pavimentadas en las vías principales de la comunidad Abaroa, logrando consolidar la meta propuesta para la culminación del proyecto, logrando que la transitabilidad sea posible los 365 días del año, mediante la implementación de drenaje pluvial, se organizó el tráfico vehicular, se consolidó el crecimiento ordenado de la comunidad y se mitigó los riesgos en materia de salud y seguridad.

### **1.5.2 Justificación socioeconómica.**

El proyecto se realizó con la finalidad de mejorar la calidad de vida de la población, que contribuye a la seguridad ciudadana con una mejor conexión de las vías de la comunidad Abaroa.

A su parte se generó empleos directos e indirectos sin excluir la mano de obra calificada y no calificada, se presentó una convocatoria abierta para los que habitan en la comunidad Abaroa y así impulsar al desarrollo económico, social y productivo de todas familias.

La culminación del proyecto estableció un bien social para incentivar al turismo, al ser una zona estratégica por el relieve que presenta y así se pueda generar nuevos polos de desarrollo. Impulsando a la construcción de espacios recreativos, balnearios y otros.

### **1.5.3 Justificación ambiental.**

El proyecto vial mejoró la transitabilidad de vehículos y de los peatones que hacen el uso diario de las vías. previniendo posibles accidentes en áreas verdes y de recreación, paralelamente se mitigó las partículas en suspensión (polvareda) y la evacuación de aguas estancadas, mejorando el saneamiento ambiental.

## CAPITULO II

### DESCRIPCION Y EJECUCIÓN DEL PROYECTO

#### 2.1 ASPECTOS GENERALES

En fecha 29 de marzo del 2018 el Fondo Nacional de Inversión Productiva y Social F.P.S. lanzó una convocaría de carácter público para la licitación del proyecto: Enlosetado de Vías Cobija – Tramo: Comunidad Abaroa. En la cual se adjudican las dos empresas, aprobadas por el método evaluado más bajo. En cuanto a la forma de adjudicación fue planificada por paquetes como se muestra en la tabla 2.1, cada uno de los paquetes fue destinado con un monto y plazo estipulados en los documentos base de contratación.

*Tabla 2.1 - Planificación del proyecto*

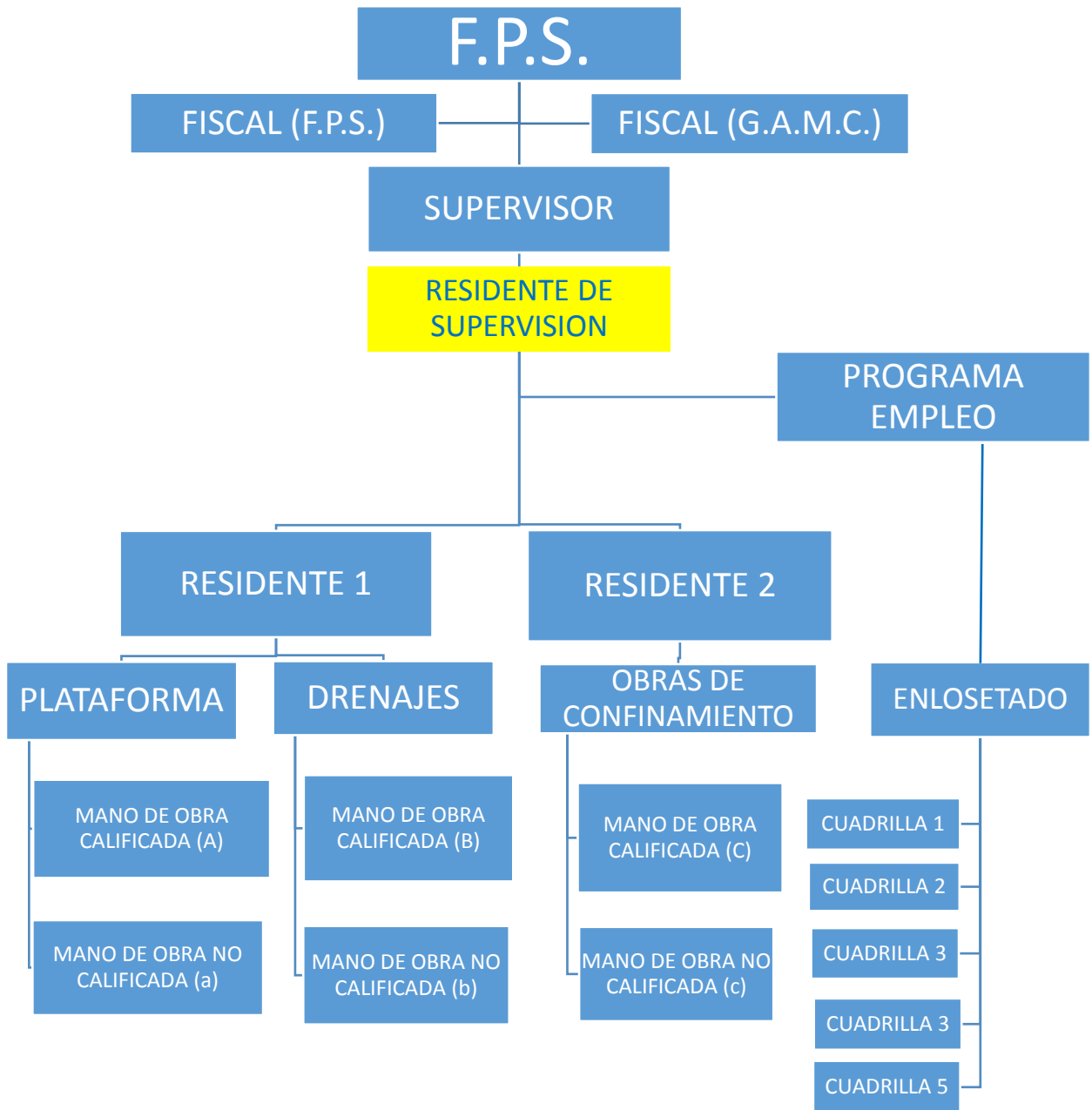
<b>IMPLEMENTACION PROGRAMA DE INFRAESTRUCTURA URBANA PARA LA GENERACION DE EMPLEO</b>					
<b>Empresa</b>	<b>Fecha de inicio</b>	<b>Paquete</b>	<b>Descripción del contrato</b>	<b>Monto</b>	<b>Plazo</b>
Sumuke	08/06/2018	5	- Plataforma	511.999,65	120 (dc)
		26	- Drenaje Pluvial	217.553,73	120 (dc)
Terrazini	03/07/2018	19	- Cordón, Cuneta y Vigas de Confinamiento	584.239,31	120 (dc)
Contratos Directos	21/09/2018	-	- Enlosetado	2.497.671,46	120 (dc)
		12	- Sellado de cemento Asfáltico	237.310,00	

*Fuente: Documentos base de contratación del proyecto " Enlosetado de vías Cobija – Tramo: Comunidad Abaroa", 2017.*

#### 2.1.1 Organigrama del proyecto

El cuerpo profesional, técnico y de apoyo involucrado en la ejecución, control y seguimiento del proyecto: “Enlosetado de vías Cobija –Tramo: Comunidad Abaroa, se organizó mediante la siguiente disposición jerárquica detallado en la figura 2.1 y descrito a continuación:

- *Gerente general (F.P.S.):* Profesional que cumple la principal función de velar la viabilidad del proyecto, evaluando la inversión factible y el desarrollo socioeconómico.
- *Fiscal del F.P.S.:* 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 pública Fondo Nacional de Inversión Productiva y Social.
- *Fiscal del G.A.M.C.:* Profesional con funciones semejantes a la labor de un fiscal de obra paralelamente por parte del Gobierno Autónomo Municipal de Cobija.
- *Supervisor:* Profesional con el objetivo principal de controlar el cumplimiento de calidad, tiempo y costo.
- *Residente de supervisión.:* Mi persona como calidad de estudiante egresado de la carrera de ingeniería civil, responsable del apoyo al cumplimiento de control de calidad y seguimiento de actividades del proyecto, mediante visitas periódicas.
- *Residente 1:* Profesional encargado de dirigir por parte del contratista, la ejecución, conforme a los planos y especificaciones técnicas en el proyecto, de todas las actividades desarrolladas en los paquetes de conformación de plataforma y drenaje pluvial.
- *Residente 2:* Profesional con funciones semejantes a de un residente 1, responsable del cumplimiento de las actividades del paquete de obras de confinamiento de H°A°.
- *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 la conformación de plataforma, comúnmente distinguido como: Capataz.
- *Mano de obra calificada B y C:* Personal calificado para ejecutar las actividades y organizar grupos de trabajo para conformación del drenaje pluvial y las obras de confinamiento. distinguido como: Maestro albañil.
- *Mano de obra no calificada a, b y c:* Personal de apoyo comúnmente distinguido como: Ayudantes.
- *Cuadrillas 1, 2, 3, 4, y 5:* Grupos de trabajo del programa empleo, con la principal función de efectuar las actividades de enlosetado en coordinación con el residente de supervisión. (Una cuadrilla era compuesta por 9 personas, 4 maestros con experiencia en enlosetado y 5 ayudantes).



*Figura 2.1 Organigrama del proyecto*

*Fuente: Elaboración propia*

## **2.2 CONFORMACIÓN DE PLATAFORMA**

### **2.2.1 Estudio topográfico para plataforma.**

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 y en la información complementaria de catastro y puntos de control para la nivelación (B.M.). adquiridos del Instituto Geográfico Militar (I.G.M.).

Se detalla algunos conceptos a emplearse:

- 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 al nivel del mar.
- 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.
- Bases 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.
- 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 un diseño geométrico en una carretera.
- Nivelación. - Llamado también altimetría, consisten en procedimientos que nos permiten obtener directamente elevaciones en diversos puntos referenciados por los puntos base B.M.
- Alarife. - Personal de Apoyo que necesita un topógrafo, para realizar actividades complementarias.

#### *2.2.1.1 Metodología de trabajo topográfico.*

En la metodología empleada se realizó las siguientes disciplinas topográficas:

a) *Visita técnica.* - A mediados del mes de agosto del 2017 se realizó el primer recorrido en la retícula de calles en la comunidad para el reconocimiento del lugar, trabajo realizado en conjunto con la unidad de catastro, con el fin de consolidar el trazado de calles, establecer los ejes de vía y determinar las posibles variables que afectaron el proceso constructivo del proyecto vial. (Ver ANEXO B – Plano catastral, 1 de 7).

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

Postes y acometidas de la red de energía eléctrica. Ubicados entre las progresivas 0+220 hasta 0+794 de la vía principal y progresiva 0+000 hasta 0+182 de la vía nueva

- 8 Acometidas de luz (medidores).
- 16 Postes de alumbrado público.

Dando inicio a la planificación de ordenamiento urbano se envió las respectivas notificaciones a la Empresa Nacional de Electrificación ENDE – COBIJA, para contribuir y realizar un trabajo coordinado, el cual se ejecutó satisfactoriamente, procediendo con las visitas técnicas, con un trabajo coordinado la entidad pública F.P.S. realizó el replanteo de la línea nivel municipal, para que la empresa proceda con la reubicación de los postes comprometidos, como se muestra en la figura 2.2.



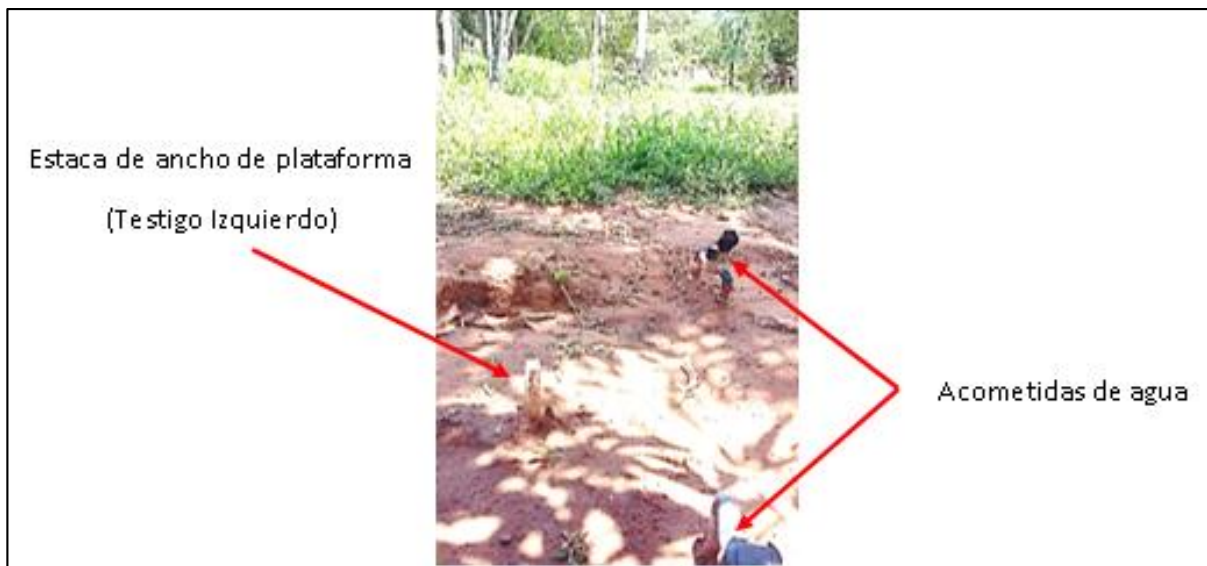
*Figura 2.2 Reubicación de postes de energía eléctrica*

*Fuente: Elaboración propia*

Acometidas de la red de agua potable. Con un avance considerable del proyecto de (33%), en los primeros 400 m del diseño del proyecto, con los siguientes ítems ejecutados:

- Conformación de subrasante (Limpieza y corte) entre las Prog. 0+000 – 0+794.
- Provisión y colocado de capa sub base.

Se contrasta que el diseño geométrico inicial estaba emplazado 2m hacia la derecha, por la que se decide realzar un diagnóstico de la situación, de tal modo las actividades son paralizadas por 12 acometidas de la red de agua potable que obstruyen en diseño y avance del proyecto como se muestra en la figura 2.3, las mismas estaban ubicadas entre las progresivas de la vía principal 0+420 → 0+794.



*Figura 2.3 Obstrucción de acometidas de agua*

*Fuente: Elaboración propia*

El proceso de ajuste del eje del diseño geométrico y reubicación de acometidas se detalla gráficamente en la figura 2.4, presentado en tres etapas los cuales son:

*Sección transversal “A”*. - Inicialmente se pretendía adaptar la sección denotada, en el que se observa el eje desfasado 1m hacia la derecha, afectando a las aceras de los moradores, esta acción se planteó para evitar cualquier actividad comprometida con la red de agua, por la demora que produciría.

*Sección transversal “B”*. - El siguiente análisis de la sección B, se realizó con el fin de respetar la planificación de ordenamiento urbano, evitar futuros inconvenientes catastrales y tomar decisiones respecto a un análisis económico.

Sección transversal "C". – Actualmente se adopta esta sección, con las acometidas ajustadas y reubicadas adecuadamente funcionando con normalidad.

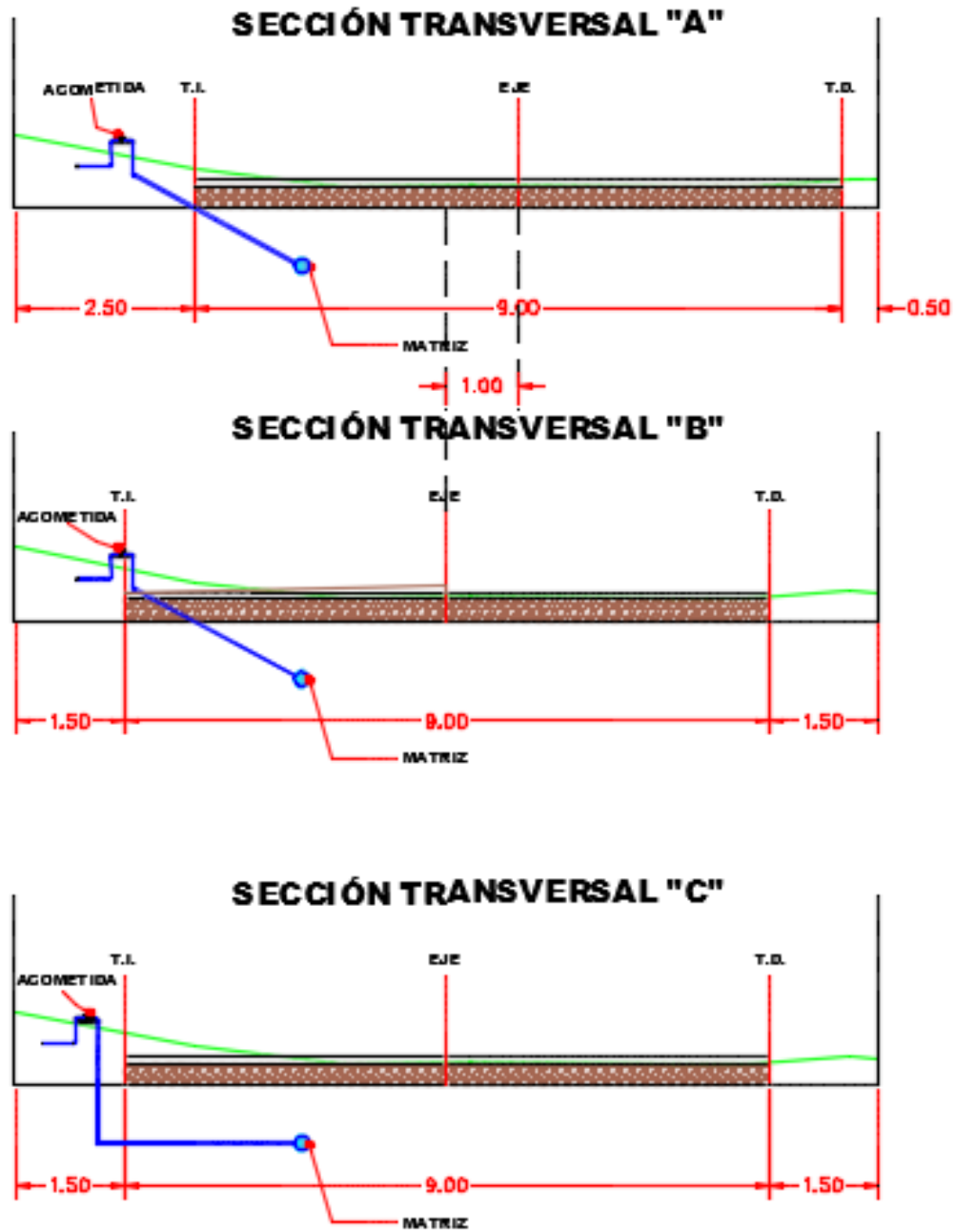


Figura 2.4 Análisis técnico de secciones transversales

Fuente: Elaboración propia

Se realizó la respectiva de notificación a la empresa pública municipal de servicios de agua potable y alcantarillado sanitario EPSA – COBIJA, la cual corresponden favorablemente, realizando actividades necesarias reubicando las acometidas como se muestra en la figura 2.5, haciendo uso de una retroexcavadora y el personal capacitado.



*Figura 2.5 Reubicación de acometidas de la red de agua potable*

*Fuente: Elaboración propia*

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

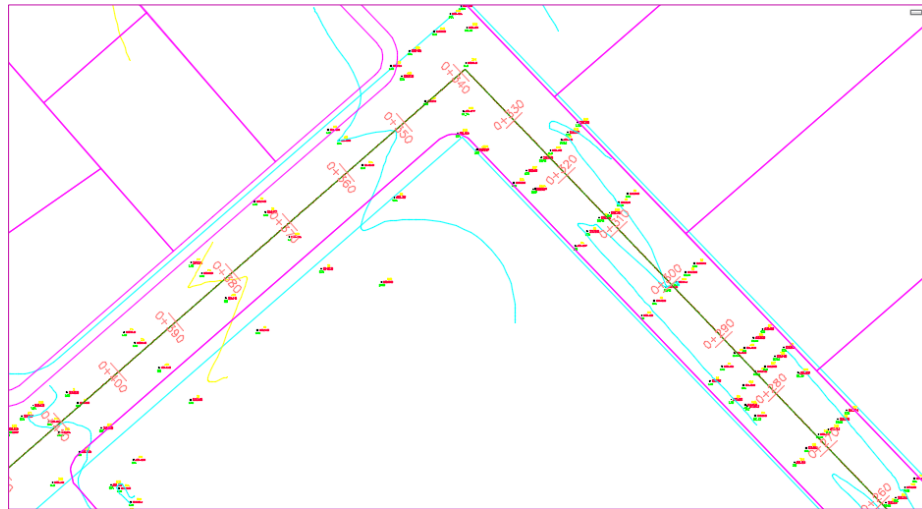
b) *Levantamiento topográfico.* - Las siguientes actividades de toma de datos en campo se basaron en puntos de control Banco de Marca (B.M.) presentados en tabla 2.2, adquiridos del instituto geográfico militar (I.G.M.). de control planimétrico establecidos mediante G.P.S. (Global Positioning System, Sistema de posicionamiento Global) y emplazados en la comunidad Abaroa.

*Tabla 2.2 Bancos de marca de la comunidad Abaroa*

<b>Puntos Banco de Marca principales</b>			
<b>Punto</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
AV1	522034.398	8774871.872	232.362
AV2	521972.884	8774907.446	233.715

*Fuente: Datos del instituto geográfico militar*

La obtención de puntos en el trazado del proyecto se ejecutó con personal calificado, haciendo uso del equipo Estación total – leica TC 407. La técnica empleada consistió en la obtención de datos en secciones a cada 12m transversalmente, y de 12 a 16 m longitudinalmente, en secciones críticas se obtenía datos a cada 2m, según se presenten las condiciones del terreno, se detalla una sección del diseño geométrico del proyecto donde se demuestra los puntos obtenidos en campo, como se muestra en la figura 2.6, de esta forma se generó la base de datos inicial.



*Figura 2.6 Nube de puntos del diseño geométrico*

*Fuente: Diseño geométrico del proyecto: "Enlosetado de vías Cobija – Tramo: Comunidad Abaroa", 2017.*

*c) Trabajo de gabinete.* - Consistió en realizar el diseño geométrico y perfil longitudinal del proyecto (Ver ANEXO B – Planos de Diseño geométrico 2 de 7 y Perfil longitudinal del proyecto 3 de 7), 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 trazar el diseño horizontal en campo, con las planillas topográficas obtenidas del diseño geométrico y perfil longitudinal, se replanteó los ejes, testigos izquierdos y testigos derechos del diseño del proyecto como se muestra en la figura 2.7. En cuanto al equipo utilizado se empleó la Estación total – GeoMax Zoom 35 Pro y el personal calificado.

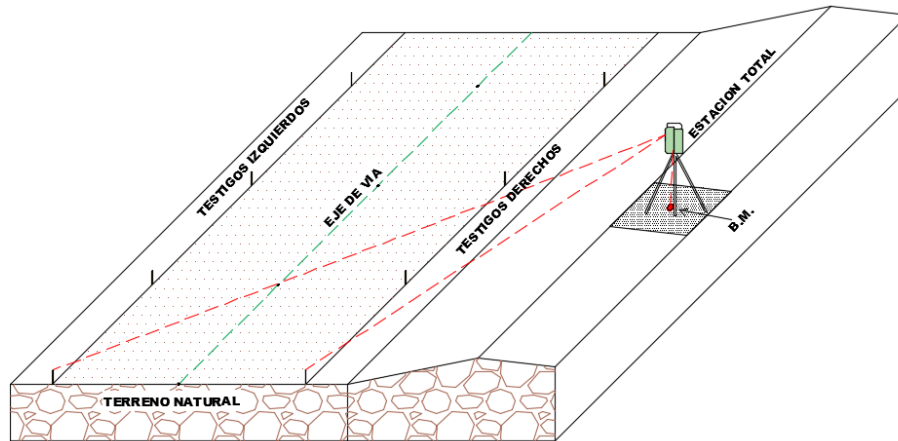


Figura 2.7 Forma de replanteo

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran en fragmentos de puntos para replanteo utilizados en el control de los ejes de vías, testigos derechos e izquierdos detallados en la tabla 2.3. Las planillas completas (Ver en ANEXO E – Planillas topográficas).

Tabla 2.3 Testigos izquierdos y derechos

<b>TESTIGOS IZQUIERDOS</b>				
<b>Punto</b>	<b>X (m)</b>	<b>Y (m)</b>	<b>Cota (m)</b>	<b>Descripción</b>
TD_0+000	8774689.742	522220.965	221.737	DER
TD_0+010	8774696.068	522213.221	221.789	DER
TD_0+020	8774702.395	522205.476	222.511	DER
TD_0+030	8774708.721	522197.732	223.071	DER
.....	.....	.....	.....	.....
<b>TESTIGOS DERECHOS</b>				
<b>Punto</b>	<b>X (m)</b>	<b>Y (m)</b>	<b>Cota (m)</b>	<b>Descripción</b>
TI_0+000	8774681.997	522214.639	221.726	IZQ
TI_0+010	8774688.324	522206.895	222.771	IZQ
TI_0+020	8774694.650	522199.150	222.706	IZQ
TI_0+030	8774700.976	522191.405	223.132	IZQ
.....	.....	.....	.....	.....

Fuente: Planillas topográficas

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 detallados en tabla 2.4, por motivos de visibilidad dificultosa de las vías en retícula.

Tabla 2.4 Puntos auxiliares

Punto	X (m)	Y (m)	Cota (m)	Descripción
A1	522135.843	8774752.833	227.468	AUX
A2	522190.963	8774812.359	225.656	AUX
A3	522223.492	8774850.703	224.816	AUX
A4	522050.029	8774845.500	231.350	AUX
A5	521972.884	8774907.446	233.715	AUX

Fuente: Planillas topográficas

La técnica de nivelación consistió en tomar la lectura media respecto al diseño y nivel de las viviendas, prolongando una constante de desnivel a cada 10m de estaqueado, para condicionar las pendientes longitudinales. Se presenta una referencia de nivelación y el cálculo en figura 2.8.

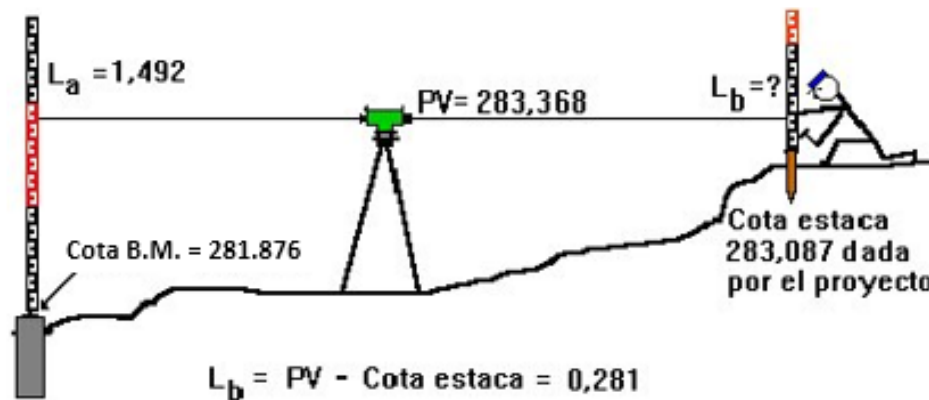


Figura 2.8 Materialización de una cota

Fuente://es.wikipedia.org/wiki/Nivelaci%C3%B3n

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

La verificación de elevaciones se realizó con el equipo nivel de ingeniero, en el estaqueado de ejes y testigos mencionados anteriormente, determinando que el equipo estación total presenta variaciones en las elevaciones, de  $\pm 3\text{cm}$  por varios factores como: Calibración del equipo, clima y baterías.

Se procedió al avance continuo de nivelación en cada 100m de replanteo como se muestra en la figura 2.9, se habilitó la plataforma con sus niveles respectivos. Considerando que las vías son en urbanización, fue dificultoso habilitar tramos > a 100 m, al ser las estacas alteradas por los transeúntes.



Figura 2.9 Nivelación de la plataforma

Fuente: Elaboración propia

El personal encargado de realizar todas las actividades de topografía mencionadas, estaba conformado por un topógrafo, un alarife capacitado y dos ayudantes.

### 2.2.2 Datos técnicos de conformación de plataforma.

La finalidad de este acápite es dar a conocer el proceso constructivo realizado con la maquinaria pesada y equipo requeridos para la ejecución del proyecto.

Los Ítems o actividades realizadas y planilladas se detallan en tabla 2.5.

Tabla 2.5 Ítems de conformación de plataforma

N°	DESCRIPCIÓN DEL ÍTEM	Unid.
	<b>ITEMS INICIALES</b>	
1	Movimiento de tierras (Corte)	M3
2	Prov. y colocado capa sub base (Incl. material laterítico y transporte)	M3
3	Prov. y colocado capa base (suelo cemento)	M3
4	Relleno y compactado (con material de corte)	M3
	<b>ITEMS NUEVOS</b>	
5	Retiro de material excedente o vegetal distancia 2 km	M3

Fuente: Especificaciones técnicas del proyecto: "Enlosetado de vías Cobija – Tramo: Comunidad Abaroa", 2017.

Para el reconocimiento de las vías en la obra, se caracterizó las mismas de la siguiente manera, descritas en tabla 2.6. (Ver ANEXO B – Planos de diseño geométrico 2 de 7 y perfil longitudinal 3 de 7).

*Tabla 2.6 Descripción de vías del proyecto*

<b>Diseño Geométrico</b>			
<b>Vía</b>	<b>Nro. de calles de la retícula</b>	<b>Progresivas</b>	<b>Distancia</b>
Principal	8	0+000 → 0+794	794 m
Adyacente	1	0+000 → 0+128	128 m
Nueva	2	0+000 → 0+186	186 m

*Fuente: Plano de diseño geométrico del proyecto: "Enlosetado de vías Cobija – Tramo: Comunidad Abaroa", 2017.*

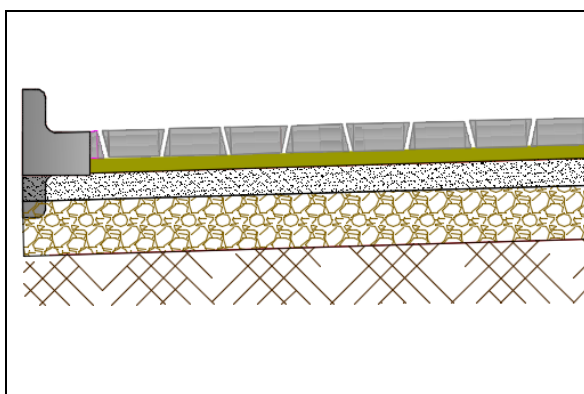
Las características de secciones transversales se detallan en tabla 2.7. (Ver ANEXO B – Plano Arquitectónico 5 de 7).

*Tabla 2.7 Sección transversal tipo*

<b>Detalle</b>	<b>Unidad</b>
Ancho de calzada	8 m
Ancho de Plataforma	9 m
Aceras	2 m
Bombeo	2.5%

*Fuente: Especificaciones técnicas del proyecto: "Enlosetado de vías Cobija – Tramo: Comunidad Abaroa", 2017.*

El paquete estructural se detalla en figura 2.10. (Ver ANEXO B – Plano Arquitectónico 5 de 7).

	<b>Capa</b>	<b>Espesor</b>
	Enlosetado	10 cm
	Cama de Arena	5 cm
	Base – Suelo cemento	10 cm
	Sub base granular	20 cm
	Terreno natural	-

*Figura 2.10 Paquete estructural*

*Fuente: Plano arquitectónico del proyecto: "Enlosetado de vías Cobija – Tramo: Comunidad Abaroa", 2017.*

## 2.2.3 Materiales

### 2.2.3.1 Material laterítico.

La procedencia del material laterítico utilizado consistió en la exploración de bancos de préstamo autorizados, ubicados en localidad nueva esperanza a 16+200 Km. de la ciudad de Cobija y a 10+000 Km. del Proyecto, sobre la carretera de la red vial departamental Cobija – Nueva Esperanza, la descripción grafica se presenta en la figura 2.11.

De antemano el lugar de explotación tenía los precedentes de abastecimiento a otros proyectos viales. Se realizaron operaciones de desbroce, desmonte, limpieza y trabajos de topografía.

*Figura 2.11 Vista panorámica del Banco de explotación*



*Fuente: Elaborado en base a google earth.*

El terreno del banco de explotación presenta un relieve ondulado, de pendientes pronunciadas y canteras con estratos copioso de material laterítico, en sectores con afloramientos notables. De forma se hace la selección del material adecuado para su explotación, cuyo material fue extraído, transportado y depositado para conformar las capas Sub base y Base

Se realizó un control minucioso en el material extraído de raíces, ramas, malezas y no debe contener grava o piedra retenida en un tamiz de 1 pulgada o más del 45% retenido en un tamiz No 4, como lo determina ASTM C 136.

Los ensayos realizados para su respectivo control de calidad. (Ver CAPITULO III – Control de calidad, caracterización de los suelos).

### 2.2.3.2 Cemento Portland.

Las especificaciones técnicas de contrato hacen referencia que debe satisfacer con los últimos requerimientos de las normas ASTM C- 150 para los tipos IP I, II, III, IV, V, se analizó la relación entre normas las mismas se detallan en tabla 2.8.

El cemento utilizado en la capa Base (Suelo cemento), fue el cemento YURA de procedencia peruana - Big Bag de 1.5 Ton, de alta resistencia inicial, es de tipo HE según la norma NTP 334.082 y ASTM C 1157, de última generación, elaborado a base de Clinker de alta calidad, puzolana natural de origen volcánico, de alta reactividad y yeso, cumpliendo con lo requerido con NB – 001.

*Tabla 2.8 Equivalencia entre normas para el cemento*

**EL CEMENTO YURA ALTA RESISTENCIA INICIAL**, cumple con las especificaciones técnicas de los siguientes países:

PAIS	NORMA		DENOMINACIÓN	
Perú	Norma Técnica Peruana	NTP 334.082	CEMENTO PORTLAND	TIPO HE
Chile	Norma Chilena Oficial	NCh 148 Of68	CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO	GRADO ALTA RESISTENCIA
USA	Norma Americana	ASTM C1157	PORTLAND CEMENT	TIPO HE
Bolivia	Norma Boliviana	NB-011	CEMENTO PORTLAND CON PUZOLANA	TIPO IP 40
Ecuador	Norma Técnica Ecuatoriana	NTE INEN 2380	CEMENTO HIDRÁULICO	TIPO HE
Colombia	Norma Técnica Colombiana	NTC 121 - 321	CEMENTO PORTLAND	TIPO 1

Almacenar y consumir de acuerdo a la fecha de producción utilizando el más antiguo. Se recomienda que el cemento sea utilizado antes de 60 días de la fecha de envasado indicada en la bolsa, luego de esa fecha, verifique la calidad del mismo.

Fuente: [www.yura.com.pe/productos/](http://www.yura.com.pe/productos/)

### 2.2.3.3 Agua.

El agua extraída de la microcuenca virtudes a 0+600 m. del proyecto, la cual suministró para la conformación de capas Sub base y Base. Al ser probada por supervisión por notarse limpia y libre de materias cloacales, aceite, ácido, álcalis fuertes o materia vegetal.

## 2.2.4 Maquinaria y equipo.

La selección de equipo pesado requirió de una ordenada organización para la ejecución de los Ítems aprobados para el proyecto vial, de esta forma se pudo observar en dicha organización para su utilización y su aprovechamiento óptimo.

### 2.2.4.1 Maquinaria pesada.

la selección de maquinaria adecuada fue la siguiente:

- Motoniveladora – JOHN DEERE 670G
- Camión volquete – MERCEDES BENZ 14 M3
- Tractor sobre oruga - Bulldozer
- Excavadora – CATERPILLAR 320 C
- Camión volquete – SINOTRUK 16 M3
- Camión volquete – MERCEDES BENZ 12 M3
- Camión cisterna – SCANIA 20000 L.
- Cargador frontal – KOMATSU WA 270
- Retro excavadora – CATERPILLAR 416 F<sub>2</sub>
- Compactador de rodillo pata de cabra – DYNAPAC 12 Ton.
- Compactador de rodillo liso – SAKAI SV520DF 10 Ton.
- Camión Mixer – MERCEDES BENZ 6 M3

a) *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 con 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 al eje longitudinal de la máquina y se inclina perpendicularmente al terreno.

Ensamblada especialmente para efectuar trabajos de corte, mezclado, extendido, nivelado y perfilado de plataformas, terraplenes, taludes y mantenimientos de caminos en general. Como se muestra en la figura 2.12.



*Figura 2.12 Motoniveladora John Deere 670G*

*Fuente: Elaboración propia*

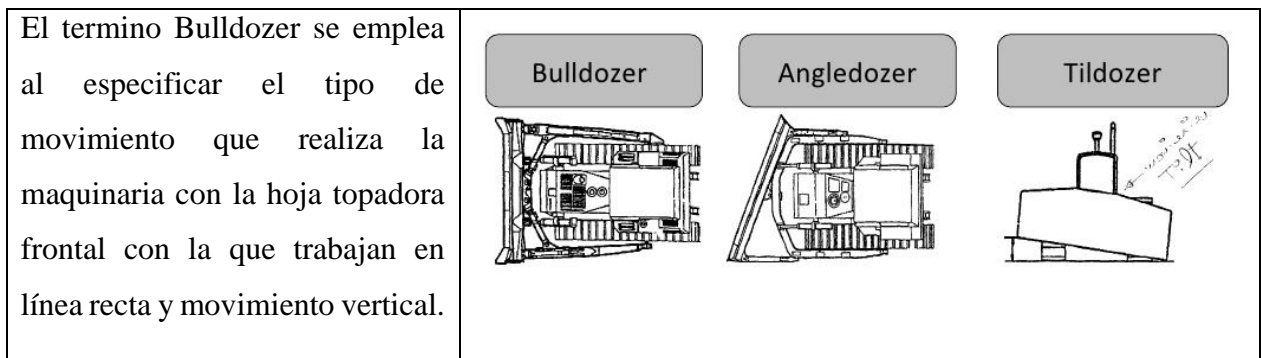
b) *Camión volquete.* - Camiones fabricados en serie de dos o tres ejes provistos de neumáticos, compuestos por un chasis prolongado donde se monta la cabina de control y una tolva basculante de diferentes capacidades, dotada de un sistema hidráulico de elevación formado por uno o dos pistones acondicionados por la toma de fuerza del motor y un eje de transmisión conectada a una bomba hidráulica. Al ser una de las maquinarias más utilizadas en cualquier obra vial, cumplen con la función del traslado del material, conocidos también como volquetas como se muestra en la figura 2.13.



*Figura 2.13 Camión volquete – SINOTRUK 16 M3*

*Fuente: Elaboración propia*

c) *Tractor sobre orugas Bulldozer.* - Maquinaria pesada, característica por transformar la energía del motor en energía de tracción, compuestos 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. Con una hoja de tipo Bulldozer, detallado en figura 2.14.



*Figura 2.14 Tipos de movimientos de la hoja topadora*

*Fuente: es.slideshare.net/tigaes/maquinaria-para-movimiento-de-tierras-2711326*

Maquinaria ensamblada principalmente para realizar cortes como se muestra en la figura 2.15.



*Figura 2.15 Tractor sobre orugas Bulldozer*

*Fuente: Elaboración propia*

e) *Excavadora.* - Maquina 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 el tipo de trabajo que vayan a realizar.

Son maquinaria diseñadas para realizar diversas actividades en cualquier ámbito laboral como: excavaciones en diferentes tipos de suelos, movimientos de tierra, apertura de zanjas, excavación para cimentaciones profundas de estructuras, demoliciones, montajes de tuberías de alcantarillas, etc..., la misma se muestra en la figura 2.16.



*Figura 2.16 Excavadora – CAT 320C*

*Fuente: [www.clasf.co/q/excavadora-cat-320c/](http://www.clasf.co/q/excavadora-cat-320c/)*

e) *Camión cisterna.* - Camión con similares características con las de los camiones volqueta, con la única diferencia que en la parte trasera del chasis va montado un tanque cilíndrico de metal, capacidad de almacenaje de agua de acuerdo a la potencia del motor en este caso es de 2000 L.

Cumple la función de regado de terraplenes, procesado de material, controlando la humedad óptima requerida en obra, de esta forma facilitar el manejo del material y el trabajo de compactación, como se muestra en la figura 2.17.



*Figura 2.17 Camión cisterna – SCANIA 20000 L.*

*Fuente: Elaboración propia*

f) *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.

Las operaciones realizadas por el cargador frontal se complementan en un trabajo conjunto con el camión volquete como se muestra en la figura 2.18.



*Figura 2.18 Cargador frontal – KOMATSU WA 250*

*Fuente: Elaboración propia*

g) *Retro excavadora*. - Máquina especializada para realizar excavaciones, cuenta con 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 sujeta por dos brazos hidráulicos, y en la parte trasera por una pluma con una cuchara que varían en forma y capacidad según requiera el trabajo a conformarse.

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. Las operaciones realizadas de la retroexcavadora empleada se muestran en la figura 2.19.



*Figura 2.19 Retro excavadora – CAT 416F2*

*Fuente: Elaboración propia*

*h) Compactador de 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 piones cuya superficie son de sección prismática, con un alto de 20 a 25 cm. Estos cilindros están montados en un bastidor de 12 Ton. que se acopla al tractor para su remolque. La maquinaria tiene como función principal alcanzar la densidad óptima de compactación de la plataforma, como se muestra en la figura 2.20.



*Figura 2.20 Compactador de rodillo de pata de cabra*

*Fuente: Elaboración propia*

*h) Compactador de rodillo liso.* - Con similares características al rodillo pata de cabras, cuenta con el mismo funcionamiento de vibración, remolque y distribución del centro de gravedad en la superficie de contacto del cilindro de 10 Ton. con la diferencia de la forma de la forma lisa del cilindro igualmente hueco. Se caracteriza por su funcionamiento para realizar acabados. (finos). Se detalla la funcionalidad de la maquina en la figura 2.21.



*Figura 2.21 Compactador de rodillo liso*

*Fuente: Elaboración propia*

#### *2.2.4.2 Equipo topográfico.*

El equipo topográfico empleado en obra se clasifica en:

*1) Primarios:* Consiste en aparatos, estandarizados y normados descritos a continuación:

- Estación total Leica TC 407 (Ver figura 2.22).
- Trípode de aluminio Leica GST05L (Ver figura 2.23).
- Estación total – GeoMax Zoom 35 Pro (Ver figura 2.24).
- Prisma GPR1 incl. Jalón leica (Ver figura 2.25).
- Nivel de Ingeniero – Geo Max Zal 124 (Ver figura 2.26).
- Trípode de aluminio – Geo Max ZTA 100 (Ver figura 2.27).
- Mira taquimétrica de aluminio (Ver figura 2.28).



- Pantalla grafica 160 x 280 pixeles
- Campo visual 10°30' (26m a 1000 m)
- Distancia mínima de enfoque 1.7m
- Alcance de medición con prisma circular  
GPR1 < 3500 m
- Tiempo para medición de un punto con prisma  
2,4 s/ 0,8 s/ < 0,15 s
- Almacenamiento 12.500 mediciones
- Condiciones ambientales en temperatura  
20°C a 50° C
- Humedad: 95% sin consideración
- Peso: 5,2 Kg con baterías incorporadas
- Periodo de funcionamiento en Campo 6 horas.

*Figura 2.22 Estación total – Leica TC 407*

*Fuente: [http://www.ibercarto.com/images/estacionestotales/tps400\\_catalogo\\_es.pdf](http://www.ibercarto.com/images/estacionestotales/tps400_catalogo_es.pdf)*



- Material: Aluminio
- Funcionamiento telescópico.
- Correa incorporada para fácil manejo
- Longitud plegado 107 cm
- Longitud telescópica 176 cm
- Peso: 4.6 kg

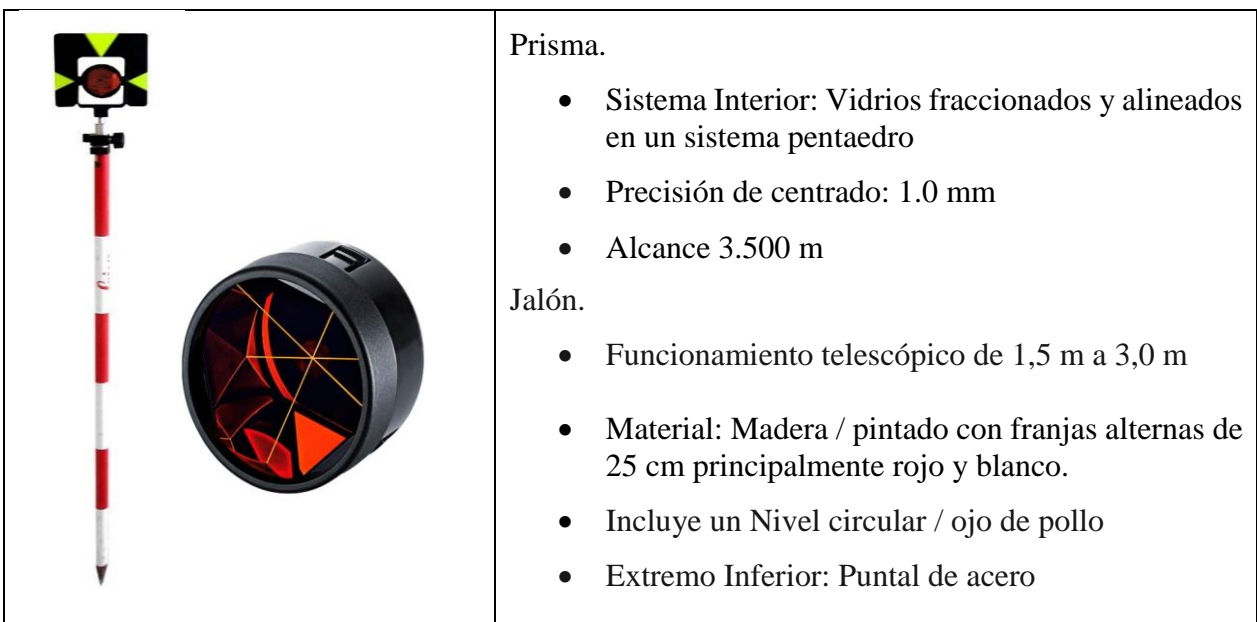
*Figura 2.23 Trípode de aluminio – Leica GST05L*

*Fuente: [//grupoacre.es/catalogo-productos/tripode-de-aluminio-gst05l/](http://grupoacre.es/catalogo-productos/tripode-de-aluminio-gst05l/)*



*Figura 2.24 Estación total – GeoMax Zoom 35 Pro*

*Fuente: [www.protolab.com.mx/avances/topografia/geomax%20zoom%2035%20a10%202.html](http://www.protolab.com.mx/avances/topografia/geomax%20zoom%2035%20a10%202.html)*



*Figura 2.25 Prisma GPR1 incl. Jalón leica*

*Fuente: [//grupoacre.es/catalogo-productos/prisma-circular-gpr1/](http://grupoacre.es/catalogo-productos/prisma-circular-gpr1/)*



*Figura 2.26 Nivel de Ingeniero – Geo Max Zal 124*

*Fuente: //geodesical.com/tiendas/espana/niveles-opticos-topografia/50599-nivel-optico-geomax-zal124.html*



*Figura 2.27 Trípode de aluminio – Geo Max ZTA 100*

*Fuente: //www.servitopo.es/es/p/Tripode-de-aluminio-Geomax-ZTA100/693/*

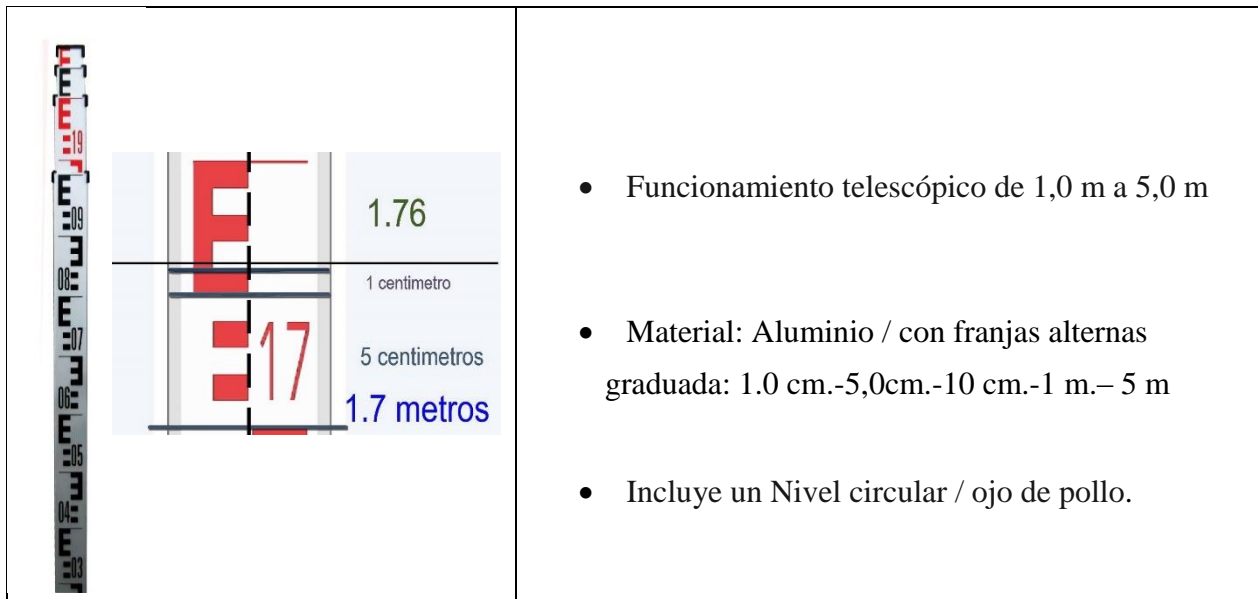


Figura 2.28 Mira taquimétrica de aluminio

Fuente: [//geotop.com.pe/producto/accesorios/miras-topograficas/miras-pentax/aluminio-5m-pentax/](http://geotop.com.pe/producto/accesorios/miras-topograficas/miras-pentax/aluminio-5m-pentax/)

2) *Secundarios*: Consiste en herramientas menores y complementarias

- Cintas métricas de 50 y 100 m
- Combos
- Pintura acrílica blanca y roja
- Clavos de calamina
- Flexómetro
- Radio Comunicador Mh230 Urtalkabout Walk Talk Motorola
- Estacas de madera de 8, 20, 30, y 50 cm

### 2.2.5 Proceso constructivo.

#### 2.2.5.1 Ítem 1 – Movimiento de tierras (corte)

Las actividades realizadas por la empresa Sumuke dan inicio el 08 de junio del 2018, con inspecciones técnicas por parte de: Fiscalización, supervisión y residente. Con las primeras órdenes y recomendaciones realizadas por el supervisor se procede a la ejecución realizando: Limpieza y desbroce en el área de trabajo estipulado en los planos, inicialmente no se necesitó topografía para esta actividad, ya que el material extraído sobre la rasante natural es contaminado, al ser cortada con material vegetal principalmente.

Ejecutada la actividad en todas las vías contempladas en el proyecto, se mostró el enfoque de cómo se procedería la ejecución del proyecto. Se realizan las actividades de replanteo del diseño inicial donde se verifica que el trazado está emplazado en los terrenos privados, sobre postes de energía eléctrica y acometidas de la red de agua, distinguiéndose como las variables mencionadas en (2.2.1.2 Metodología de trabajo topográfico), las cuales son desfavorables al no ser referenciados con la línea municipal de catastro. Conlleva a realizar un nuevo diseño geométrico y perfil longitudinal de todo el proyecto, el cual denotaría tiempo.

Considerando que la programación técnica para la incorporación del equipo pesado a la obra, ya estaba organizada respecto a cronograma de avance. Se pronostica posibles retrasos y se procede a ejecutar el corte sin topografía, basándose en elevaciones medias entre dos puntos BM principales respecto a los niveles de las edificaciones.

Realizando la taquimetría correspondiente se verifico la línea de la red de agua potable, por medio de calicatas de control se determinan las cotas verticales de acometidas y matrices, para evitar su posible deterioro y continuar con las actividades. Los datos obtenidos se presentan en tabla 2.9.

*Tabla 2.9 Taquimetría de la red de agua respecto a la rasante*

<b>Descripción</b>	<b>Elevación</b>
Línea de red antigua - matrices	15 a 20 cm
Línea de red nueva - nueva	70 a 90 cm
Línea de Acometidas	40 a 50 cm

*Fuente: Elaboración propia*

Se procede al corte con la maquinaria motoniveladora con el respectivo perfilado de la subrasante en todo el trazado del proyecto entre las progresivas 0+000 → 0+794 como se muestra en la figura 2.29, retirando el material excedente rechazado por supervisión al verificar el estado contaminado con material vegetal, traslado y acopio se realizó con tres volquetas y una retroexcavadora. El sitio destinado para su depósito se estableció dentro de los límites de distancia consensuada.

Analizando la factibilidad del Ítem se realizó un nuevo levantamiento topográfico para controlar la cantidad de material de corte extraído, de esta forma se realizó el nuevo diseño geométrico y perfiles longitudinales del proyecto.



*Figura 2.29 Corte con motoniveladora*

*Fuente: Elaboración propia*

#### *2.2.5.2 Ítem 2 – Provisión y colocado de capa sub base.*

Dando continuidad con el avance del proyecto se realizó el replanteo del diseño geométrico II elaborado paralelamente en la etapa de limpieza y corte. Con algunas variaciones y modificaciones en campo se logra replantear los primeros 200 m. seccionados y estaqueados en secciones a cada 10 m longitudinalmente. entre testigos izquierdos, derechos y ejes.

En la etapa de nivelación se expone una plataforma de subrasante con variaciones y desniveles por sectores, considerada como plataforma no uniforme. La solución más próxima fue alcanzar los niveles de la sub base con material laterítico, tomando en cuenta que; al realizar esta operación el volumen de material cortado se reemplazaría por un material seleccionado, por tanto, hubo un incremento de material destinado las progresivas 0+000 → 0+200, alcanzando aproximadamente los 35 cm de capa sub base.

La provisión del material laterítico extraído de tipo A4 (Ver CAPITULO III – Caracterización de suelos) era acopiado anticipadamente a la programación de conformación de plataforma, en la tabla 2.10 se muestra un criterio de cálculo y acopio del material requerido.

*Tabla 2.10 Calculo de material lateritico para capa sub base*

<b>Volumen y acopio de material lateritico p/capa sub base</b>		
Largo	100 m	
Ancho	9 m	
Espesor de capa	0.20 m	
Volumen de material	100 m x 9 m x 0.20 m	180 m <sup>3</sup>
Esponjamiento + 30%	180 m <sup>3</sup> x 1.3	234 m <sup>3</sup>
Volumen de material requerido	234 m <sup>3</sup>	
Viajes de volquetas	234 m <sup>3</sup> / 14 m <sup>3</sup>	16.71
Cantidad de volquetas de 14 m <sup>3</sup>	17	
Distribución sobre plataforma	100 m / 17	5.88
Separación entre camellones	6 m con ± 20 cm	

*Fuente: Elaboración propia*

La forma de acopio del material lateritico mediante camellones se muestra en la figura 2.30.



*Figura 2.30 Acopio del material lateritico*

*Fuente: Elaboración propia*

Se procedió con la distribución uniforme del material lateritico acopiado con la maquinaria motoniveladora, en esta operación se requirió de 2 a 3 obreros encargados de extraer raíces, ramas, malezas o material plástico localizado, como se muestra en la figura 2.31. La distribución consistió en homogenizar los granos, extrayendo bolones de piedra laterita retenida como lo determina ASTM C 136.



*Figura 2.31 Distribución del material laterítico*

*Fuente: Elaboración propia*

Con el material puro, excepto de sustancias orgánicas y/o residuales, se realizó el procesado del material que consistió en realizar el regado uniforme de agua al material laterítico, hasta alcanzar la humedad óptima, el regado se realizó mediante ciclos controlando la humedad óptima con el palpado del material saturado.

La maquinaria motoniveladora realizó el mesclado del material laterítico con agua, alternando operaciones con el camión cisterna por ciclos, como se muestra en la figura 2.32.

Se requirió de un camión cisterna de capacidad 20000 L. y una cantidad estimada de 25000 L. el cual abasteció en la conformación de plataforma programada, en casos extremos al presentarse fallas en el camión cisterna se hizo uso de dos Camiones Mixer de capacidad 6000 L. Los cuales contaban con bombas adaptadas hacían el regado, alternando sus operaciones de regado y suministro, el punto de succión de agua distaba a 600 m de la obra.



*Figura 2.32 Regado del material con camión cisterna*

*Fuente: Elaboración propia*

Se realizó la nivelación del material procesado con la maquinaria motoniveladora, que consiste en distribuir la mezcla con humedad homogénea del material procesado, hasta llegar al nivel de las estacas emplazadas por la unidad de topografía a cargo, como se muestra en la figura 2.33.



*Figura 2.33 Nivelación de la capa sub base*

*Fuente: Elaboración propia*

Alcanzado los valores de humedad en el suelo, la mezcla fue compactada totalmente, haciendo uso del compactador pata de cabra, de tal manera que el material este estructurado y logre alcanzar los valores máximos de densidad del suelo. Finalmente debido a la acción del rodillo pata de cabra la superficie de la plataforma se encuentra ondulada, la motoniveladora procede corrigiendo con el perfilado o acabado fino para mejorar las condiciones de la capa sub base.

Las variables que perjudicaron retrasando la ejecución de la conformación de capa sub base, se presentó las ordenes por medio de supervisión, las cuales fueron:

- Ajuste de eje del proyecto entre las progresivas 0+420 → 0+794
- Suspensión de actividades en la vía adyacente

En el primer caso: Se contaba con 80% del colocado de la capa sub base, en la que se observó y se analizó el desplazamiento sobre las actividades ejecutadas sobre la vía principal.

Después de realizar un diagnóstico de la situación, se logró reubicar las acometidas, dando lugar a la corrección y el ajuste de eje de la capa sub base corrigiendo lo observado. Se ensancho la plataforma 2 m hacia la izquierda, conformada con un ancho promedio de 10m. el detalle se presentó en la Figura 2.4 Análisis técnico de secciones transversales, pág. 16.

El segundo caso: por orden de cambio planteado se cancela la vía adyacente, al no contar con toda la documentación correspondiente, la misma contaba con la capa de subbase conformada.

La vía nueva es contemplada en el proyecto y sustituyendo a la vía adyacente, que está situada en el contorno de la plaza con una longitud de 186 m. en la que se procedió a la ejecución de corte y colocado de capa sub base, hasta su conformación final.

### 2.2.5.3 Ítem 3 – Provisión y colocado de capa base.

Este ítem consistió en la construcción de una capa base mezclando de manera homogénea el material laterítico, cemento portland y agua.

Se requirió de una estricta organización y control, verificando la estabilidad de las máquinas y el personal necesario para la conformación de la capa base – suelo cemento.

El gabinete de topografía realizó el replanteo y nivelación, en base a la programación realizada: en cada 100 m con estaqueados por secciones a cada 10 m, en los testigos izquierdos y derechos.

Se realizó el acopio de material laterítico para conformación de la capa base, extrayendo y transportando el material del banco Nueva esperanza ubicado a 10 km del proyecto. Adecuando el cálculo establecido en tabla 2.11.

*Tabla 2.11 Cálculo de material laterítico para capa base*

<b>Volumen y acopio de material laterítico p/capa base</b>		
Largo	100 m	
Ancho	9 m	
Espesor de capa	0.10 m	
Volumen de material	100 m x 9 m x 0.10 m	90 m <sup>3</sup>
Esponjamiento + 30%	90 m <sup>3</sup> x 1.3	117 m <sup>3</sup>
Volumen de material requerido	117 m <sup>3</sup>	
Viajes de volquetas	117 m <sup>3</sup> / 14 m <sup>3</sup>	8.35
Cantidad de volquetas de 14 m <sup>3</sup>	8	
Distribución sobre plataforma	100 m / 8	12.5
Separación entre camellones	12m con ± 50 cm	

*Fuente: Elaboración propia*

Las cantidades de cemento se establecen mediante ensayos de laboratorio, obteniendo los porcentajes de cemento para el mezclado, se requerían porcentajes entre 6% y 7%, (Ver Tabla 3.11 Resumen de ensayos de resistencia a la compresión de suelo cemento) por supervisión y sosteniendo que era factible para el material laterítico utilizado de tipo A4. Asimismo, cumple con las especificaciones técnicas establecidas.

De esta forma se calculó las cantidades de cemento requerido en obra, detallado en la tabla 2.12.

*Tabla 2.12 Cálculo de cantidad de cemento requerido en obra*

<b>Cálculo de cantidades de cemento para suelo cemento</b>		
Largo	100 m	
Ancho	9 m	
Espesor de capa	0.10 m	
Volumen de material	100 m x 9 m x 0.10 m	90 m <sup>3</sup>
Esponjamiento + 30%	90 m <sup>3</sup> x 1.3	117 m <sup>3</sup>
Volumen de material laterítico	117 m <sup>3</sup>	
Densidad máxima seca	1.941 Kg/m <sup>3</sup>	
Material laterítico en peso	117 m <sup>3</sup> x 1.941 kg/m <sup>3</sup>	227.097 kg
Porcentaje de cemento (6%)	227.097 kg x 0.06	13.625,82 kg
Cantidad de cemento requerido	13.625,82 Kg	
Bolsas de cemento usadas Big Bag	1.5 Ton	1.500 Kg
Cantidad de bolsas	13.625,82 Kg / 1.500 Kg	9.08
Bolsas requeridas de 1.5 Ton	9 bolsas	
Distribución de bolsas	100 m / 9	11,11
Separación entre bolsas	11m con ± 11 cm	

*Fuente: Elaboración propia*

Con los niveles establecidos de la capa sub base se procede a la distribución mediante el acoronado de los camellones acopiados de material laterítico, extrayendo cualquier material vegetal o plástico y los bolones de piedra laterita retenida, como lo determina ASTM C 136. Para realizar la distribución homogénea de cemento sobre el material laterítico acoronado.

Se realizó la distribución de bolsas de cemento Big Bag de 1.5 T. con separaciones de 11 a 12 m, sobre el material laterítico acoronado, haciendo uso de la maquinaria retroexcavadora incluyendo a dos obreros que apoyaban sujetando las bolsas y otro cortando las mismas y un camión volquete, esta forma de distribución permitió disminuir su desplazamiento fuera del área de trabajo en el proceso de mezclado, como se muestra en figura 2.34.



*Figura 2.34 Distribución de cemento*

*Fuente: Elaboración propia*

El método de mezclado aplicado fue el mezclado en seco, con la maquinaria motoniveladora realizando diferentes operaciones como: escarificado, pulverizado, batido por ciclos hasta obtener el mezclado homogéneo, como se muestra en la figura 2.35.



*Figura 2.35 Mezclado del suelo cemento*

*Fuente: Elaboración propia*

Siguiendo con la conformación de la capa base se realizó el procesado incorporando agua en la mezcla, operación realizada con el camión cisterna de 24000 L. de capacidad con un sistema de irrigación preciso, este procedimiento se controló de tal manera que se evitara excesivas concentraciones de agua. Se requirió una cantidad estimada de 24000 L. por cada 100 m de conformación de plataforma.

El procesado fue realizado con operaciones alternas entre la motoniveladora y el camión cisterna. realizando el segundo mezclado con humedad incorporada, hasta alcanzar la humedad optima del material, que de igual forma controlado mediante el palpado de una muestra obtenida.

Al obtener la pasta procesada se procede a la distribución y nivelación, controlando las estacas con el personal necesario, como se ilustra en la figura 2.36.



*Figura 2.36 Nivelación de la capa base*

*Fuente: Elaboración propia*

Posteriormente se ejecutó el compactado, que se realizó una vez alcanzado los valores óptimos de humedad en el suelo cemento. Conformado con el compactador de rodillo liso, hasta alcanzar los valores máximos de densidad en el suelo cemento, como se muestra en la figura 2.37.

No se recomienda el uso de compactador de rodillo pata de cabra por el acabado fino requerido.



*Figura 2.37 Compactación de la capa base*

*Fuente: Elaboración propia*

Después de la compactación la superficie del suelo-cemento se perfiló la plataforma con la maquinaria motoniveladora, para conseguir el nivel la gradiente y la sección transversal, en casos necesarios y durante las operaciones del perfilado, la superficie de la base fue ligeramente escarificada en los defectos controlados.

Finalmente se realizó el respectivo curado de la capa base, que consistió en realizar el rociado controlado en la plataforma conformada. Fortaleciendo el suelo cemento y dando lugar a que aumente su resistencia, distinguidamente el suelo cemento se comporta de manera similar al hormigón, por compartir algunas características, el proceso realizado se muestra en la figura 2.38.



*Figura 2.38 Curado de la capa base*

*Fuente: Elaboración propia*

Al ser conformada la plataforma con el paquete estructural establecido se analizan las únicas variables que se involucran en el proceso constructivo, que son: Las condiciones del tiempo, en la que se tomó medidas rápidas en caso se presentase una precipitación, la conducción de aguas parciales, desembocadas por las viviendas o cunetas evitando que ingresen indebidamente al terraplén.

El control más crítico para que el suelo cemento alcance ensayos tolerables, consistió en que, al realizar las dos últimas operaciones de procesado y nivelación, se regían a ser culminadas en periodos no mayor a 3 horas, por las reacciones químicas y físicas del cemento como, por ejemplo: una de ellas el fraguado.

#### *2.2.5.4 Ítem 4 – Relleno y compactado con material de corte*

Debido a la mala calidad del suelo, verificadas mediante ensayos de laboratorio (Ver ANEXO D Ensayos de Laboratorio), entre las progresivas 0+045 – 0+424 de la vía principal, se procedió a realizar el cambio de material procedente de los cortes realizados en la vía adyacente (Prog. 0+000 – 0+128) del proyecto.

La plataforma en esta sección del proyecto anteriormente contenía un material arenoso deleznable, no obstante, cunetas en ambos extremos con profundidades de  $30 \pm 5$  cm, y condiciones desfavorables. Se ejecuta el respectivo corte con la maquinaria motoniveladora hasta llegar a los niveles de un material considerable y estable.

Continuamente se realizó la conformación de subrasante con el cambio de material y compactado, como se muestra en la figura 2.39.



*Fig. 2.39 Cambio de material para subrasante*

*Fuente: Elaboración propia*

### 2.2.5.5 Ítem 5 – Retiro de material excedente o vegetal Distancia. 2 Km

El presente ítem consistió en el balance justo para con la empresa a cargo de plataforma, se creó y se aprobó el ítem mediante un contrato modificatorio se realizó el análisis técnico y el balance económico ajustado.

En el ajuste del eje desfasado entre las progresivas 0+420 → 0+794 de la vía principal y 0+000 → 0+100 de la vía nueva, se ejecutaron cortes no contemplados, incrementando los presupuestos de contrato estipulados.

Realizando el seguimiento respectivo, se extrajeron 1334 m<sup>3</sup> de material de corte contaminado y mezclado con el material vegetal, actividad ilustrada en figura 2.40.



*Figura 2.40 Material excedente*

*Fuente: Elaboración propia*

## **2.3 DRENAJES PLUVIALES**

La empresa Sumuke inició sus actividades el 8 de junio analizando las posibles variables a localizarse en el proceso y ejecución de los drenajes pluviales.

Al inicio del desarrollo del proyecto se alteraron los cursos de agua o cauces naturales de la comunidad. En particular, se diseñó un sistema drenaje que se adecue a las precipitaciones y escorrentías concurrentes, conservando la hidrografía natural para mejorar nuevas condiciones, analizando de forma directa la capacidad de desagüe de todos los encauces, de esta forma se permita evaluar la funcionalidad de los drenajes y por consiguiente que no se propicie proliferación o estancamientos de agua.

### **2.3.1 Estudio topográfico para drenajes.**

La comunidad Abaroa presenta un relieve moderado entre llano a ondulado, con pendientes longitudinales que varían entre 3 y 7%, terreno caracterizado por ostentar con planicies en áreas específicas, con referencias de contar con cunetas que proliferan y acumulan agua en épocas de lluvia.

Dando inicio a las actividades de drenajes pluviales se ajustó la siguiente metodología de trabajo:

Los trabajos iniciales se basaron en los datos de campo obtenidos y en la información complementaria de catastro y puntos de control para la nivelación (B.M.). adquiridos del Instituto Geográfico Militar (I.G.M.).

Se realizó el recorrido de todo el trazado del proyecto, obteniendo datos, ubicando los encauces, cunetas y puntos críticos de flujo de precipitación. El trabajo consistió en la obtención de puntos georreferenciados en campo con el equipo estación total leica, sobre la superficie asignada para el proyecto, se consideró las áreas críticas con variaciones del terreno en las que se tomó puntos continuos.

El diseño de sistema de drenaje se realizó mediante el programa Civil 3d, estableciendo las estructuras de captación, conducción y descarga, por medio de un enfoque hidrológico se realizó los siguientes hidrográficos de estados de análisis.

### 2.3.1.1 Mapa hidrográfico del estado de análisis 1.-

De antemano se contaba con un canal circular de hormigón para la evacuación directa ubicada transversalmente sobre la vía perpendicular, la cual se colmaba de sólidos y no funcionaba adecuadamente causando rebalses que erosionaban la intersección.

En el análisis técnico de hidrología se ubicó una de las intersecciones crítica con áreas próximas a la progresiva 0+000, por ser la una superficie con las cotas más bajas del diseño del proyecto mostrado en la figura 2.49. Se analizó y estimo la magnitud de precipitaciones transportadas sobre la superficie y se acondiciono el sistema de aducción de las precipitaciones.

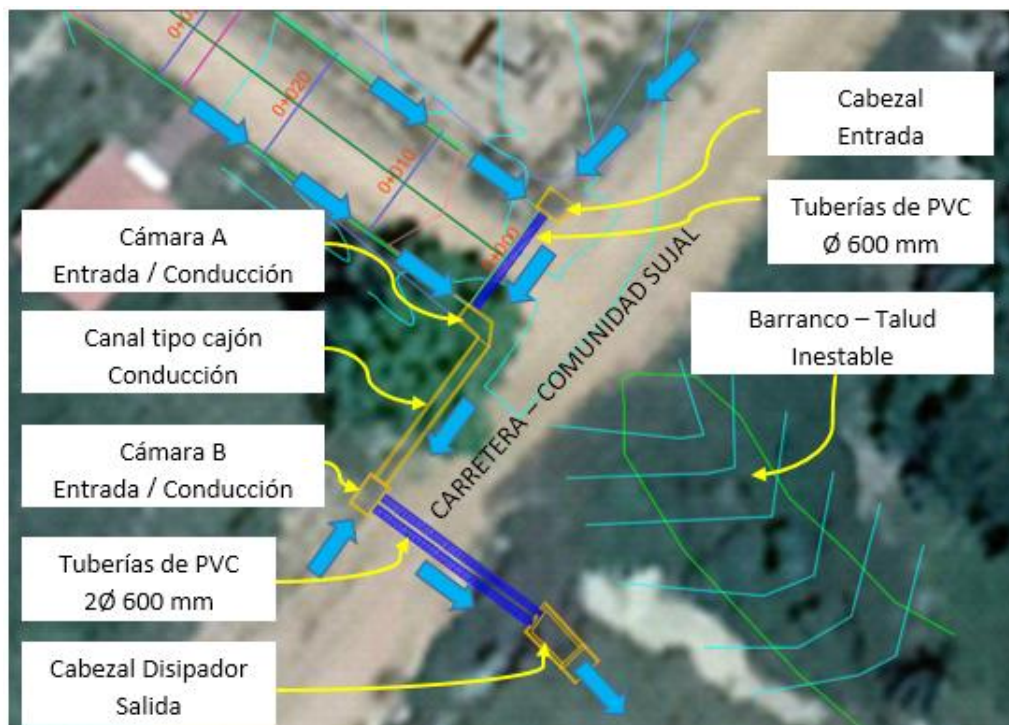


Figura 2.41 Localización de drenaje pluvial – Prog. 0+000

Fuente: Elaborado en base a civil 3d y google earth.

Se optó por el siguiente diseño hidráulico de evacuación por conducción mostrado en la figura 2.41, con el fin de proteger un talud inestable o barranco que se ubica linealmente a la progresiva 0+000 sobre la carretera de la red vial de departamental Cobija – Sujal perpendicular al trazo del proyecto.

Considerando que la plataforma del proyecto cuenta con un bombeo con sistema de evacuación de flujo por medio de cordones cunetas por ambos extremos. El sistema evacuación cuenta con un cabezal de hormigón de entrada conectado a una tubería de PVC. de  $\text{Ø}600\text{mm}$  que descarga en una cámara A de doble acceso, conectado a un canal tipo cajón con descarga hacia una cámara de entrada y conducción de hormigón armado, conectado por dos tuberías de  $\text{Ø}$  de 600 mm los que desembocan en un cabezal disipador de salida conservando el flujo inicial se efectuó la excavación de un canal natural sobre el terreno, que permitió evacuar el flujo de precipitaciones mitigando las dificultades precedentes.

### 2.3.1.2 Mapa hidrográfico del estado de análisis 2. –

Parcialmente se pretendía realizar un encuadre de badenes sobre la intersección, al analizar el presupuesto y la funcionalidad que se requería, se procede por el diseño hidrológico mostrado en la figura 2.42, que consiste en un sistema hidráulico de evacuación por conducción. Por medio de una cámara de entrada conectada a una tubería de PVC de  $\text{Ø} 600 \text{ mm}$  y un cabezal de salida.

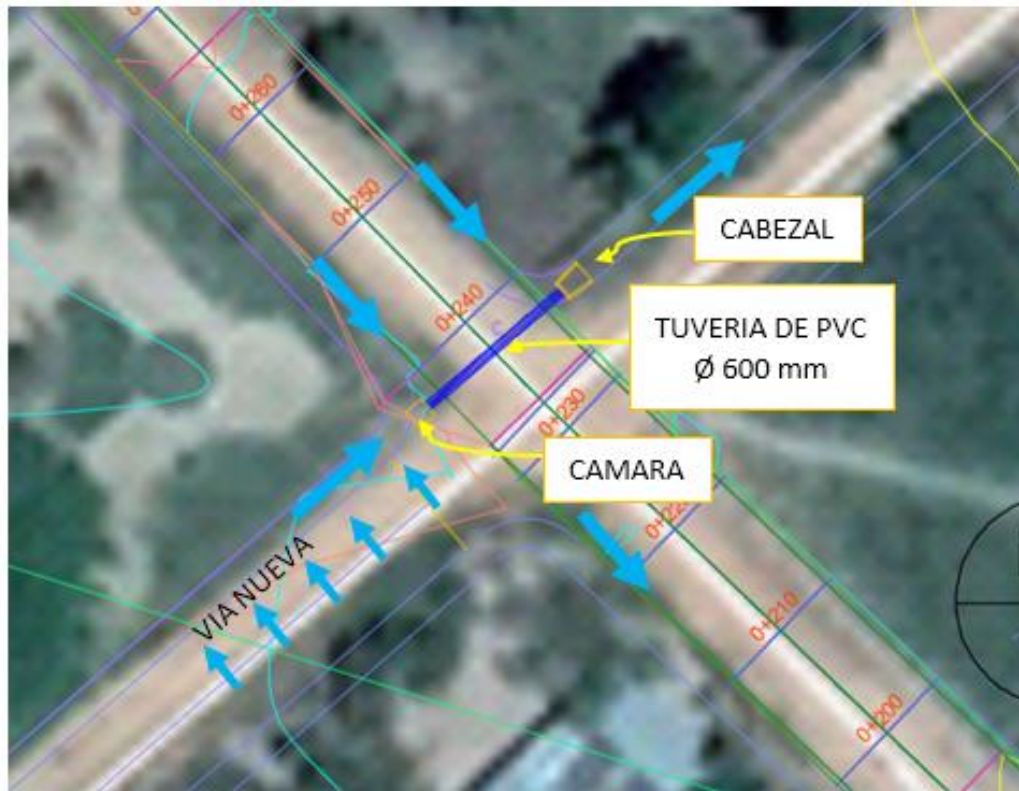


Figura 2.42 Localización de drenaje pluvial – Prog. 0+240

Fuente: Elaborado en base a civil 3d y google earth.

El presente análisis hidrológico se sitúa sobre la intersección próxima a las progresivas 0+230 y 0+240, se proyectó para una disminución de precipitaciones que fluyen hacia el punto más bajo que se encuentra en las áreas próximas a la progresivas 0+000.

Paralelamente se logró el encauce del flujo de precipitaciones de la vía nueva, modificando el bombeo de la pendiente transversal que permitió evacuar los mismos mediante sobre los cordones cuneta conectados a la cámara de entrada.

### 2.3.1.3 Mapa hidrográfico del estado de análisis 3. -

Por último, se realizó un tercer análisis en las intersecciones más críticas, adecuando un sistema de evacuación por conducción como muestra la figura 2.43, ubicados entre las áreas próximas a las progresivas 0+490 y 0+510. Con un cabezal de entrada en las cotas más altas, conectado a una tubería de PVC Ø 600 mm y un cabezal de salida.



Figura 2.43 Localización de drenaje pluvial – Prog. 0+510

Fuente: Elaborado en base a civil 3d y google earth.

De igual forma se ajustó el análisis del mapa hidrográfico del estado de análisis 2, corrigiendo la pendiente transversal de la vía adyacente facilitando la evacuación del flujo de precipitaciones por medio de una cuneta natural hacia el sistema de aducción.

En conclusión, los estados de análisis fueron aprobados por supervisión en los que se procedió al proceso constructivo.

### 2.3.2 Datos técnicos del Drenaje pluvial

Los Ítems o actividades realizadas y planilladas se detallan en tabla 2.13.

*Tabla 2.13 Ítems de drenaje pluvial*

N°	DESCRIPCIÓN DEL ÍTEM	Unid.
	<b>ITEMS INICIALES</b>	
1	Excavación con maquinaria	M3
2	Prov. y tendido de tubería dúo 1000 (incluye prov.)	
3	Relleno y compactado manual P/alcantarilla	M3
4	H°A° para drenaje pluvial (Baden, canal de drenaje, cabezal y boca de tormenta)	M3
	<b>ITEMS NUEVOS</b>	
5	Prov. y tendido de tubería PVC-U 600 mm (incluye prov.)	M3

*Fuente: Especificaciones técnicas del proyecto: " Enlosetado de vías Cobija – Tramo: Comunidad Abaroa", 2017.*

El diseño de las obras de arte para los drenajes pluviales de muestran en (Ver ANEXO B – Plano de drenaje pluvial 6 de 7).

### 2.3.3 Materiales. -

Los materiales requeridos para la ejecución del ítem, son los componentes característicos para la elaboración del hormigón armado.

El hormigón está compuesto de cemento tipo portland normal, agregado grueso, agregado fino, agua, la dosificación de acuerdo a las especificaciones.

### 2.3.3.1 Cemento.

Para el hormigonado se usó cementos que cumplan las exigencias de las NORMAS BOLIVIANAS referentes a cementos Portland (N.B. 2.1-001 hasta N.B. 2.1 - 014) y lo establecido en la N.B.011.

El cemento almacenado en condiciones que se lo mantenga fuera de la intemperie y la humedad, en general no se debía almacenar más de 10 bolsas una encima de la otra, continuamente se verifico que las bolsas de cemento que no contenga terrones, grumos, costras u envejecimiento.

Contenido unitario de cemento en general, el hormigón contendrá la cantidad de cemento que sea lo requerido en tabla 2.14, necesario para obtener mezclas compactas, con la resistencia especificada en los planos o en las propuestas aceptadas y capaces de asegurar la protección de las armaduras.

En ningún caso las cantidades de cemento para hormigones de tipo normal serán menores que:

La tabla 2.14 adjunta, se constituye como referencia, por lo que el proponente en función a su experiencia, los materiales de la zona, la calidad del agua, deberá determinar las cantidades necesarias de cemento, con el objeto de obtener las resistencias cilíndricas a los 28 días.

*Tabla 2.14 Cantidad mínima de cemento*

Aplicación	Cantidad mínima de cemento por m <sup>3</sup>	Resistencia cilíndrica a los 28 días	
		Con control permanente	Sin control permanente
	Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
Hormigón pobre	100	-	40
Hormigón ciclópeo	280	-	120
Pequeñas estructuras	300	200	150
Estructuras corrientes	325	230	170
Estructuras especiales	350	270	200

*Fuente: Especificaciones técnicas del proyecto: " Enlosetado de vías Cobija – Tramo: Comunidad Abaroa", 2017.*

### 2.3.3.2 Agregados.

Los áridos a empleadas en la fabricación de hormigones son aquéllas arenas y gravas obtenidas de yacimientos naturales, rocas trituradas y otros que resulte aconsejable, material granular procedente del país Brasil.

La arena o árido fino que se requirió se determinó que pase el tamiz de 5 mm de malla y grava o árido grueso el que resulte retenido por dicho tamiz.

Los agregados gruesos se especifican según el análisis granulométrico requerido, los cuales presentan las características detalladas en tabla 2.15.

*Tabla 2.15 Características de los agregados*

<b>DENOMINACION</b>	<b>TAMAÑO mm.</b>
<b>Agregado Grueso</b>	
Grava	50.80 a 19.10
Polvo de Brita	19.10 a 4.76
<b>Agregado fino</b>	
Arena Gruesa	4.76 a 2.00
Arena Media	2.00 a 0.42
Arena Fina	0.42 a 0.074

*Fuente: Especificaciones técnicas del proyecto: "Enlosetado de vías Cobija – Tramo: Comunidad Abaroa", 2017.*

En el control del tamaño máximo de los agregados no excedió las siguientes medidas:

- 1/4 de la menor dimensión del elemento estructural que se vacíe.
- La mínima separación horizontal o vertical libre entre dos barras, o entre dos grupos de barras paralelas en contacto directo o el mínimo recubrimiento de las barras principales.
- En general el tamaño máximo de los agregados no deberá exceder de los 3 cm.

### 2.3.3.3 Fierros.

Al ser obras de arte de mínimos de esfuerzos con tendencia a deformaciones por cargas horizontales y/o verticales, se procede a la aprobación de uso de las barras de acero corrugado Ø 8 mm.

En la provisión de armaduras en la obra se delimito la cantidad, se transportó lo necesario evitando el almacenado en áreas exentas de cualquier material nocivo.

#### 2.3.3.4 Agua.

Toda el agua utilizada en los hormigones y morteros carece de aceites, ácidos, álcalis, sustancias vegetales e impurezas.

#### 2.3.3.5 Características del Hormigón

En cuanto a la resistencia mecánica del hormigón la calidad está definida por el valor de su resistencia característica a la compresión a la edad de 28 días.

Los ensayos necesarios para determinar las resistencias de rotura se realizaron sobre probetas cilíndricas normales de 15 cm. de diámetro y 30 cm. de altura, en laboratorio de reconocida capacidad. El Contratista contaba con cuatro probetas en obra de las dimensiones especificadas.

Durante la ejecución de la obra se realizó la sucesión de ensayos de control bajo normativas vigentes, para verificar la calidad y uniformidad del hormigón, los mismos Se detallarán en: (CAPITULO III – control de calidad para drenaje pluvial, pág. 99).

Relación Agua - Cemento (en peso). La relación agua - cemento se determina en cada caso basándose en los requisitos de resistencia y trabajabilidad, pero en ningún caso excedió lo detallado en la tabla 2.16.

*Tabla 2.16 Requisitos de resistencia y trabajabilidad del hormigón*

Condiciones de Exposición	Extrema	Severa	Moderada
Naturaleza de la obra	Hormigón sumergido en medios agresivos.	Hormigón en contacto con agua a presión Hormigón en contacto alternado con agua y aire	Hormigón expuesto a la intemperie. Hormigón sumergido permanentemente en medio no agresivo.
Piezas delgadas	<b>0.48</b>	<b>0.54</b>	<b>0.60</b>
Piezas de grandes dimensiones	<b>0.54</b>	<b>0.60</b>	<b>0.65</b>

Fuente: Especificaciones técnicas del proyecto: " Enlosetado de vías Cobija – Tramo: Comunidad Abaroa", 2017.

Deberá tenerse muy en cuenta la humedad propia de los agregados: Para dosificaciones en cemento de  $C = 300$  a  $400 \text{ Kg/m}^3$  se puede adoptar una dosificación en agua  $A$  con respecto al agregado seco tal que la relación agua / cemento cumpla:

$$0.4 < A/C < 0.6 \text{ Con un valor medio de } A/C = 0.5$$

### 2.3.4 Maquinaria y equipo de apoyo.

En la planificación del proyecto mostrado en (Tabla 2.1, pág. 10). Hace referencia a la empresa Sumuke que se adjudicó en los dos paquetes, que son: Conformación de plataforma y drenajes pluviales, por lo que emplea algunas de las maquinarias mencionadas en: (Cap. II pág. 27 – 32) y equipo topográfico en (Cap. II, pág. 12 -16).

#### 2.3.4.1 Maquinaria.

- Retroexcavadora – CATERPILLAR 416 F<sub>2</sub> (Ver figura 2.44)
- Camión volquete – MERCEDES BENZ 14 M3 (Ver figura 2.44)
- Camión Mixer – HOME INDUMIX 6 M3



*Figura 2.44 Maquinaria pesada para drenajes pluviales*

*Fuente: Elaboración propia*

Presentando a continuación descripción como complemento las maquinarias empleadas en la ejecución de drenajes pluvial, algunas características del camión mixer.

*Camión Mixer.* - Consiste en un camión equipado con una hormigonera o mezcladora como se muestra en la figura 2.45, que realiza el método más seguro de transportar hormigón premezclado

con rotaciones que continúan su amasado. Es adecuado para transportar hormigón en trayectos largos, debido a que retarda el inicio del fraguado inicial del hormigón con ayuda de aditivos,



*Figura 2.45 Camión Mixer*

*Fuente: Elaboración propia*

#### 2.3.4.2 Equipo de apoyo.

- Estación total – leica TC 407
- Trípode de aluminio – Leica GST05L
- Prismas GPR1 incl. Jalón leica
- Nivel de Ingeniero – Leica RUNNER 24
- Mira taquimétrica de aluminio
- Pisón compactador – Motor HONDA GX 100 (Ver figura 2.46)



*Figura 2.46 Pisón compactador – Honda GX 100*

*Fuente: [www.comercturro.com](http://www.comercturro.com)*

### 2.3.4.3 Herramientas complementarias

- Combos
- Cintas métricas – 50 y 100 m
- Flexómetro.
- Cintas de seguridad
- Estacas de madera de 30 y 20 cm
- Radio comunicador Mh230 Motorola.

### 2.3.5. Proceso constructivo.

Mediante la supervisión se realizó la verificación de los diseños de drenajes pluviales y se procedió a la ejecución de los mismos, organizando la maquinarias y equipos necesarios para cada actividad asignada, de esta forma se adoptó la siguiente metodología para la ejecución de los siguientes Ítems.

#### 2.3.5.1 Ítem 6 – Excavación con maquinaria.

La ejecución del Ítem inició mediante el replanteo por parte del equipo técnico de topografía, trazando la geometría adecuada de los sistemas de drenaje, haciendo uso de equipos topográficos como la estación total que consistió en ubicar los drenajes pluviales respecto a la línea nivel municipal, en la cual realizó el seguimiento evitando emplazar las obras de arte y/o excavaciones innecesarias en previos privados, las actividades realizadas de muestran en la figura 2.47.



*Figura 2.47 Excavación para drenaje pluvial*

*Fuente: Elaboración propia*

La ejecución de la excavación consistió en sacar material de la corteza terrestre para adecuar un terreno, de tal forma que nos permita la implantación de los diseños de drenajes realizados con la maquinaria retroexcavadora haciendo uso de su pluma operativa extensible que permite acondicionar un área permisible de trabajo.

El control riguroso realizado en el proceso de excavación, tiene como propósito proteger la vida y la salud de los trabajadores, asegurando que las excavaciones con retroexcavadora se desarrollen en condiciones seguras y se hayan identificados peligros, evaluados los riesgos, los métodos, materiales, equipos y dispositivos asociados a la actividad.

El fondo de las excavaciones se ejecutó de forma horizontal controlando las pendientes consistentes de las superficies entre 2.5% y 3% longitudinalmente. Acopiando el material extraído en lugares cercanos menores a 50 m para su reutilización.

Las excavaciones fueron medidas en metros cúbicos, tomando en cuenta únicamente el volumen neto del trabajo ejecutado.

#### *2.3.5.2 Ítem 7 – Prov. y tendido de tubería dúo Ø 600 mm*

La ejecución del ítem consistió en alojar las tuberías de PVC sobre una cama de arena que varían entre 5 a 8 cm, la cual funciona de apoyo y disminuir los esfuerzos del material, (Ver figura 2.48).



*Figura 2.48 Tendido de tuberías de PVC*

*Fuente: Elaboración propia*

La disposición total de tuberías requeridas se realizó mediante el detalle presentado en la tabla 2.17.

*Tabla 2.17 Disposición de tuberías de PVC dúo Ø 600 mm*

<b>PROGRESIVAS</b>	<b>VIA</b>	<b>LONGITUD</b>	<b>SUB TOTAL</b>
Carretera Sujal	Red vial departamental	Doble de 15 m	30,00 m
0+000	Vía Nueva	9,00 m	9,00 m
0+240	Vía Nueva	12,00 m	12,00 m
0+510	Vía Nueva	12,00 m	12,00 m
<b>TOTAL</b>			<b>63,00 m</b>

*Fuente: Elaboración propia*

#### 2.3.5.3 Ítem 8 – Relleno y compactado manual P/alcantarilla.

El relleno se efectuó de manera práctica con la maquinaria retroexcavadora siempre que fue posible hacer uso de material no contaminado proveniente de las excavaciones, verificando la uniformidad.

El compactado se ejecutó con el uso del pisón compactador manualmente como se muestra en la figura 2.49, donde la ejecución de la actividad se controló el material contenía humedad óptima.



*Figura 2.49 Relleno y compactado manual*

*Fuente: Elaboración propia*

#### 2.3.5.4 Ítem 9 – H°A° para drenaje pluvial

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

- Cabezales
- Cámaras
- Canales de conducción

Los diseños de las obras de arte se detallarán en (ANEXO B – Plano de drenaje pluvial 6 de 7)

Mediante recomendaciones de supervisión se optó por el uso de las barras de acero Ø 8 mm para la armadura principal y de retracción. El corte y doblado de las barras se conformó en frío, de acuerdo estrictamente con las formas y dimensiones indicadas en los planos.

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

El control del espaciamiento mínimo entre barras, cumplió con lo requerido: en las armaduras principales 20 cm y en los estribos: 15 cm, el armado se muestra en la figura 2.50.



*Figura 2.50 Colocado de armaduras en obras de arte*

*Fuente: Elaboración propia*

El control asignado para esta actividad se realizó verificando que las armaduras estén exentas de cualquier material nocivo, antes y después del colocado de los encofrados. Los recubrimientos en la que las armaduras deberían estar colocadas en posiciones indicadas, mediante el uso de galletas de mortero de hormigón.

Procediendo con la ejecución de la actividad se realiza el control debido en los amarres con alambre, el encofrado con debido apuntalado en el que se verifico el diseño y construcción de tal modo que tengan la rigidez suficiente para no deformarse al ser sometidos a la acción de las cargas y soporten el efecto de la vibración durante la consolidación del hormigón (Ver figura 2.51).



*Figura 2.51 Encofrado de obras de arte*

*Fuente: Elaboración propia*

Se utilizó la madera de construcción, verificando adecuadamente deformaciones, defectos, irregularidades o puntos frágiles que puedan influir en la forma, dimensión o acabado de las piezas de hormigón al amoldarse.

El hormigonado consistió en la producción de la mezcla compuesto por cemento tipo portland, agregado grueso, agregado fino, con una dosificación requerida mediante especificaciones técnicas y descritas en la tabla 2.18.

*Tabla 2.18 Dosificación de hormigón en planta*

<b>Dosificación en planta</b>			
<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Descripción</b>
Árido # 1	742,4	Kg	Brita # 1
Árido # 2	385,8	Kg	Brita # 2
Árido # 3	681,0	Kg	Arena
Cemento	351,4	Kg	Portland
Agua	117	L	Limpia considerable

*Fuente: Dato técnico del residente de drenaje pluvial*

El vaciado de las obras de arte se utilizó el hormigón premezclado, de tal forma que se requirió de un control estricto en la forma de preparación, transporte y colocado.

Los materiales son depositados en cantidades referenciadas en las tolvas de la planta hormigonera y mediante la dosificación sistematizada se obtiene la mezcla. La preparación de la mezcla debe realizarse de acuerdo al requerimiento del volumen de vaciado.

El método usado para transportar concreto se realizó mediante el uso coordinado de camiones Mixer, con un control estricto del manejo del concreto, para evitar problemas de segregación, desperdicios y factores que influyan cambios que afecten su calidad. Las siguientes precauciones se describen como recomendaciones:

- Evitar golpes y vibraciones excesivas.
- Las distancias de acarreo de la mezcla dentro de la obra deben ser menor a 50 m.
- Estabilizar los recorridos, utilizar rampas firmes y caminos provisionales seguros.

Durante el vaciado del hormigón, se deben controlar todos los factores que puedan afectar a la calidad, por medio de la segregación. Se inicia el hormigonado después de conocerse los resultados de ensayos requeridos, asimismo es necesario verificar las armaduras está colocada en su posición y si los encofrados de madera están suficientemente humedecidos, como se muestra en la figura 2.52.



*Figura 2.52 Hormigonado de las obras de arte*

*Fuente: Elaboración propia*

Para evitar la segregación durante el vaciado se recomienda:

- Colocar el hormigón lo más cerca de su posición final como sea posible.
- Se debe vaciar desde alturas inferiores a 1.20 m. Cuando no se pueda efectuar, se debe hacer uso de canaletas o tubos para evitar que la mezcla choque contra los refuerzos y los encofrados.
- Evitar demoras > 3 horas.

En definitiva se realizó el vibrado, que es una de las actividades exigidas al iniciar el vaciado, en el que se requiere de equipo vibradora manual, que permite disminuir la cantidad de vacíos los cuales restan resistencia al concreto, de esta forma, lo dejan expuesto al ataque de agentes externos que lo pueden deteriorar y afectar su apariencia o acabado; por tanto; es fundamental eliminar el aire atrapado con una adecuada operación de consolidación, compactación o vibrado, actividad detallada en figura 2.53.



*Figura 2.53 Vibrado del hormigón de obras de arte*

*Fuente: Elaboración propia*

## 2.4 OBRAS DE CONFINAMIENTO DE HORMIGON ARMADO

La empresa Terrazinni inicia sus actividades el 7 de agosto con la factibilidad de realizar el confinamiento una de la parte fundamentales del pavimento articulado, el cual evita que el tráfico vehicular desbarate la capa de rodadura que va unida por las losetas. Cabe mencionar que las obras de confinamiento ejecutadas se clasifican en confinamiento externo e interno.

El confinamiento externo tiene la función de apoyo del pavimento, mitigando los esfuerzos longitudinales transmitidos por la capa de rodadura. Están conformados, por condones y cordón cuneta que bordean el pavimento.

El confinamiento interno está conformado por vigas ubicadas principalmente en intersecciones, empalmes y cruces dentro del pavimento articulado, que cumplen la función de disminuir los esfuerzos transversales que transmite la capa de rodadura, facilitando la transición entre pavimentos. (Ver ANEXO B – Plano de obras de confinamiento 7 de 7).

### 2.4.1 Datos técnicos de Obras de confinamiento de hormigón armado.

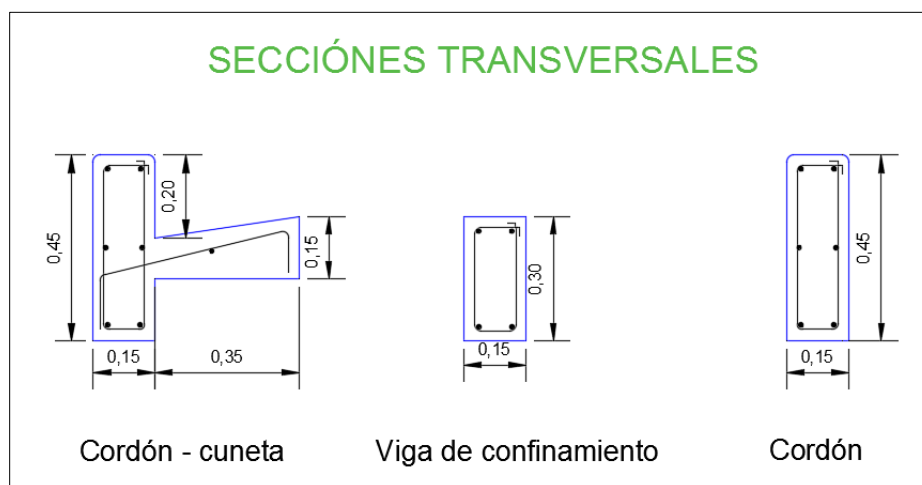
Los Ítems ejecutados y planillados se detallan en tabla 2.19.

*Tabla 2.19 Ítems de obras de confinamiento*

N°	DESCRIPCIÓN DEL ÍTEM	Unid.
	<b>ÍTEMS INICIALES</b>	
1	Excavación manual	M3
2	Viga de confinamiento de hormigón armado	M3
3	Cordón cuneta de hormigón armado	M3
	<b>ÍTEMS NUEVOS</b>	
4	Hormigón armado P/cordones y obras preliminares	M3
5	Relleno y compactado de aceras.	M3

*Fuente: Especificaciones técnicas del proyecto: " Enlosetado de vías Cobija – Tramo: Comunidad Abaroa", 2017.*

Las secciones transversales tipo de las obras de confinamiento de hormigón armado se diseñaron y adecuaron para el tipo de pavimento articulado, las mismas se presentan en la figura 2.54.



*Figura 2.54 Secciones transversales de obras de confinamiento*

*Fuente: Especificaciones técnicas del proyecto*

## 2.4.2 Materiales

Se utilizó componentes del hormigón de resistencia específica a H17. El hormigón está compuesto de cemento tipo portland normal, agregado grueso, agregado fino, agua, la dosificación de acuerdo a las especificaciones, y cumpliendo con la normativa vigente.

Los detalles y características de los materiales empleados son semejantes a los de drenaje pluvial mencionado en (2.3.3 - Materiales para las obras de arte), debido a que la empresa Terrazinni decidió hacer uso del hormigón premezclado, en el que se realizó el control semejante mediante:

Las características para un hormigón simple no expuesto a medios agresivos y/o esfuerzos máximos de flexión, se detallan en las tablas 2.20 y 2.21

*Tabla 2.20 Características del hormigón*

Resistencia característica mínima	175	Kg/cm <sup>2</sup>
Tipo de hormigón requerido	A	H-21
Cantidad mínima de cemento	400	Kg/cm <sup>3</sup>
Relación A/C	0.45	

*Fuente: Especificaciones técnicas del proyecto: "Enlosetado de vías Cobija – Tramo: Comunidad Abaroa", 2017.*

Tabla 2.21 Tamaño de los agregados

Denominación	Tamaño mm.
<b>Agregado Grueso</b>	
Grava	50.80 a 19.10
Polvo de Brita	19.10 a 4.76
<b>Agregado fino</b>	
Arena Gruesa	4.76 a 2.00
Arena Media	2.00 a 0.42
Arena Fina	0.42 a 0.074

Fuente: Especificaciones técnicas del proyecto: "Enlosetado de vías Cobija – Tramo: Comunidad Abaroa", 2017.

Las dosificaciones empleadas en la conformación de las obras de confinamiento, cumplen con las cantidades mínimas de materiales requeridos, las mismas se detallan en tabla 2.22.

Tabla 2.22 Dosificación de los hormigones empleados

<b>Dosificación A (en obra)</b>			
Material	Cantidad	Unidad	Descripción
Árido # 1	0.84	Kg	Brita # 1
Árido # 3	0,56	Kg	Arena
Cemento	350	Kg	Portland
Agua	180	L	Limpia considerable
<b>Dosificación B (en planta)</b>			
Material	Cantidad	Unidad	Descripción
Árido # 1	742,4	Kg	Brita # 1
Árido # 2	385,8	Kg	Brita # 2
Árido # 3	681,0	Kg	Arena
Cemento	351,4	Kg	Portland
Agua	117	L	Limpia considerable

Fuente: Dato técnico del residente de obras de confinamiento de H°A°

### 2.4.3 Maquinaria y equipo empleado.

- Camión Mixer
- Mezcladora manual
- Vibradora
- Picotas
- Palas
- Carretillas
- Cintas métricas

### 2.4.4 Proceso constructivo.

#### 2.4.4.1 Ítem 10 – Excavación manual.

El ítem comprende todos los trabajos de excavación manual para la ubicación de las diferentes estructuras diseñadas como ser; Cordón, Cordón cuneta y Vigas de confinamiento. Los diseños de las secciones establecidas para la ejecución del proyecto de detallan en (ANEXO B – Planos de obras de confinamiento 7 de 7).

Las excavaciones se realizaron sobre la superficie de suelo cemento, categorizando como excavación sobre suelo duro en el que se exponía un rendimiento bajo al ser de forma manual de las secciones tipo de 15 cm de profundidad por 15 cm de ancho. (Ver figura 2.55)



*Figura 2.55 Excavación manual*

*Fuente: Elaboración propia*

#### 2.4.4.2 Ítem 11, 12 y 13 – H°A° (Cordón, Cordón cuneta y Vigas de confinamiento)

Se optó por el uso de las barras de acero Ø 8 mm para refuerzos longitudinales y Ø 6 mm para estribos. El corte y doblado de las barras se conformó en frío, de acuerdo estrictamente con las formas y dimensiones indicadas en los planos.

Los empalmes efectuaron por superposición de los extremos, en una longitud no menor de 40 veces al 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 cuneta, se adecuo 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 sostenidos con pernos o clavos, tal que se logre vaciar el cordón y la cuneta, como se muestra en la figura 2.56.



*Figura 2.56 Encofrado de cordón cuneta*

*Fuente: Elaboración propia*

Se utilizó maderas para construcción, las tablas longitudinales fueron reforzadas con una plancha metálica para su reutilización continua. En los puntales se utilizó listones de 2x2 conformando un apuntalamiento vertical en la cara interna de la cuneta y de forma triangular en la cara exterior de los cordones que permitía reducir los esfuerzos al ser apoyados sobre barras de acero corrugado ancladas a la capa base.

Al ser una zona urbana se contaba con varias intersecciones en las que se tenían que conformar estructuras de confinamiento curvos, en los primeros encofrados se hace uso del material plafón tomando en cuenta que es un material de PVC flexible que se puede ajustar a la forma requerida,

Se confirma que el material utilizado plafón de PVC no es recomendable para el uso de encofrados, al presentar deformaciones en el momento del vaciado.

Para realizar la correcta ejecución de las estructuras de confinamiento curvas se reemplazó el plafón de PVC por tablas de menor espesor, las cuales se adecuaron a lo requerido y mejoro la eficiencia de trabajo, actividad detallada en la figura 2.57.



*Figura 2.57 Encofrado de cordón cuneta en curva*

*Fuente: Elaboración propia*

Inicialmente se demostró un rendimiento bajo, con un promedio de 16,29 ml/día de cordón cuneta, efectuado por 14 obreros entre maestros y ayudantes de la forma tradicional in situ, transportando los materiales requeridos a la obra, como se muestra en la figura 2.58.



*Figura 2.58 Materiales para hormigón*

*Fuente: Elaboración propia*

Se vació los primeros 440 ml de cordón cuneta entre las progresivas 0+000 – 0+220 ambos extremos de la vía principal, aplicando la dosificación A mostrada en Tabla 2.22, pág. 67.

Se adecuó un cronograma para mejorar el rendimiento para conformación de las obras de confinamiento, cambiando el esquema de mezclado in situ se optó por comprar hormigón premezclado, lo cual permitió disminuir la cantidad de obreros y se logró mejorar la eficiencia de trabajo.

Se alcanzó un rendimiento de 60 ml/día de cordón cuneta obra terminada, adecuando la siguiente metodología detallada en tabla 2.23.

*Tabla 2.23 Cronograma para vaciado de cordones*

<b>Actividad</b>	<b>Periodo</b>	<b>Longitud</b>
Excavación manual	1/2 día	50 a 60 ml
Armado	Continuo	
Encofrados	1/2 día	60 ml
Vaciado	día por medio	60 ml

*Fuente: Elaboración propia*

Continuamente se vaciaron 1648 ml de cordón, cordón cuneta y vigas de confinamiento entre las progresivas 0+220 → 0+794 de la vía principal y 0+000 → 0+182 de la vía nueva adoptando la dosificación B mostrada en ( Tabla 2.21 Dosificaciones para los hormigones).

El control adecuado del hormigonado premezclado se realizó tomando en cuenta los siguientes factores:

*Transporte.* - El método usado para transportar concreto se realizó mediante el uso coordinado de camiones Mixer, realizando un control estricto del manejo del concreto, para evitar problemas de segregación, desperdicios y factores en influyan cambios que afecten su calidad. La principal es la altura adecuada de vaciado con camión Mixer < 1.20 m

*Vaciado.* –El vaciado se da inicio después de conocerse los resultados de todos los ensayos y asimismo la verificación de la armadura si está colocada en su posición exacta verificando las galletas y si los encofrados de madera están suficientemente humedecidos.

*Vibrado.* - Es una de las actividades exigidas en todo el periodo de vaciado de la mezcla, en el que se requiere de equipo vibradora manual, que permite disminuir la cantidad de vacíos los cuales le restan resistencia al concreto. Contribuyendo a una gradación homogénea del hormigón.

#### 2.4.4.3 Ítem 14 – Relleno y compactado de aceras.

La organización conjunta entre las empresas residentes, supervisión y fiscalización, analizó técnicamente los defectos en la etapa de obras preliminares con un avance de 95%, se verifican la erosión de la base de las obras de confinamiento en puntos críticos.

Realizando un balance adecuado se aprueba el ítem y se da orden para inicio de actividades.

El relleno se realizó con material seleccionado, justificando que el material cortado en el inicio del proyecto estaba contaminado, por lo que era dificultoso reutilizar el material.

Con las características conocidas del material extraído del banco de préstamo de Nueva Esperanza, se hace uso del mismo como se muestra en la figura 2.61. El acopio se realizó en áreas no contempladas con el enlosetado, considerando la forma en la que afectaría como tráfico pesado al pavimento articulado.

Se realizó el acarreo del material laterítico y la distribución sobre las áreas destinadas, mediante uso de dos retroexcavadoras.



*Figura 2.59 Relleno de aceras con material laterítico*

*Fuente: Elaboración propia*

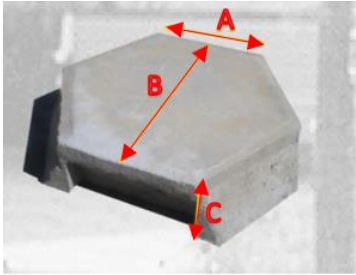
## 2.5 ENLOSETADO

El enlosetado consiste en la ejecución de un conjunto de actividades para conformar la capa de rodadura de pavimento articulado, se presentará a continuación la metodología, técnicas y proceso constructivo realizado en el proyecto: “Enlosetado de vías cobija – Tramo: Comunidad Abaroa”.

### 2.5.1 Datos técnicos del enlosetado.

Las características principales para el control del enlosetado se detallan en tablas 2.24 y 2.25.

*Tabla 2.24 Dimensiones de la loseta hexagonal*

A	17 cm $\pm$ 5 mm	
B	30 cm $\pm$ 5 mm	
C	10 cm $\pm$ 3 mm	
D	Deben contar con las aspas de empalme respectivas y esquinas biseladas	

*Fuente: Especificaciones técnicas del proyecto: “Enlosetado de vías Cobija – Tramo: Comunidad Abaroa”, 2017.*

*Tabla 2.25 Características físico-mecánicas de la loseta hexagonal*

Resistencia característica a compresión	21 Mpa. – 25 Mpa
Resistencia característica a la flexión	3,5 Mpa. – 4,5 Mpa.
Porcentaje de Absorción	5% promedio o $<$ 7%
Contenido mínimo de cemento	350 kg/m <sup>3</sup>
Peso aproximado	17,00 Kg

*Fuente: Especificaciones técnicas del proyecto: “Enlosetado de vías Cobija – Tramo: Comunidad Abaroa”, 2017.*

## 2.5.2 Materiales y herramientas.

### 2.5.2.1 Materiales

- Losetas hexagonales
- Arena
- Alquitrán

### 2.5.2.2 Caracterización de las losetas hexagonales

Las fabricaciones de las losetas fueron elaboradas en empresas certificadas bajo estándares de calidad con experiencia en el campo de provisión o ejecución de 50.000 a 200.000 losetas.

En la producción son fabricadas de hormigón con el método convencional de vaciado de moldes o formaletas, utilizando maquinas vibro compresoras (Pulpo) eficientes para el tipo de hormigón de masa seca, actividad detallada en figura 2.62. Con una producción diaria de 1000 losetas/día, de antemano cumplen con lo requerido.



*Figura 2.60 Producción de losetas hexagonales*

*Fuente: Elaboración propia*

Las piezas de las losetas se emplearon al confirmar la uniformidad en espesores, estabilidad y apariencia, por la cual se evitan defectos de fisuras, cangrejas, Descascaramientos, aristas irregulares y rebabas horizontales ni verticales. Deben tener propiedades y características similares para poder resistir adecuadamente las cargas de tránsito y soporte al desgaste.

Deben cumplir con los requisitos geométricos, resistencia, como: muestreo, forma, color, textura, resistencia al desgaste, resistencia a la flexión y compresión. (Ver CAPITULO III – Control de calidad de fabricación de losetas, pág. 109).

### 2.5.2.3 Herramientas

- Carretillas
- Palas
- Pisones de madera
- Reglas de madera (listones de 2x3 in.)
- Plancha compactadora
- Barretas de acero de 1.5 m
- Barretas pata de cabra

### 2.5.3 Proceso constructivo.

En esta etapa del proyecto se adecuó una metodología de trabajo que comprende desde el acopio del material hasta la conformación de la capa de rodadura. Para realizar un avance eficiente y sin retrasos que afecten el avance del proyecto, computo detallado en tabla 2.26.

*Tabla 2.26 Metodología de trabajo para enlosetado*

DESCRIPCIÓN	REQUERIMIENTO
Arena requerida	35 m <sup>3</sup> / día
Provisión de losetas	3000 losetas / día
Alquitrán	1 tambor de 200 Kg. / 50 ml.
Cuadrillas	5 Cuadrillas de 9 obreros
Rendimiento promedio Enlosetado y sellado	16 ml / día

*Fuente: Elaboración propia*

La ejecución de los ítems en la conformación de la capa de rodadura, se detallan y describen a continuación:

- Extendido de la cama de arena.
- Asentado de losetas
- Compactación
- Remates de hormigón simple
- Sellado de juntas.

#### *2.5.3.1 Extendido de la Cama de Arena (e=5cm)*

La cama de arena cumple tres funciones en la estructura del pavimento articulado: sirve como filtro para el agua que logre penetrar por las juntas, como base de soporte para los adoquines y como amarre entre adoquines cuando la arena penetra por las juntas. La cama de arena tiene un espesor de 5cm. y forma parte de la capa de rodadura del pavimento articulado.

El extendido de la capa de arena debe realizarse sobre la superficie de la capa base compactada y limpia, lo más uniforme posible, esparcidas con rastrillos y niveladas mediante reglas de madera.

#### *2.5.3.2 Asentado de losetas*

Se debe tener en cuenta que esta actividad se debe realizar un control y seguimiento efectivo, por lo que de esto depende la estética del proyecto, es decir la calidad del acabado del pavimento, los niveles y alineaciones de colocación, debido a que es una actividad manual en el que interviene una gran cantidad de personal de mano de obra.

Para la ejecución de la presente actividad se deben crear frentes de trabajos destinando una actividad en específico. Inicialmente se realiza el control de la nivelación y se trabaja en 4 franjas en todo el ancho de la vía, cada franja de 1.8 metros de ancho, para esto se utilizaron hilos a lo largo de la vía, perfectamente alineadas, niveladas y sujetadas mediante varillas de fierros y los hilos transversales a una longitud de 10 metros de igual forma alineada y nivelada a la sección transversal de la vía respetando la pendiente transversal y/o los bombeos, actividad detallada en figura 2.61.



*Figura 2.61 Acopio del material para enlosetado*

*Fuente: Elaboración propia*

Las losetas se asientan sobre la cama de arena, siguiendo la alineación de los hilos guía de manera que conforme el perfil definitivo del tramo, el frente para el colocado de losetas comprende de 4 maestros quienes son responsables de colocar las losetas de manera que las piezas queden unidas con las respectivas espas de empalme y niveladas entre sí para que trabajen uniformemente. Cada maestro toma una franja de 1,8 m y requiere 1 ayudante, por lo que se requiere 4 ayudantes para cada franja quienes se encargan de transportar y apilar las losetas y distribuir la arena, el avance depende de la capacidad y cantidad de la mano de obra, además de las inclemencias del tiempo. Cada trabajador debe usar guantes protectores por su seguridad, durante el manejo de las losetas.

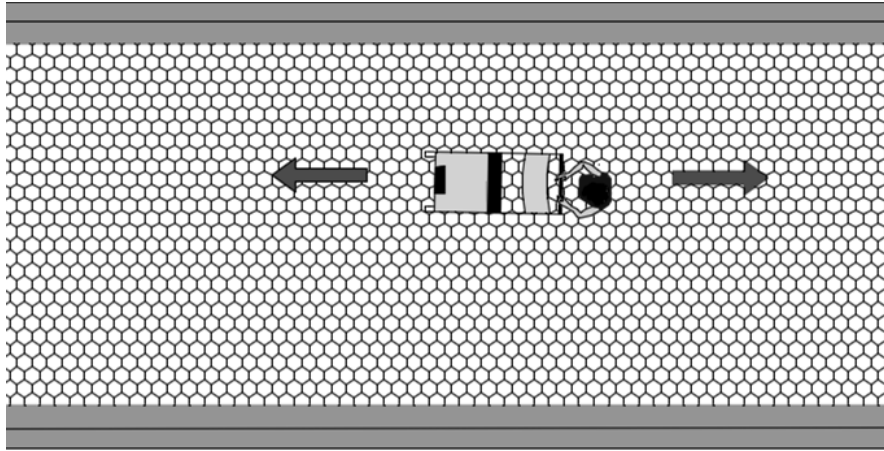
Se debe verificar que las losetas no presenten irregularidades en su geometría, para que las piezas encajen una con la otra, esta operación se logra utilizando un pisón de madera, el colocador acomoda y golpea ligeramente en forma diagonal, adecuando las juntas entre 1.5 cm y 2.00 cm, también es posible realizar la acción con la ayuda de una barreta o alguna herramienta similar que permita desplazar las piezas entre sí. Para que la superficie de la calzada quede uniforme se utilizan reglas de madera siguiendo la pendiente transversal o bombeo indicada mediante los hilos guía.

### *2.5.3.3 Compactación*

Debido a que el colocado de las losetas se realiza manualmente, la superficie presenta algunas irregularidades tanto en el espesor como el acabado, que son corregidas con la compactación, el equipo que se utiliza para compactar es la plancha compactadora.

En el proceso con la compactación, inicialmente se debe distribuir una capa muy delgada de arena sobre la superficie del enlosetado con el fin de no afectar a las losetas con la vibración del equipo.

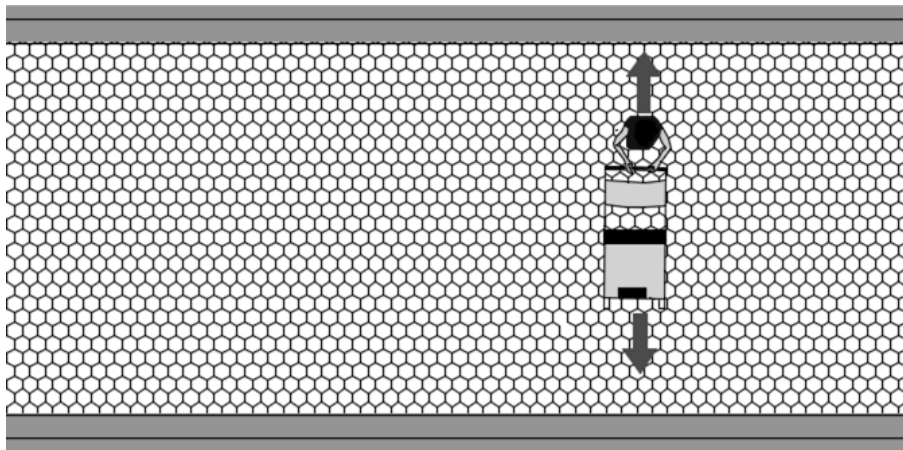
El primer ciclo la compactación se realizó a lo largo de la vía, es decir, paralelo al eje de la vía en toda el área conformada, (Ver figura 2.62).



*Figura 2.62 Compactado horizontal*

*Fuente: Elaboración propia*

El segundo ciclo se lo efectuó de forma perpendicular al eje de la vía, durante el recorrido se debe tener cuidado de traslapar para evitar escalonamientos, (Ver figura 2.63)



*Figura 2.63 Compactado vertical*

*Fuente: Elaboración propia*

#### *2.5.3.4 Remates de Hormigón Simple*

Los remates son los espacios vacíos que quedan en los laterales de la vía debido a la geometría de las losetas, se rellenan con hormigón simple como está estipulado en las especificaciones técnicas,

la altura de relleno no debe ser menor a la altura de la loseta y el ancho puede variar donde la vía presente curvaturas, estos remates deben tomar la forma de las piezas de losetas para estos se deberán acanalar y seguir los niveles y pendientes de la vía, como se muestra en la figura 2.64.



*Figura 2.64 Vaciado de remates*

*Fuente: Elaboración propia*

El hormigón se lo conforma en obra al ser mínima la cantidad requerida, con mezcladora de 3 m<sup>3</sup> controlando la dosificación y recomendando el respectivo vibrado.

La superficie de contacto con el hormigón simple debe encontrarse limpia y además se debe regar con agua antes de empezar con el vaciado para que el hormigón se adhiera con facilidad al área de contacto.

Debido a la actividad anterior estos espacios vacíos quedan rellenos con arena, antes de iniciar con el vaciado se debe retirar todo el material que se encuentre dentro de este, llegando a una profundidad de 10 cm. sobre la base de la superficie de la loseta.

#### *2.5.3.5 Sellado de juntas*

El sellado se realiza principalmente para evitar filtraciones de agua a las capas del pavimento. Antes de iniciar con el sellado, la superficie de contacto debe encontrarse seca, para realizar la limpieza (barrido) correspondiente, se debe verificar que la profundidad de las juntas no debe ser inferior a 5 cm para que cemento asfáltico diluido pueda ingresar en ella y permita unir las piezas,

si el sellado no se realiza correctamente, las piezas quedan sueltas por tanto el pavimento pierde firmeza y se deteriora rápidamente, actividad ilustrada en figura 2.65.



*Figura 2.65 Sellado de juntas*

*Fuente: Elaboración propia*

El material del sellado debe cumplir con lo citado en las especificaciones técnicas del proyecto, es muy importante que este material se encuentre libre de impurezas ya que durante el sellado quedan trabadas en la boquilla del embudo y esto hace que los trabajos de sellado se retrasen, el cemento asfáltico debe cocer hasta obtener su densidad adecuada por lo general esto se consigue con 2 horas de cocido.

Al ser un material muy peligroso al contacto con la piel, el alquitrán caliente se debe vaciar con mucho cuidado sobre las juntas, es necesario que el personal este protegido con los implementos de protección.

Para evitar que el alquitrán diluido escurra sobre la superficie de las losetas en caso de rebalse, se debe esparcir una delgada capa de arena sobre la superficie sellada a medida que se realice el sellado. Una vez concluido el sellado inmediatamente se procede a proteger el área sellada con cintas de seguridad para evitar el acceso de personas y vehículos sobre la vía hasta que el sello quede totalmente adherido a las piezas de las losetas.

## **CAPITULO III**

### **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 especificaciones técnicas con las exigencias y requisitos sujetos al manual de ensayos de suelos y materiales\* hormigones de la ABC. y la NB del Hormigón Armado CBH-87.

Los ensayos requeridos para el control de calidad se detallarán a continuación:

- 1) Ensayos para conformación de plataforma:
  - Análisis granulométrico – ASTM C 136
  - Límites de Atterberg – ASTM D4318-00
  - Proctor Modificado – ASTM D1557-00
  - Ensayo de Relación de California (CBR) - ASTM D 1883 – 05
  - Verificación del peso unitario del suelo en campo, Método del cono de arena ASTM 1556 – AASTHO T191
  - Resistencia a la compresión de cilindros preparados de suelo cemento - ASTM D 1633
- 2) Ensayos para la conformación de drenaje pluvial
  - Método de consistencia del hormigón mediante en Cono de Abrams – ASTM C143 – AASHTO T 119
- 3) Ensayos para conformación de obras de confinamiento de hormigón armado
  - Resistencia a la Compresión de Cilindros – NB 639 ASTM C39
  - Método de consistencia del hormigón mediante en Cono de Abrams – ASTM C143 – AASHTO T 119
- 4) Ensayos para la fabricación de losetas
  - Método de ensayo para determinar el esfuerzo de flexión en las losetas
  - Método de ensayo de desgaste de los ángeles ASTM C131 – AASTHO T96

Nota. - Los respaldos de laboratorio: como ensayos, planillas y otros de denotaran en (ANEXO D – Planillas de laboratorio)

### 3.1 CONTROL DE CALIDAD PARA CONFORMACION DE PLATAFORMA

#### 3.1.1 Análisis granulométrico – ASTM C 136

Granulometría o análisis granulométrico corresponde a todo procedimiento manual o mecánico por medio del cual se pueda separar las partículas constitutivas del agregado según tamaños, de tal manera que se puedan 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 3.1), 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 3.1 Análisis granulométrico por tamizado*

*Fuente: Elaboración propia*

Según especificaciones técnicas el suelo fue de una calidad selecta aprobada, no debía contener grava o piedra retenida en un tamiz de 1 pulgada o más del 45% retenido en un tamiz No 4 y debe estar libre de raíces, gramas, malezas.

El muestreo del material se realizó en el banco de préstamo de Nueva esperanza Km 16+200.

### 3.1.1.1 Materiales y Equipos

- 500 gr de material extraído (suelo del banco)
- Balanza de torsión. Capacidad de 1Kg y 0.1g de precisión
- Juego de mallas o tamices No 4, 8 16, 30, 50, 100 y 200,
- Taras de fondo y tapa.
- Taras de lámina galvanizada.
- Brocha de cerda y cepillo de alambre
- Agitador mecánico de mallas
- Brocha pequeña
- Horno de precisión

### 3.1.1.2 Caracterización de los suelos

La caracterización de los 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. En el transcurso de la obra se realizaron ensayos de suelos basado en la tabla 3.1 Clasificación de suelos por el método AASHTO. La cual está regida por la norma ASTM C136 - Método estándar de ensayo para análisis por tamizado de agregados fino y grueso. Obteniendo la caracterización de cuatro tipos de suelo usados en obra como se muestra en la figura 3.2, los cuales están regidos en las especificaciones técnicas y en las normas correspondientes.

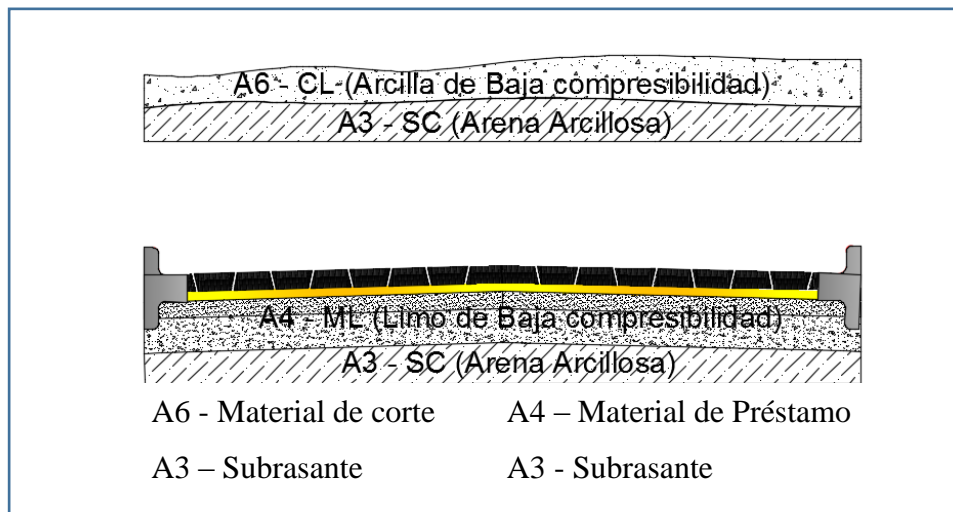


Figura 3.2 Uso de suelos vista en secciones transversales

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.1 Clasificación de suelos – Método AASHTO

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					

Fuente: Principles of Geotechnical Engineering, Braja M. Das, 1998

En la tabla 3.2, se demuestran las características de todos los suelos analizados en laboratorio y el uso que se determinó en base a su calidad para la conformación de las capas base y sub-base.

El suelo A3 consiste en el material granular que se usó en la conformación de subrasante, al constatar la presencia del mismo mediante ensayos de SPT iniciales.

El suelo A6 es el material arcilloso, se ejecutó el corte al ser la primera capa de la superficie natural.

El material laterítico A4 extraído de los bancos de explotación y caracterizado por ser un material limo de baja compresibilidad, el cual se usó en la conformación de las capas base y sub base.

Tabla 3.2 Ensayos de granulometria

Material granular					
Clasificación AASHTO	Descripción	Uso	Parámetros de especificaciones técnicas		
			Tamiz No. 10	Tamiz No. 40	Tamiz No. 200
A 3	Material de Subrasante. (Com. Abaroa)	Utilizado cumple con lo requerido		79,68% > 51 %	15,06% < 35%
Material limo - arcilloso					
Clasificación AASHTO	Descripción	Uso	Parámetros de especificaciones técnicas		
			Tamiz No. 200	Limite liquido	Índice de plasticidad
A 6	Material de corte. (Com. Abaroa)	No Utilizado No cumple con lo requerido	70,11% > 35%	38,52% < 40%	16,23% > 11%
A 4 (1)	Material explotado. (Banco Nueva Esperanza)	Utilizado en capa Sub base cumple con lo requerido	53,52% > 35%	28,26% < 40%	5,56% < 10%
A 4 (3)	Material explotado. (Banco Nueva Esperanza)	Utilizado en capa base, cumple con lo requerido	54,07% > 35%	27,16% < 40%	10,13% < 10%

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.2 Límites de Atterberg – ASTM D4318-00

Los límites de Atterberg, límites de plasticidad o límites de consistencia, se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos, el límite líquido se determina de forma estandarizada mediante la cuchara de Casagrande y el límite plástico mediante la formación de pequeños cilindros en la palma de la mano sobre una superficie lisa de unos 3 mm de diámetro y 25-30 mm de longitud, como se muestra en la figura 3.3. 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 por semisólido, plástico y finalmente líquido.



*Figura 3.3 Límite líquido y Límite plástico*

*Fuente: Elaboración propia*

#### 3.1.2.1. Materiales y Equipos

- Máquina Casagrande (referencia: ASTM N° D 4318-95a)
- 500 gr. De material extraído (Suelo del banco)
- Acanalador
- Balanza de sensibilidad, capacidad de 1Kg y 0.1g 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 por el método AASHTO se realizó la sucesión de ensayos de límites de Atterberg mostrados en la tabla 3.3, con el fin evaluar y seleccionar el suelo adecuado para su uso.

*Tabla 3.3 Ensayos de límites de Atterberg*

<b>Material limo - arcilloso</b>				
<b>Clasificación AASHTO</b>	<b>Descripción</b>	<b>Limite Líquido</b>	<b>Limite Plástico</b>	<b>Índice de plasticidad</b>
A 6	Material de corte. (Com. Abaroa)	38,52	22,29	16,23
A 4 (1)	Material explotado. (Banco Nueva Esperanza)	28,26	22,70	5,56
A 4 (3)	Material explotado. (Banco Nueva Esperanza)	27,16	17,02	10,13

*Fuente: Elaboración propia*

### **3.1.3 Proctor Modificado – ASTM D1557-00**

Método que establece las relaciones de peso unitario – Humedad en los suelos mediante procesos de compactado en un molde normalizado, mediante un pistón de 4,5 Kg. en caída libre, desde una altura de 460mm, con una energía específica de compactación de 2,67 J/cm<sup>3</sup>, (ver figura 3.4).

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

#### *3.1.3.1 Materiales y Equipos*

- Moldes metálicos estándar (referencia: ASTM N° D 1557-00)
- Placa base y collar de molde separable
- Pistón metálico

- Probetas graduadas (referencia: ASTM N° D 1557-00)
- Balanza de 10 Kg de capacidad y 5g de precisión
- Balanza de 1 Kg de capacidad y 0,1 g de precisión
- Horno de precisión
- Regla de acero
- Tamices 2", 3/4" y N° 4
- Pailas para mezclado, cucharas, espátulas



*Figura 3.4 Ensayo de proctor modificado*  
*Fuente: Elaboración propia*

Se realizaron los ensayos de Proctor modificado en los tres tipos de suelo como se muestra en la tabla 3.4, con el fin de determinar las densidades y humedades óptimas de los suelos usados.

*Tabla 3.4 Ensayos de proctor modificado*

Clasificación AASHTO	Peso unitario seco máximo (KN/m <sup>3</sup> )	Contenido de humedad óptimo (%)	Ejemplo de curva de densidad seca – humedad de compactación del suelo A3
A3	18,53	9,88	
A 6	19,05	12,25	
A 4 (1)	19,41	11,10	
A 4 (3)	19,42	12,40	

*Fuente: Elaboración propia*

Las características de las muestras de los ensayos que se detallan en la tabla 3.4, fueron usadas en obra, mediante cálculos de las cantidades de material laterítico requerido y la respectiva cantidad de agua para alcanzar las humedades óptimas.

### 3.1.4 Ensayo de Relación de California (CBR) - ASTM D 1883 - 05

El CBR significa en español Relación de Soporte California, por las siglas en inglés “California Bearing Ratio”, consiste en determinar la carga que hay que aplicar a un pistón circular de 19,35 cm<sup>2</sup> para introducirlo en una muestra de suelo a una velocidad de 1,27 mm/min y hasta obtener una penetración de 2,54 mm, como se muestra en la figura 3.5. También se dice que mide la resistencia al corte de un suelo bajo sus condiciones de humedad y densidad controlada que permite evaluar la calidad del terreno y así designar el uso adecuado de subrasante, sub base y base del paquete estructural.

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

Mediante especificaciones técnicas el material verificado para su uso de cambio de material, ampliación de terraplenes y taludes podrá utilizarse siempre y cuando este material tenga un soporte > 20% de CBR. Considerado para condiciones de suelos limo arcillosos con baja capacidad de soporte, un reemplazo de suelos o construcción de terraplén.



*Figura 3.5 Ensayo de C.B.R.*

*Fuente: Elaboración propia*

En el proyecto se utilizó dos tipos de suelos para la conformación de plataforma, en la que se limitó la ejecución de dos ensayos de CBR para los materiales utilizados A4 y A3.

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. Logrando alcanzar valores porcentuales > 20% de CBR.

### 3.1.4.1 Materiales y Equipos

El ensayo técnico más utilizado requiere de materiales y equipos calibrados y con exigencias según: (referencia: ASTM N° D 1883-05)

- Prensa de Ensaye
- Moldes metálicos, cilíndricos y estandarizados
- Cargas metálicas
- Disco Espaciador metálico
- Pisón
- Aparato medidor de Expansión
- Pistón de penetración
- Balanza de 20 Kg de capacidad y 1g de precisión
- Balanza de 2 Kg de capacidad y 0,1 g de precisión
- Tamices, taras, espátulas, papel filtro y otros.
- Material requerido 15.80 Kg

Se realizador ensayos de CBR para los suelos que se le dio uso en la conformación de plataforma, que son: el suelo A3 para la subrasante y A4 para las capas base y sub base. En la tabla 3.5 se describe la aprobación de los suelos utilizados.

*Tabla 3.5 Ensayos de CBR de suelos empleados*

Clasificación AASHTO	A3	A4
Uso	Subrasante	Sub base y Base
Peso unitario seco máximo (KN/m <sup>3</sup> )	18.53	19.41
95 % de la densidad máxima seca	17.60	18.44
CBR (%) – Parámetro de especificación técnica	59,91 % > 20,00%	20,50 % > 20,00%
Observación	Material bueno, aprobado	Material bueno, aprobado

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.5 Verificación del peso unitario del suelo en campo, Método del cono de arena - ASTM 1556 – AASTHO T191

Método que determinó en el terreno la densidad de los suelos, utilizado durante un proceso de compactación con el fin de establecer el grado de compactación alcanzada de la capa conformada, así mismo determinó la aprobación o anulación de la plataforma.

El método consiste en excavar un orificio de prueba 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 y se determina el volumen como se muestra en la figura 3.6. La densidad humedad del suelo in situ se determina dividiendo la masa húmeda del material removido entre el volumen del orificio. Se determina el contenido de humedad del material de orificio y se calcula la masa seca del material y la densidad seca del lugar, utilizando la masa húmeda del suelo, el contenido de humedad y el volumen del orificio



Figura 3.6 Ensayo de densidades en campo (Cono de Arena)

Fuente: Elaboración propia

#### 3.1.5.1 Materiales y Equipos

- Cono de arena 6” (cono convencional)
- Arena normalizada de ensayo
- Depósitos para calibración de arena
- Balanza de 10 Kg de capacidad y 5g de precisión
- Horno de precisión
- Combo o martillo, cincel,
- Pala jardinera, cuchara y brocha

El control de las densidades en campo consistió en una serie de ensayos mediante la disposición de supervisión, en la que se realizó 1 ensayo por cada 50 m. en todo el emplazamiento del proyecto, en las capas sub base y la base.

*Para la capa sub base.* – En base a las especificaciones técnicas los resultados de los ensayos de las densidades en campo de los materiales compactados, debían ser por lo menos el 95% de la densidad máxima, obtenida mediante el ensayo realizado de proctor modificado. En los que se obtienen los resultados detallados en la tabla 3.6, del mismo modo se percibe la falta de ensayos en 7 puntos del tramo, por la falta de organización y coordinación con el cuerpo técnico de laboratorio, los mismos son reportados y consensuados con supervisión.

*Tabla 3.6 Densidades de la capa sub base*

Densidades capa sub base		Densidad Relativa ( % )	Parámetro de especificación técnica	
VIA PRINCIPAL	0+000	0+050	89,13	< 95% (No cumple)
	0+050	0+100	100,00	> 95% (Cumple)
	0+100	0+150	96,35	> 95% (Cumple)
	0+150	0+200	97,37	> 95% (Cumple)
	0+200	0+250	95,94	> 95% (Cumple)
	0+250	0+300	90,31	< 95% (No cumple)
	0+300	0+350	-	
	0+350	0+400	-	
	0+400	0+450	-	
	0+450	0+500	-	
	0+500	0+550	-	
	0+550	0+600	-	
	0+600	0+650	92,40	< 95% (No cumple)
	0+650	0+700	100,00	> 95% (Cumple)
	0+700	0+750	-	
VIA NUEVA	0+750	0+794	100,00	> 95% (Cumple)
	0+000	0+050	98,09	> 95% (Cumple)
	0+050	0+100	79,34	< 95% (No cumple)
	0+100	0+150	96,35	> 95% (Cumple)
	0+150	0+186	97,37	> 95% (Cumple)

*Fuente: Elaboración propia*

Con los ensayos obtenidos de la capa sub base mostradas en la tabla 3.6, se elaboró la figura 3.7, la cual consiste en la descripción gráfica de las densidades alcanzadas y próximas al 95% de la densidad máxima.

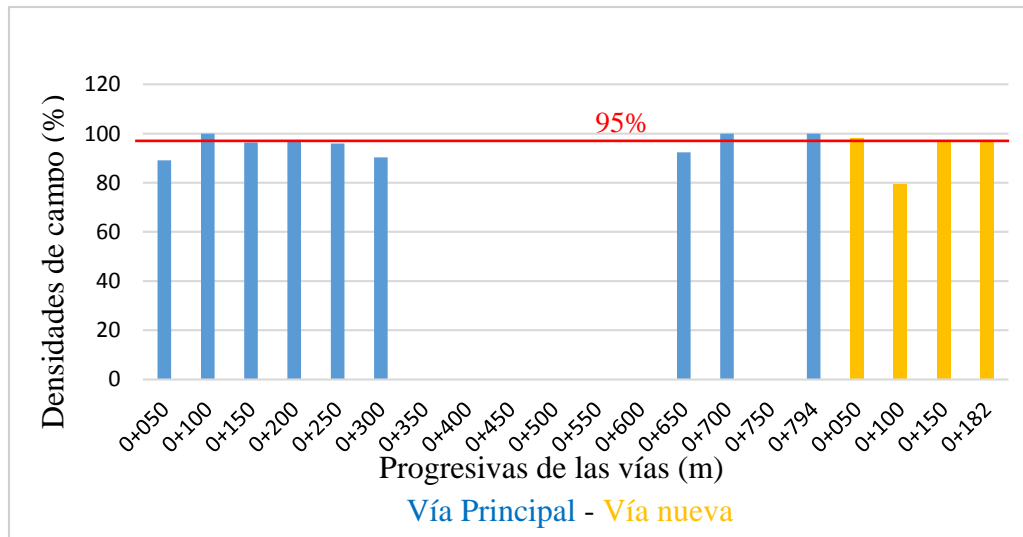


Figura 3.7 Densidades alcanzadas en la capa sub base

Fuente: Elaboración propia

De todos los ensayos realizados de densidades en la capa sub base, se tiene el siguiente resumen mostrado en la tabla 3.7 que expone el resultado de 13 ensayos realizados de los cuales 9 cumplen y 4 no cumplen con lo requerido en las especificaciones, se realizó la evaluación correspondiente que certifica que el 68.95% de la capa sub base analizada es de buena calidad.

Tabla 3.7 Resumen de densidades de la capa sub base

Ensayos de densidades (cono de arena)	Puntos	Longitud analizada (m)	Porcentaje (%)
	13	626,00	-
Cumplen	9	426,00	68,95
No cumplen	4	200.00	31,05

Evaluación de los ensayos	
Cumplen	69%
No cumplen	31%

Fuente: Elaboración propia

Para la capa base. –Según las especificaciones técnicas los resultados de los ensayos de las densidades de campo de los materiales compactados, debían ser por lo menos el 98% de la densidad máxima, obtenida mediante el ensayo realizado de proctor modificado. En los que se obtienen los siguientes resultados detallados en la tabla 3.8:

Tabla 3.8 Densidades de la capa base

Densidades capa base		Densidad relativa	Parámetro de especificación técnica	
VIA PRINCIPAL	0+000	0+050	90,13	< 98% (No cumple)
	0+050	0+100	-	
	0+100	0+150	96,53	< 98% (No cumple)
	0+150	0+200	99,50	> 98% (Cumple)
	0+200	0+250	-	
	0+250	0+300	-	
	0+300	0+350	93,71	< 98% (No cumple)
	0+350	0+400	98,38	> 98% (Cumple)
	0+000	0+450	97,62	< 98% (No cumple)
	0+450	0+500	-	
	0+500	0+550	95,27	< 98% (No cumple)
	0+550	0+600	94,93	< 98% (No cumple)
	0+600	0+650	94,99	< 98% (No cumple)
	0+650	0+700	97,66	< 98% (No cumple)
	0+700	0+750	-	
0+750	0+794	97,52	< 98% (No cumple)	
VIA NUEVA	0+000	0+050	88,61	< 98% (No cumple)
	0+050	0+100	92,63	< 98% (No cumple)
	0+100	0+150	93,77	< 98% (No cumple)
	0+150	0+182	87,84	< 98% (No cumple)

Fuente: Elaboración propia

Los ensayos obtenidos de la capa base que se detallan en la tabla 3.8, se elaboró la figura 3.8, que consiste en la descripción gráfica de las densidades alcanzadas y próximas al 98% de la densidad máxima.

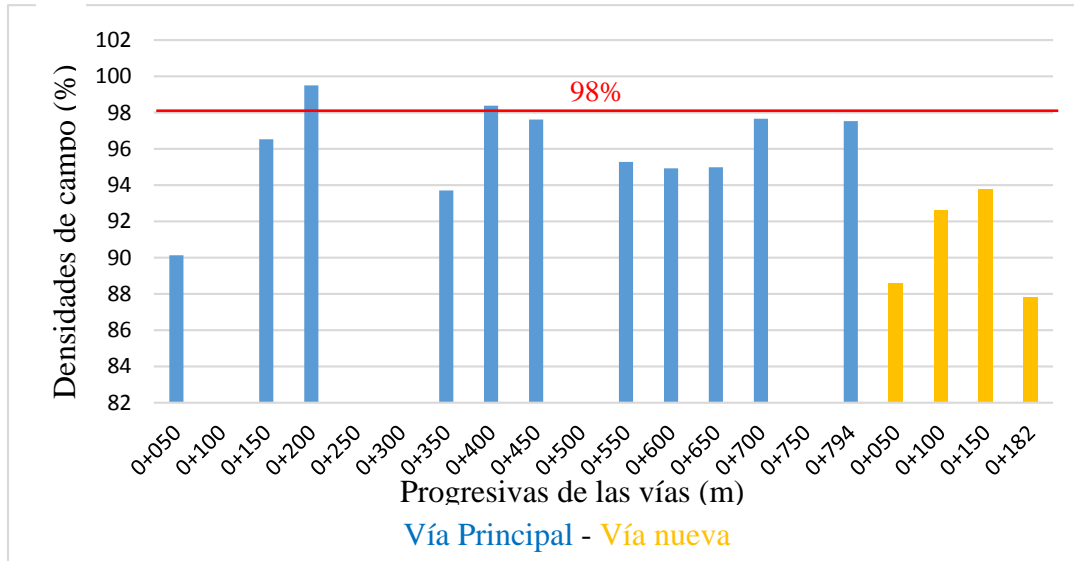


Figura 3.8 Densidades alcanzadas en la capa base

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los ensayos obtenidos que se muestran en tabla 3.8, se realizó el resumen mostrado en la tabla 3.9 que expone el resultado de los 15 ensayos realizados, en los que 2 cumplen y 13 ensayos correspondientes al 86% del total de los ensayos no cumplen según lo requerido en las especificaciones técnicas. El estudio de la estabilización de suelo - cemento presenta un amplio estudio para su respectivo control de calidad, se optó por otros ensayos que respalden la calidad de la capa base detallados en 3.1.6, consensuados con supervisión.

Tabla 3.9 Resumen de densidades de la capa base

Ensayos de densidades (cono de arena)	Puntos	Longitud analizada (m)	Porcentaje (%)
	15	726,00	-
Cumplen	2	100,00	13,77
No cumplen	13	626,00	86,23
<b>Evaluación de los ensayos</b>			
<p>Cumplen 14% No cumplen 86%</p> <p>■ Cumplen ■ No cumplen</p>			

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.6 Resistencia a la compresión de cilindros preparados de suelo cemento - ASTM D 1633

El presente ensayo consiste en determinar la resistencia a la compresión del suelo cemento empleando cilindros moldeados como especímenes de ensayo

Existen dos métodos proporcionados (Ver tabla 3.10), en el que se empleó el método A, al contar con el equipo y moldes comúnmente disponibles en el laboratorio de suelos.

*Tabla 3.10 Métodos de ensayo para compresión del suelo cemento*

<b>Método A</b>	<b>Método B</b>
Este procedimiento emplea un cilindro de ensayo de 101,6 mm (4.0") de diámetro y de 116,4 mm (4.584") de altura. La relación de la altura al diámetro es de 1,15.	Este procedimiento emplea un cilindro de ensayo de 71,1 mm (2.8") de diámetro y de 142,2 mm (5.6") de altura. La relación de la altura al diámetro es de 2,0.

*Fuente: Elaboración propia*

Se considera que este método suministra una medida relativa de la resistencia en lugar de un valor exacto de la resistencia a la compresión. Por no contar con precisión y tolerancia establecida mediante un programa de investigación de varios laboratorios. No obstante, se optó como guía bases de datos de ensayos que están disponibles para analizar los resultados obtenidos.

#### 3.1.6.1 Procedimiento de control de los especímenes de ensayo

El procedimiento del ensayo de resistencia a la compresión de cilindros de suelo – cemento se realizó de acuerdo al siguiente orden:

- Se moldearon los especímenes acordes al Método A, equivalente a las medidas de 101,60 mm (4") de diámetro y de 116,40 mm (4.584") de altura.
- Curado en húmedo de los especímenes (Ver figura 3.9).
- Al finalizar el periodo de curado, se sumerge 4 horas en agua.
- Envolver los especímenes saturados con polietileno de modo que no pierda su humedad.
- Efectuar los ensayos a compresión (Ver figura 3.9).



*Figura 3.9 Rotura de cilindros de suelo cemento*

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.1.6.2 Materiales y equipos

- Prensa de ensayo a compresión.
- Moldes metálicos, cilíndricos y estandarizados.
- Pisón.
- Balanza de 20 Kg de capacidad y 1g de precisión.
- Tamices, taras, espátulas, papel filtro y otros.
- Material requerido 16.00 Kg.
- Cemento YURA Tipo P30 - 42,00 Kg.

En la ejecución de conformación de plataforma, centrado en la capa base de suelo cemento se analizó la distribución y las cantidades de cemento aplicadas sobre el material laterítico para su conformación. Siguiendo a las recomendaciones acordadas con supervisión, se aplicó las cantidades estimadas de cemento de 5% a 7%, con incrementos en cada 200 m. en todo el trazado del proyecto. Descritos en la tabla 3.11

Reiterar que el estudio del suelo cemento no cuenta con tolerancias establecidas y de precisión, la unidad de supervisión avala que la resistencia a la rotura debe ser mayor o igual a 2 Mpa.

Tabla 3.11 Resumen de ensayos de resistencia a la compresión de suelo cemento

Vías	Progresivas	Porcentaje de cemento	Resistencia a la rotura (Mpa)	Análisis	Observación
Vía principal	0+000 → 0+100	5.00 %	1.40	< 2.00	Regular - Mala
	0+100 → 0+200	5.00 %	1.43	< 2.00	Regular - Mala
	0+200 → 0+400	6.00 %	1.63	< 2.00	Regular
	0+400 → 0+600	6.00 %	1.68	< 2.00	Regular
	0+600 → 0+700	6.50 %	1.97	< 2.00	Buena
	0+700 → 0+794	6.50 %	1.99	< 2.00	Buena
Vía nueva	0+000 → 0+100	7.00 %	2.09	> 2.00	Excelente
	0+100 → 0+182	7.00 %	2.10	> 2.00	Excelente

Fuente: Elaboración propia

Se realizó la evaluación de los ensayos denotados en la figura 3.10, con el fin de analizar el comportamiento de la capa base de suelo cemento, en la que se certificó la calidad de la plataforma conformada con las recomendaciones de realizar el respectivo curado, para mejorar su resistencia.

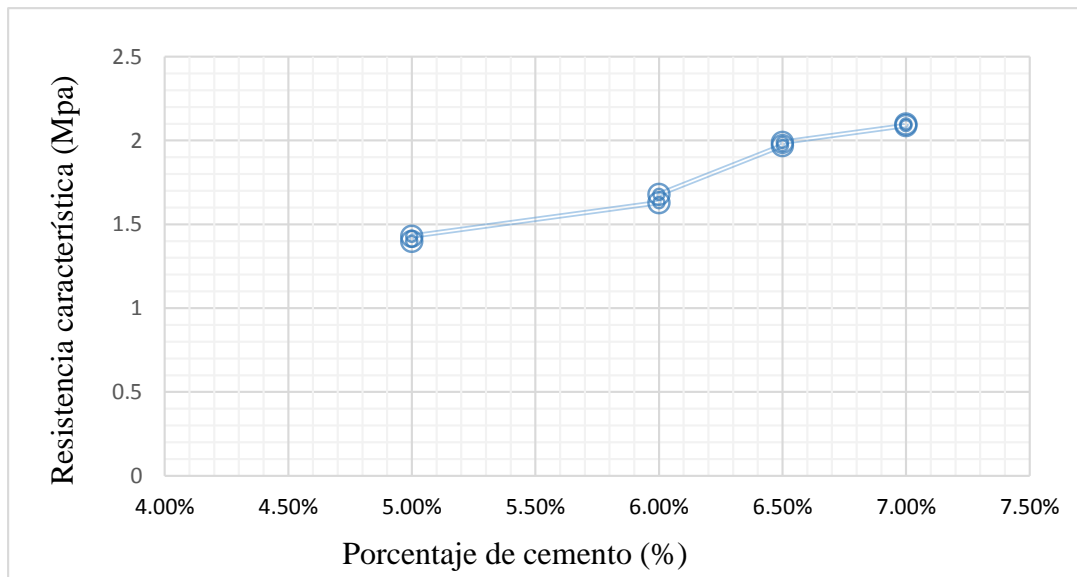


Figura 3.10 Curva de comportamiento del suelo cemento

Fuente: Elaboración propia

## **3.2 CONTROL DE CALIDAD PARA DRENAJE PLUVIAL**

El control de calidad para todas las estructuras de hormigón armado, se realizó mediante el control de las dosificaciones y resistencias requeridas en estricta sujeción con las exigencias y requisitos establecidos en la Norma Boliviana del Hormigón Armado CBH- 87

El seguimiento al control comprende desde la fabricación, transporte, colocación, compactación, protección, y curado del Hormigón armado H21 para las diferentes partes estructurales de la obra:

- Cabezales
- Cámaras captadoras
- Canales de secciones tipo

### **3.2.1 Resistencia a la Compresión de Cilindros – NB 639 ASTM C39**

Método de ensayo para la obtención de la resistencia específica H21 mediante el uso de probetas cilíndricas de secciones de altura dos veces el diámetro.

Para la extracción de las probetas se controló la conservación de las mismas según lo indicado en (Preparación y conservación de probetas - NB-586; ASTM C31).

- Control de revenimiento
- Compactación por varillado
- Conservación de las probetas (superficie, temperatura y humedad)
- Transporte
- Curado

#### *3.2.1.1 Materiales y equipos (ASTM C31)*

- Moldes metálicos cilíndricos (d = 15 cm; h = 30 cm)
- Barra para el varillado (d = 16 mm; l = 60 cm; punta redonda)
- Balanza de 20 Kg de capacidad y 1g de precisión
- Prensa de ensaye a compresión
- Material requerido (Hormigón vaciado en Obra).

El control realizado en las estructuras del drenaje pluvial, consistió en la obtención de probetas acorde al volumen de hormigón que presentaba cada obra de arte, de esta manera se efectuó la rotura de los cilindros y se obtuvo los resultados obtenidos en laboratorio (Ver ANEXO D ensayos de laboratorio), que se detallan en la tabla 3.12.

Tabla 3.12 Resistencia a la compresión de cilindros para drenaje pluvial

Obras de Arte - Drenaje Pluvial	Características de las muestras					
	Ubicación	Progresiva	Volumen	Resistencias mínimas a la fechas de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )		Parámetro de especificación técnica
Cámara B	Vía Sujal	-	2,91	154,11	156,64	< 210 (No cumple)
Canal tipo cajón	Vía Sujal	-	8,32	175,84	171,82	< 210 (No cumple)
Cabezal disipador	Vía Sujal	-	4,58	201,83	193,79	< 210 (No cumple)
Cámara A izquierda	Vía Principal	0+000	3,54	316,41	315,07	> 210 (Cumple)
Cabezal derecho	Vía Principal	0+000	3,10	292,64	305,23	> 210 (Cumple)
Cámara C izquierda	Vía Principal	0+240	2,00	316,09		> 210 (Cumple)
Cabezal de derecho	Vía Principal	0+240	2,00			
Cabezal izquierdo	Vía Principal	0+510	2,00	223,04		> 210 (Cumple)
Cabezal derecho	Vía Principal	0+510	2,00			

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo los resultados de las probetas analizadas y se elaboró la figura 3.11, la cual consiste en la descripción gráfica de la resistencia a la compresión alcanzada y próxima a 210 Kg/cm<sup>2</sup>.

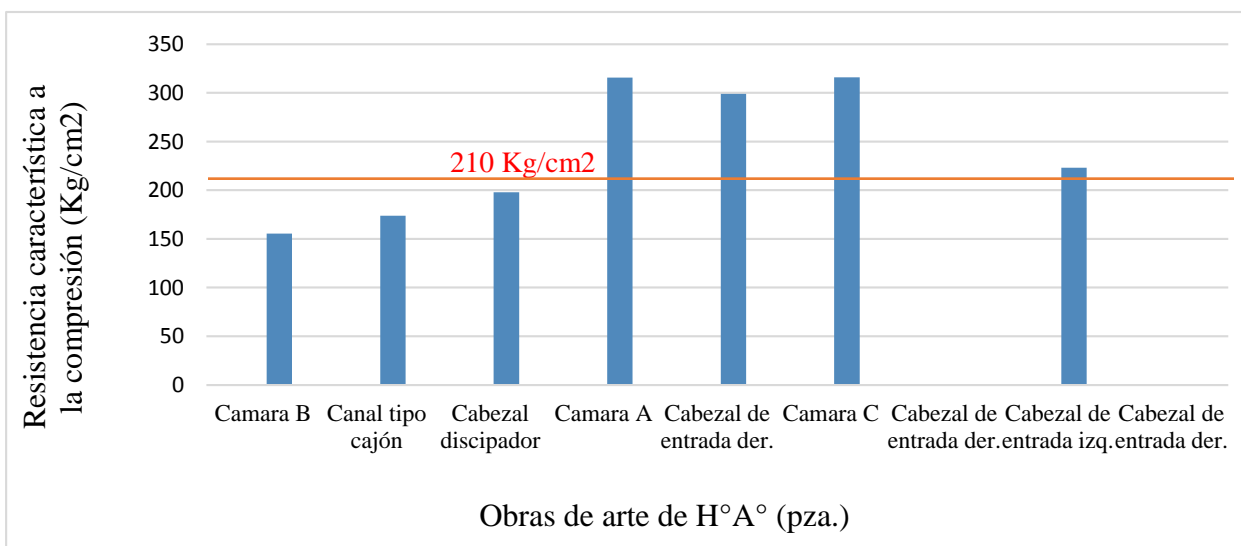
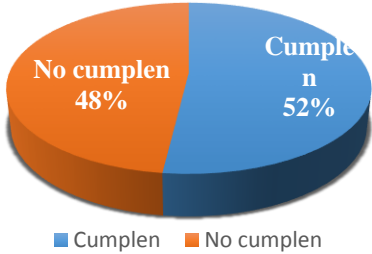


Figura 3.11 Resistencias alcanzadas de cilindros (drenaje pluvial)

Fuente: Elaboración propia

El resumen del resultado que se muestra en la tabla 3.13, se realizó de acuerdo a los resultados que se muestran en la tabla 3.12. De 12 ensayos realizados, en los que 5 cumplen y 7 ensayos correspondiente al 52% del total de los ensayos realizados no cumplen según lo requerido en las especificaciones técnicas, debido a que el seguimiento se realizó sin control permanente, por falta de coordinación con el residente de obra.

*Tabla 3.13 Resumen de ensayos para drenaje pluvial*

<b>Ensayos de resistencia a la compresión</b>	<b>Probetas</b>	<b>Volumen analizado (m3)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
	12	30,45	-
Cumplen	6	15,81	51,92
No cumplen	6	14,64	48,08
<b>Evaluación de los ensayos</b>			
			

*Fuente: Elaboración propia*

### **3.3 CONTROL DE CALIDAD – OBRAS DE CONFINAMIENTO**

Los controles de calidad de todas las estructuras de Hormigón armado en las obras de confinamiento, se rigen en estricta sujeción con las exigencias y requisitos establecidos en la Norma Boliviana del Hormigón Armado CBH-87.

El control consistió con la fabricación, transporte, colocación, compactación, protección y curado del hormigón armado H21 para las siguientes partes estructurales en la obra.

- Cordon cuneta
- Cordon
- Vigas de confinamiento

### 3.3.1 Resistencia a la Compresión de Cilindros – NB 639 ASTM C39

Método basado 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 que se hayan conservado según lo indicado en (Preparación y conservación de probetas - NB-586; ASTM C31).

- Control de revenimiento
- Compactación por varillado
- Conservación de las probetas (superficie, temperatura y humedad)
- 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.

#### 3.3.1.1. materiales y equipos (ASTM C31)

- Moldes metálicos cilíndricos ( $d = 15 \text{ cm}$ ;  $h = 30 \text{ cm}$ )
- Barra para el varillado ( $d = 16 \text{ mm}$ ;  $l = 60 \text{ cm}$ ; punta redonda)
- Balanza de 20 Kg de capacidad y 1g de precisión.
- Prensa de ensaye a compresión.
- Material requerido (Hormigón vaciado en Obra)

Según lo estipulado en las especificaciones técnicas, para controlar la calidad del hormigón, los resultados mediante el uso de probetas a compresión normalizadas y ensayadas a los 28 días, que alcancen una resistencia especificada no puede ser inferior a 17.5 Mpa, para estructuras corrientes que mínima sollicitación de cargas

En cada uno de los vaciados se extrajo dos probetas mediante:

- Control permanente → 25 m3 de cantidad máxima de hormigón.
- Control no permanente → 50m3 de la cantidad máxima de hormigón.

El control realizado en las estructuras de las obras de confinamiento, consistió en la obtención de probetas acorde al volumen de hormigón que se programó en los vaciados continuos, se extrajeron para cada 100 m. de obra de confinamiento equivalentes a 12 m<sup>3</sup> de hormigón, se efectuó la rotura de los cilindros y se obtuvo los datos que se muestran en tabla 3.14 y que fueron obtenidos de laboratorio (Ver Anexo D – Ensayos de laboratorio),

Tabla 3.14 Resistencia a la compresión de cilindros para obras de confinamiento

Probetas a compresión de cordones			Resistencia mínima a fecha de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )			
			Elemento	Izquierdo	Elemento	Derecho
VIA PRINCIPAL	0+000	0+100	Cordón cuneta	146,67	Cordón cuneta	158,81
	0+100	0+200	Cordón cuneta	125,51	Cordón cuneta	177,17
	0+200	0+300	Cordón cuneta	202,46	Cordón cuneta	
	0+300	0+400	Cordón cuneta		Cordón cuneta	85,21
	0+400	0+500	Cordón	300,98	Cordón cuneta	158,98
	0+500	0+600	Cordón		Cordón cuneta	88,51
	0+600	0+700	Cordón cuneta	160,27	Cordón cuneta	
	0+700	0+794	Cordón cuneta	347,06	Cordón cuneta	331,06
VIA NUEVA	0+000	0+100	Cordón cuneta	181,52	Cordón	146,07
	0+100	0+182	Cordón cuneta		Cordón	
Parámetro de especificaciones técnicas			< 175 Kg/cm <sup>2</sup> (No cumple)		>175 Kg/cm <sup>2</sup> (Cumple)	

Fuente: Elaboración propia

Se elaboró el control de forma paralela en las obras de confinamientos de lado izquierdo y derecho, de los ensayos mediante las resistencias a la compresión alcanzadas, para su comprensión se estableció la ubicación de los cordones, cordones cuneta y vigas de confinamiento mediante la disposición de las progresivas del diseño geométrico, como se muestra en las figuras 3.12 y 3.13. en los que se verifican resultados desfavorables, de esta forma se recomendó a la empresa responsable la mejora de la calidad de hormigón.

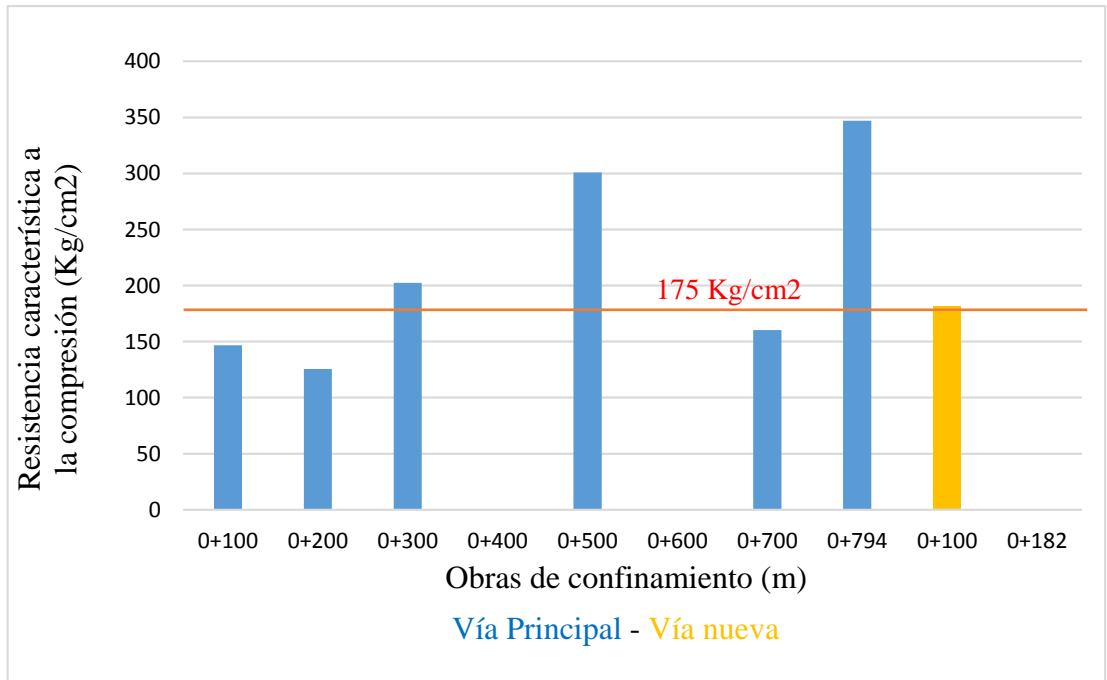


Figura 3.12 Resistencias alcanzadas del confinamiento izquierdo  
Fuente: Elaboración propia

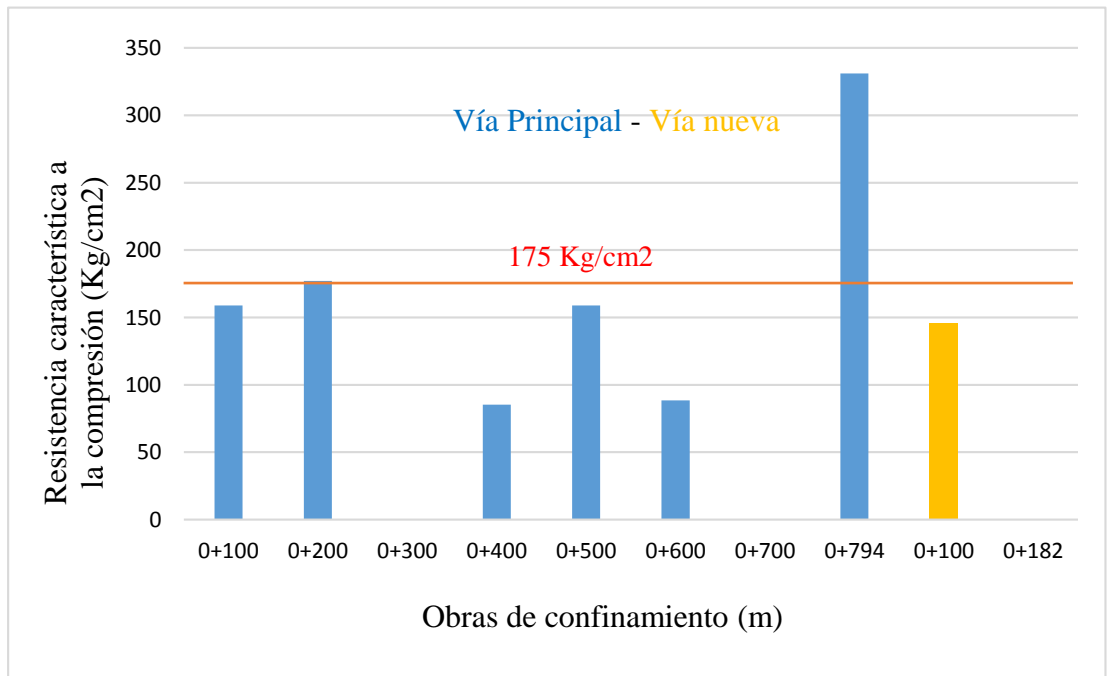
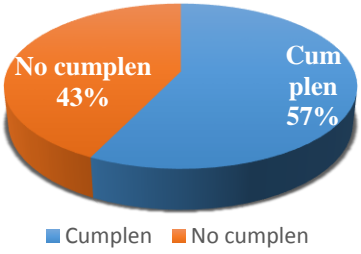


Figura 3.13 Resistencias alcanzadas del confinamiento derecho  
Fuente: Elaboración propia

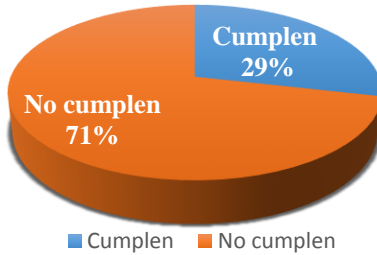
Posteriormente se elaboró la evaluación respectiva para todas las estructuras de hormigón distinguidas como obras de confinamiento mediante el resumen de todos los ensayos de resistencia a la compresión realizados. Se detallan en la tabla 3.15 y 3.16:

*Tabla 3.15 Resumen de ensayos del confinamiento izquierdo*

Ensayos de resistencia a la compresión	Probetas	Volumen analizado (m3)	Porcentaje (%)
	7	84,00	-
Cumplen	4	48,00	57,14
No cumplen	3	36,00	42,86
<b>Evaluación de los ensayos</b>			
 <p>■ Cumplen ■ No cumplen</p>			

*Fuente: Elaboración propia*

*Tabla 3.16 Resumen de ensayos del confinamiento derecho*

Ensayos de resistencia a la compresión	Probetas	Volumen analizado (m3)	Porcentaje (%)
	7	84,00	-
Cumplen	4	24,00	28,57
No cumplen	3	60,00	71,43
<b>Evaluación de los ensayos</b>			
 <p>■ Cumplen ■ No cumplen</p>			

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.3.2 Método de consistencia del hormigón mediante en Cono de Abrams – ASTM C143 – AASHTO T 119

La consistencia de la mezcla se controló mediante el ensayo de asentamiento, empleando el cono de Abrams en cada vaciado, se empleó el hormigón de menor asentamiento posible para la aceptación de puesta en obra y así proceder con el compactado y vibrado de los mismos. Actividades detalladas en figura 3.14.



*Figura 3.14 Ensayos de consistencia del hormigón*

*Fuente: Elaboración propia*

La consistencia adecuada permitió un llenado completo de los encofrados, envolviendo perfectamente las armaduras y asegurando una perfecta adherencia entre las barras y el hormigón.

#### 3.3.2.1. Materiales y equipos

- Moldes metálicos cilíndricos ( $d = 15 \text{ cm}$ ;  $h = 30 \text{ cm}$ )
- Cono de Abrams (Troncó Nico)
- Plancha de sujeción
- Barra para el varillado ( $d = 16 \text{ mm}$ ;  $l = 60 \text{ cm}$ ; punta redonda)
- Flexómetro
- Material requerido (Hormigón vaciado en Obra)

Según especificaciones técnicas no se utilizarán hormigones de consistencia fluida, se recomendó emplear el hormigonado con consistencia plástica, y compactados por vibrado.

Se prohibió la utilización de hormigones de consistencia líquida, con asentamiento superior a 16 cm. con el cono de asentamiento, se realizó dos ensayos, el promedio de los dos resultados fue comprendido dentro de los límites especificados como se muestra en la tabla 3.17.

*Tabla 3.17 Tolerancias de consistencias del hormigón fresco*

<b>Casos</b>	<b>Asentamientos</b>
Secciones corrientes	3 a 7 cm. (máximo)
Secciones con dificultad de vaciado	10 cm. (máximo)
Se prohíbe	> 16 cm.

*Fuente: Especificaciones técnicas del proyecto: Enlosetado de vías Cobija tramo: Comunidad Abaroa, 2017*

La determinación de la consistencia del hormigón se realizó de acuerdo a la tabla 3.18, donde muestra los 5 tipos de consistencia del hormigón.

*Tabla 3.18 Tipos de consistencias del hormigón fresco*

<b>Consistencia según el cono de Abrams</b>	
<b>Consistencia</b>	<b>Asiento (cm)</b>
Seca	0 - 2
Plástica	3 - 5
Blanda	6 - 9
Fluida	10 - 15
líquida	> 16

*Fuente: Norma boliviana del hormigón CBH87, 1987*

Contando con las tolerancias mostradas en la tabla 3.17, se efectuó la cantidad de ensayos descritos en la tabla 3.19. donde se muestra el valor del asentamiento de cada espécimen y la asignación del tipo de consistencia correspondiente.

Tabla 3.19 Consistencia de hormigón en obras de confinamiento

<b>Consistencias del Hormigón - Cono de Abrams</b>			
<b>N°</b>	<b>Fechas de vaciados</b>	<b>Asentamientos (cm.)</b>	<b>Consistencias</b>
1	28/08/2018	7,50	Blanda
2	03/09/2018	8,00	Blanda
3	07/09/2018	8,30	Blanda
4	12/09/2018	5,50	Plástica
5	14/09/2018	8,00	Blanda
6	18/09/2018	14,50	Fluida
7	21/09/2018	10,00	Fluida
8	22/09/2018	10,70	Fluida
9	01/10/2018	9,00	Blanda
10	02/10/2018	10,50	Fluida

Fuente: Elaboración propia

Se procedió a la evaluación del hormigón empleado en las obras de confinamiento, de tal manera se comprobó que se usó un hormigón con consistencias entre blandas y fluidas como se detallan en la tabla 3.20, las mismas fueron reportadas a la unidad de supervisión. Se recomendó mejorar los asentamientos del hormigón a la empresa ejecutora.

Tabla 3.20 Resumen de ensayos de consistencia de hormigón fresco

<b>Ensayos</b>	<b>Consistencias</b>		<b>%</b>
10	Blandas	5	50
	Fluidas	4	40
	Plásticas	1	10
<b>Evaluación de los ensayos</b>			
<p style="text-align: center;"> <span style="color: orange;">■</span> Blandas    <span style="color: yellow;">■</span> Plástica    <span style="color: green;">■</span> Fluida         </p>			

Fuente: Elaboración propia

### 3.4 CONTROL DE CALIDAD DE FABRICACIÓN DE LOSETAS

Las losetas de hormigón forman la superficie del pavimento, por lo cual se constató su buena calidad para que soporten el tránsito de personas, animales y vehículos, con un año de vida útil mínimo de 20 años, el control de calidad consistió en realizar un procedimiento minucioso que comprende: en la fabricación de las losetas, características del hormigón, transporte hasta el asentado y estética de las losetas, las cuales cuentan con una buena apariencia por ser la parte visible del pavimento.

El criterio para realizar de control de calidad, se organizó del modo detallado en la figura 3.15.



*Figura 3.15 Criterios de control para losetas*

*Fuente: Elaboración propia*

#### 3.4.1 Control de calidad en planta

Las losetas son elementos macizos de hormigón prefabricados, de color uniforme, sin fisuras, huecos, hormigueros, Descascaramientos o materiales extraños. Al contener los materiales característicos de un hormigón se realizó el control cumpliendo con las siguientes exigencias:

##### *3.4.1.1 De los materiales.*

El acopio de los materiales a utilizarse, se efectuó en lugares almacenables, libre se materiales nocivos (maderas, ramas, semillas, vegetación, piedras grandes, etc...) que alteren la dosificación y resistencia de la masa, al ser instruido a las fabricas productoras de losetas.

Las especificaciones para el control de materiales en la elaboración y fabricación de losetas hexagonales se muestran en las tablas 3.21 y 3.22.

*Tabla 3.21 Control de materiales para losetas*


Arena	Considerando que es un material extraído del río Acre, se verificó la limpieza y uniformidad, el almacenado bajo techo o cubierta con telas impermeables, o plásticos para evitar que se sature.
Agregado grueso	Mínimo control al ser un material permeable
Cemento	Se verificó el acopio del material, que se encuentren en ambientes secos y la forma de acopio con una altura máxima de la pila que no exceda los 10 sacos.
Agua	Se confirmó que el agua empleada en el mezclado del hormigón fuese limpia y libre de materia perjudicial como ser aceites, ácidos, álcalis, sales u otra materia orgánica.

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.4.1.2 De la fabricación de losetas

*Tabla 3.22 Control de la fabricación de losetas*

Dosificaciones	Las dosificaciones que las empresas emplearon, satisfacen a los requerimientos de las especificaciones técnicas, en la que se ajustó en base a ensayos de laboratorio hasta alcanzar las resistencias características deseadas.				
	Proporciones de la mezcla 1:2:2	Cemento (Kg)	Arena (M3)	Brita 01 (M3)	A/C
		450	0.67	0.67	0.45

Dimensiones	<p>Las losetas al ser elaboradas con máquinas vibro compresoras con moldes estandarizados no todas cumplen con las formas y tamaños correspondientes, se aceptó las tolerancias de +/- 5 mm en la superficie hexagonal y +/- 3 mm en la altura.</p> <p style="text-align: center;"><b>LOSETAS HEXAGONALES</b></p> 				
	Rendimiento	Lado A	Largo B	Alto C	Peso
	12 Pza./m <sup>2</sup>	17 cm	30 cm	10 cm	17 Kg
Trabajabilidad	Mediante constantes visitas técnicas se instruyendo a las empresas proveedoras que se prevean los daños que afecten al terminado.				
Vibrado	<p>Las máquinas vibro compresoras (pulpo) cuentan con sistema de vibrado que se adecua a la fabricación de losetas. De esta forma se planteó las siguientes recomendaciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) El personal encargado de la manipulación de la máquina, no debe realizar el vibrado con la masa mayor a 7 s., debido a que los moldes sufren deformaciones.</li> <li>2) Se deben cambiar los moldes a cada 25000 losetas fabricadas.</li> </ol>				
Curado	El curado se realizó mediante el riego manual, realizado en dos turnos al día, uno en las primeras horas del día y el otro al finalizar la tarde, durante un periodo de 28 días.				
Producción	Se requirió una producción diaria de 1000 Pza. Todas las empresas proveedoras cumplen.				

Seguridad Industrial	Del personal asignado para la producción de losetas, se instruyó a las empresas proveedoras contar con equipo EPP para todo su personal, controlando principalmente las botas y guantes de seguridad, para evitar cualquier incidente.  Paralelamente se instruyó a las empresas proveedoras contar con un Botiquín de primeros auxilios y un extintor eficiente.
----------------------	---

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.4.2 Ensayos de laboratorio

El pavimento articulado conformado por losetas ostenta una capacidad estructural de soportar cualquier tipo de cargas, durabilidad, estabilidad y solidez. Mediante especificaciones técnicas se presentaron las características Físico-Mecánicas y ensayos requeridos para su respectivo control los cuales se presentan en la tabla 3.23.

*Tabla 3.23 Ensayos requeridos para la fabricación de losetas*

Resistencia característica a la flexión	3.5 Mpa – 4.5 Mpa
Abrasión desgaste de los ángeles	>19 %

*Fuente: Especificaciones técnicas del proyecto*

La toma de muestras consistió en la extracción de 3 losetas para el ensayo de determinación a flexión y 10 Kg de masa del material granular utilizado, para los respectivos ensayo y proceder con la aprobación de un lote de 10.000 losetas

#### 3.4.2.1 Método de ensayo para determinar el esfuerzo de flexión en las losetas

En Bolivia no se cuenta con ensayos normados para el estudio de adoquines o losetas, de esta forma se adecuó la aplicación del método de ensaye a la resistencia a la flexión de probetas prismáticas para testigos de pavimento rígido (ASTM C78 Y C293 AASHTO T97 Y T77) en el control de losetas, siguiendo los parámetros de calidad.

El análisis del ajuste del ensaye mencionado, se consolida en la consideración de la resistencia a la flexión del concreto en losetas, que es aplicable en el diseño para el criterio de fatiga, es decir se controla en agrietamiento del pavimento articulado bajo la repetición de cargas.

El alabeo del pavimento de concreto bajo las cargas del tráfico provoca esfuerzos tanto de compresión como de flexión. Sin embargo, la proporción de los esfuerzos a compresión contra la resistencia a la compresión del concreto es mínima como para influir en el diseño de espesor de las losetas. En cambio, la relación de los esfuerzos a flexión contra la resistencia a la flexión del concreto es mucho mayor, semejante a las placas del pavimento rígido. Por este motivo los esfuerzos y la resistencia a la flexión son los empleados para el diseño de espesores.

Este método establece los procedimientos para efectuar el ensayo de tracción por flexión a la rotura de probetas prismáticas de hormigón simplemente apoyadas.

#### *3.4.2.2 Materiales y equipos*

- Prensa de ensayo
- Dispositivo de tracción por flexión (con apoyos cilíndricos)
- Regla rectificadora.
- Cortadora de concreto por fricción.

#### *3.4.2.3 Procedimiento del ensayo para determinar el esfuerzo a flexión de las losetas*

Se realizó la extracción de 3 losetas representativas de la aprobación de un lote de 10.000 piezas, con los cuidados de manejo respectivos. Posteriormente se realizó el curado de 24 horas, hasta su retiro para adecuar los cortes para los ensayos a flexión.

Se recomienda aplicar la siguiente metodología:

*De los cortes. -*

- El corte se realizó con un disco que corte simplemente por fricción, de modo que no realice esfuerzos internos que afecten en las propiedades físicas o mecánicas de la loseta.
- Antes y durante la ejecución del corte se debe humedecer la pieza de la loseta, para enfriar el disco y así mismo evitar la suspensión de partículas.
- La dimensión del corte se realizó de acuerdo a las dimensiones de la loseta, adecuando los cortes de forma perpendicular a dos de sus caras: (Longitud = 30 cm, Ancho = 17 cm y Espesor = 10 cm, Ver figura 3.16)

### De la aplicación de la carga

- Carga P centrada:
- La distancia “x” entre cada línea de apoyo y el extremo más cercano de la probeta era igual o mayor que 2.5 cm. (Ver figura 3.17)
- Se trazó rectas sobre las cuatro caras del testigo, de tal manera que marquen las secciones de apoyo y el centro del prisma.
- Se realizó el colocado de la probeta en la prensa de ensaye, de forma vertical haciendo coincidir las líneas de trazado con las líneas de apoyo con tolerancias de  $\pm 1$  mm

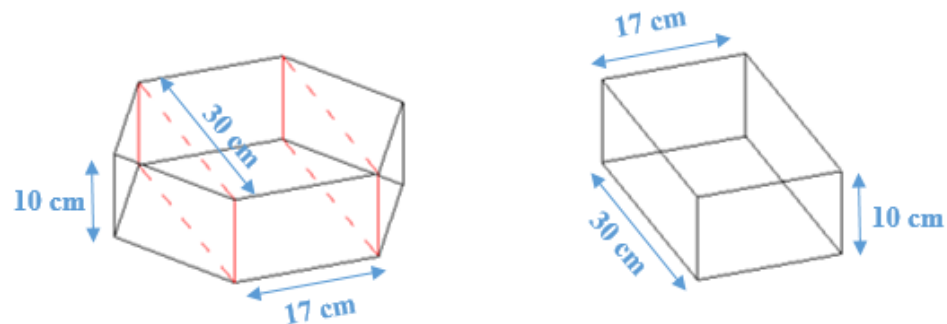


Figura 3.16 Cortes efectuados en la loseta

Fuente: Elaboración propia

### De los cálculos

Para el cálculo de la resistencia a la tracción por flexión como la tensión de la rotura, se empleó la siguiente ecuación.

$$f_t = \frac{3PxL}{2bxh^2} \text{ (Ecuación 3.1)}$$

- Donde:

$f_t$  = Tensión de la rotura, (MPa)

$P$  = Carga máxima aplicada, (N).

$L$  = Luz de ensaye de la probeta, (mm).

$b$  = Ancho promedio de la probeta en la sección de rotura, (mm)

$h$  = Altura promedio de la probeta en la sección de rotura, (mm).

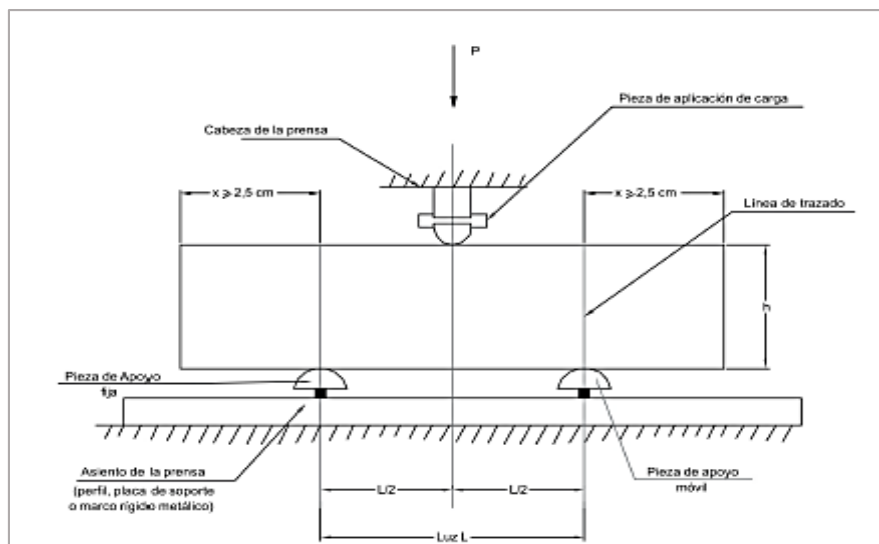


Figura 3.17 Ensayo de tracción por flexión

Fuente: Manual de método de ensayo de suelos y materiales ABC

En el proceso para realizar el respectivo control de calidad en las losetas empleadas, inicialmente se calculó la cantidad total de losetas que se presenta en la tabla 3.24, mediante el plano de diseño geométrico. Con el fin de cuantificar y organizar los ensayos requeridos.

Tabla 3.24 Cantidad de losetas utilizadas

Vía	Progresivas	Ancho	Largo	Área
Principal	0+000 - 0+340	7,3	352,40	2572,52
Principal	0+340 - 0+410	7,3	62,78	458,29
Principal	0+420 - 0+620	7,7	204,62	1575,57
Principal	0+640 - 0+794	7,7	154,00	1185,80
Nueva	0+000 - 0+100	7,7	105,80	814,66
Nueva	0+100 - 0+186	7,7	87,60	674,52
Intersecciones				
Principal	0+230	2	5,42	10,84
Principal	0+340	2	5,42	10,84
Principal	0+420	2	5,42	10,84
Principal	0+630	1	233,43	233,43
<b>AREA TOTAL DE ENLOSETADO</b>				7547.32
<b>RENDIMIENTO 12 Pza./m2</b>				12,00
<b>TOTAL DE LOSETAS</b>				90567,84

Fuente: Elaboración propia

La unidad de supervisión al conocer las cantidades estimadas de losetas (90.568 piezas), aprobó el requerimiento de 10 lotes para la ejecución del enlosetado, de esta forma se efectuó el control de 6 lotes que mediante especificaciones técnicas los ensayos de resistencia a la rotura por flexión debían ser mayor a 3.5 Mpa. Los resultados obtenidos de laboratorio de las pruebas realizadas se muestran en Anexo D – ensayos de laboratorio y se detallan en la tabla 3.25.

*Tabla 3.25 Ensayos de tracción por flexión efectuados en losetas*

Fecha de vaciado	Lotes	Resistencia a la rotura promedio (Mpa)	Especificación Técnica	Observaciones
01/08/2018	1	1,79	< 3,5 Mpa	No Cumple
18/08/2018	2	5,22	> 3,5 Mpa	Cumple
18/08/2018	3	5,31	> 3,5 Mpa	Cumple
27/08/2019	4	4,24	> 3,5 Mpa	Cumple
03/09/2018	5	4,57	> 3,5 Mpa	Cumple
04/09/2018	6	7,79	> 3,5 Mpa	Cumple

*Fuente: Elaboración propia*

Finalmente se realizó la respectiva evaluación de todos los ensayos realizados, en los que se obtuvo un resultado factible, en consideración el 83 % de las losetas utilizadas en obra, cumplieron con lo requerido como se aprecia en la tabla 3.26, lo que conlleva a una conformidad por parte de supervisión.

*Tabla 3.26 Resumen de ensayos de tracción por flexión*

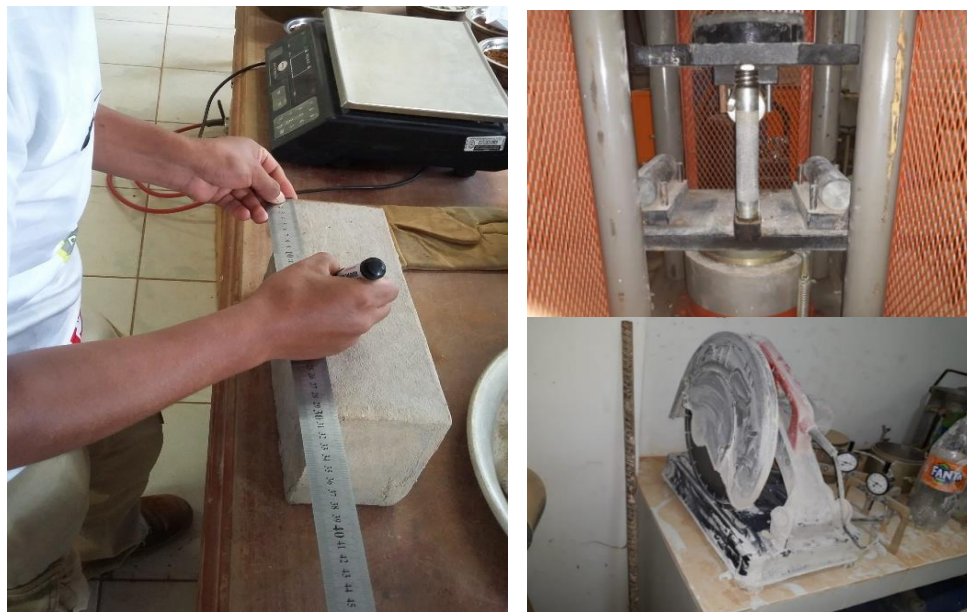
Ensayos de resistencia a la flexión	Probetas	Lotes analizados	Cantidad de losetas	Porcentaje (%)
	18	6	60000	
Cumplen	15	5	50000	83,33
No cumplen	3	1	10000	16,67

**Evaluación de los ensayos**

■ Cumplen 83%   ■ No cumplen 17%

*Fuente: Elaboración propia*

Los equipos y herramientas para realizar en control de resistencia por flexión se muestran en la figura 3.18.



*Figura 3.18 Equipos empleados para el ensayo de tracción por flexión*

*Fuente: Elaboración propia*

#### *3.4.2.5 Método de ensayo de desgaste de los ángeles ASTM C131 – AASTHO T96*

En la ciudad de Cobija el uso común del agregado grueso para la producción de cualquier tipo de concreto es de procedencia brasilera, transportada desde canteras con el material chancado y con adecuada distribución granulométrica, se comercializa en la región.

Los agregados gruesos cuentan con una de las propiedades físicas que hace referencia al desgaste del material, relacionado con la repetición de cargas y el contacto por fricción de los neumáticos con el concreto. La propiedad influye en el diseño de mezcla y es frecuentada como “la resistencia a la abrasión o desgaste de los agregados”.

Este ensayo conlleva a conocer la durabilidad y la resistencia que tendrá el concreto para la fabricación de losas, estructura simple o estructura que requieran que la resistencia del concreto sea adecuada para ellas. El equipo que se utiliza para determinar este ensayo es la máquina de los ángeles.

La máquina de los ángeles consiste en un cilindro o tambor hueco de acero cerrado en ambos extremos, este cilindro tiene las siguientes dimensiones, 710mm ± 6mm, de diámetro interior, 510 mm ± 6mm de longitud interior. El tambor tiene además una puerta lateral pequeña por donde se introduce la muestra, el tambor debe ser montado de forma adecuada y acopiado a un motor de 1 Hp de potencia aproximadamente, de forma tal que el número de revoluciones por minuto del tambor sea de 30 a 33 rpm.

La prueba consiste en hacer golpear una muestra de material con una carga abrasiva dentro del tambor metálico (giratorio), a una determinada velocidad. La evaluación de la resistencia a la abrasión se realiza a partir del incremento en material fino que se produce por el efecto de golpeo con la carga abrasiva dentro del tambor cilíndrico. La cantidad de material a ensayar y el número de esferas a incluir dependen de la granulometría del agregado grueso.

Según especificaciones técnicas indica que “la grava utilizada deberá tener como máximo el 90 % de desgaste de la piedra ígnea al ser sometida al ensayo de desgaste de Los Ángeles AASHTO T 96 con muestra tipo I, 4,5% de desgaste a 100 revoluciones y 19% a 500 revoluciones para la misma piedra.”.

El control de las pruebas de los ensayos realizados se detalla en la tabla 3.27.

*Tabla 3.27 Ensayos de resistencia a la abrasión*

Nº	Fecha	Muestra	Nº de Revoluciones	% de Desgaste	Especificaciones técnicas	Observaciones
1	15/08/2018	Brita 1	500	38,10	> 19%	Cumple
2	07/09/2018	Brita 1	500	20,90	> 19%	Cumple

*Fuente: Elaboración propia*

### **3.4.3 Control de manejo de las losetas**

El transporte y manejo de las losetas, se realizó de la manera más ordenada posible, evitando el choque entre ellas que ocasionen posibles deterioros en las aristas o fisuras.

El cargue y descargue se realizó a mano y apilando en lugares próximos a las áreas de trabajo, controlando que las mismas no estén a más de 1 m de altura o mayor a 10 losetas por pila para evitar posibles derrumbes.

El sitio de descarga debe permanecer prácticamente limpio y de técnicamente horizontal, calculando la cantidad aproximada que cubriría cierta área de trabajo con el rendimiento obtenido de 12 losetas / m<sup>2</sup>. Esto para evitar al mismo tiempo los retrasos debido al desorden y poder alcanzar el máximo rendimiento en la construcción del pavimento articulado.

### 3.4.4 Control del estado de las losetas en Obra

Se realizaron peritajes constantes para verificar del estado de las losetas, localizando: Fisuras, cangrejas, Descascaramientos, rebabas horizontales o verticales, embobamientos o torceduras (Ver tabla 3.28).

Al ser localizados los daños en las losetas comprometidas se procede al marcado y retiro de las áreas de trabajo, apilándolas para su conteo.

*Tabla 3.28 porcentaje de losetas retiradas*

<p><b>Losetas empleadas: 90568</b> (Piezas)</p>	
<p><b>Losetas en mal estado: 527</b> (Piezas)</p>	
<p><b>Equivalencia:</b> 0.58%</p>	

*Fuente: Elaboración propia*

## CAPITULO IV

### MARCO ADMINISTRATIVO

#### 4.1. AVANCE FISICO

El proyecto: “Enlosetado de Vías Cobija: Tramo – Comunidad Abaroa”, tuvo un cambio en la fecha de inicio de obra debido a temas administrativo, donde se tenía establecido como inicio el 01 de agosto del 2017. Haciendo la respectiva reorganización el proyecto inició el 08 de junio de 2018 con un plazo de 180 días calendario, el mismo cumplió con la ejecución de los ítems detallados en el cronograma de avance de obra establecidos sobre el área de trabajo de 8.820 M2.

Durante la etapa de ejecución, se realizó modificaciones a las actividades del cronograma inicia de obra detallado en la figura 4.1, bajo la disposición coordinada entre la supervisión, fiscalización y residentes de tal manera que se permitió la viabilidad del proceso constructivo, como se muestran en el cronograma de avance de obra detallado en la figura 4.2.

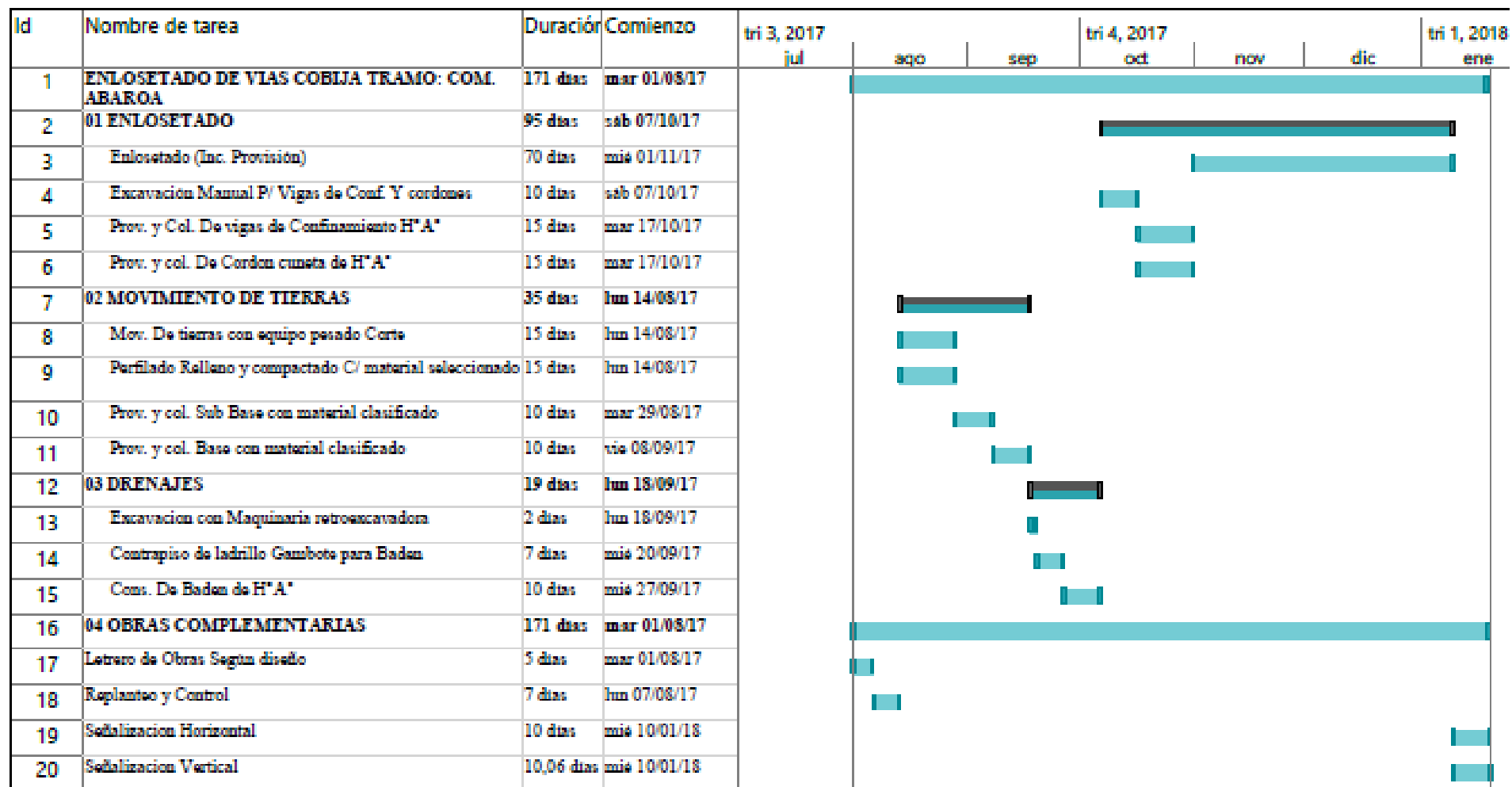
Con las modificaciones establecidas en las actividades del proyecto, se realizó el respectivo seguimiento de las actividades, verificando los tiempos programados y las cantidades de los materiales, las actividades modificadas durante la ejecución del proyecto se detallan en la tabla 4.1.

*Tabla 4.1 Modificaciones del proyecto*

ACTIVIDAD	ITEMS NO EJECUTADO	ITEM NUEVOS
Conformación de plataforma		Ítem 5.- Retiro de material excedente
Drenaje pluvial	Ítem 10.- Contrapiso de ladrillo Gambote para Baden Ítem 11.- Const. De Baden H° A°	Ítem 8.- H° A° P/Drenaje Pluvial Ítem 9.- Provisión y tendido de tuberías PVC – U 600mm.
Obras de confinamiento de H° A°		Ítem 14.- Relleno y compactado de aceras.
Enlosetado		Ítem 16.- Sellado asfaltico

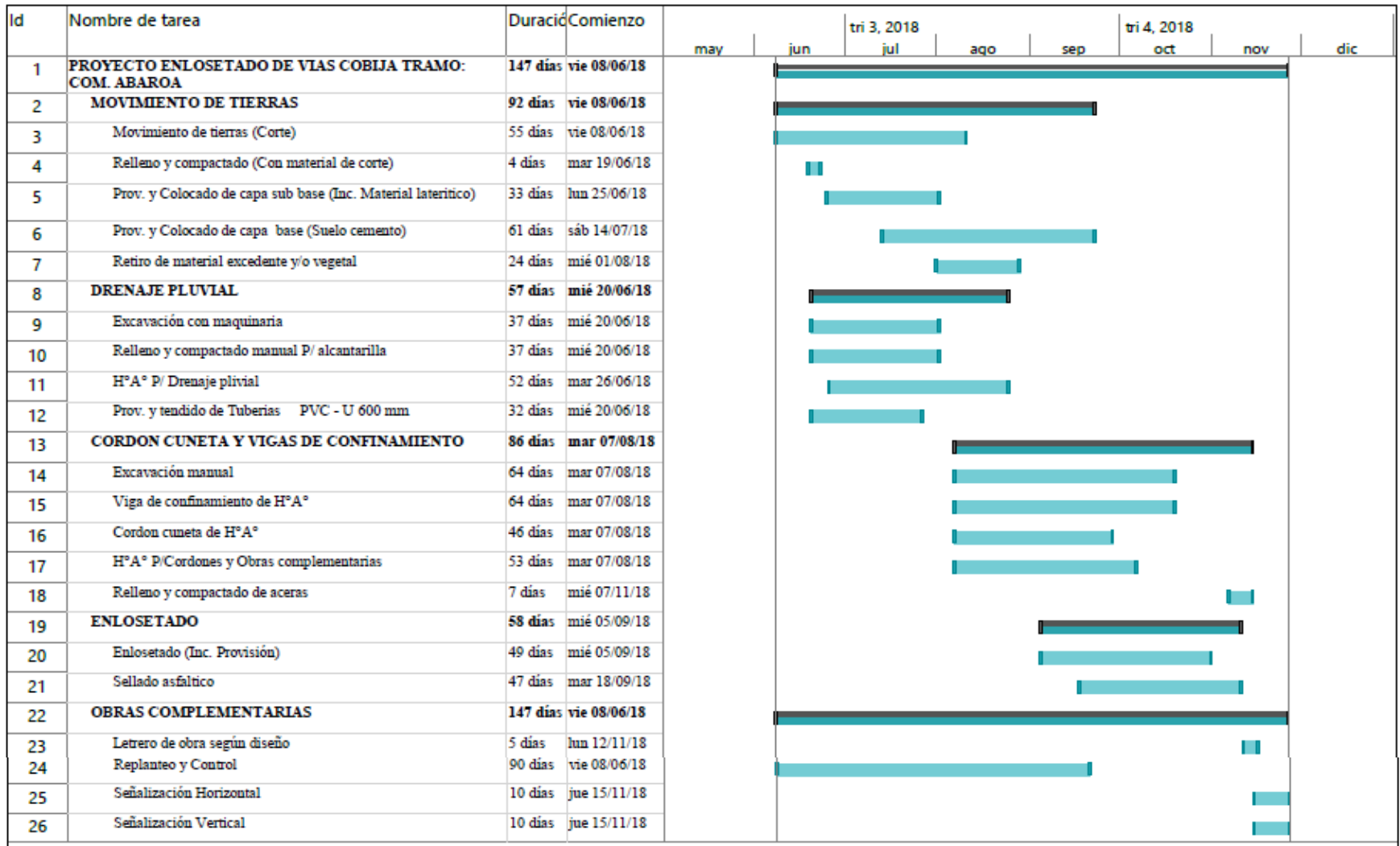
*Fuente: Elaboración propia*

Figura 4.1 Cronograma inicial de obra



Fuente: Resumen ejecutivo del proyecto: " Enlosetado de vías Cobija – Tramo: Comunidad Abaroa", 2017.

Figura 4.2 Cronograma de avance de obra.



Fuente: Elaboración propia

El seguimiento a las actividades del proyecto se realizó mediante la verificación de los volúmenes ejecutados en todos los ítems que contemplen lo establecido en las planillas de avance mensual descritos en la tabla 4.2. El proyecto se ejecutó de forma factible cumpliendo con los tiempos establecidos y las cantidades conformes de los materiales.

Tabla 4.2 Volúmenes de avance de obra

Avance Físico - Proyecto enlosetado de vías Cobija tramo: Comunidad Abaroa									
		ACTIVIDADES		JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
CONFORMACION DE PLATAFORMA	1	Movimiento de tierras (Corte)	M3	650.00	950.50	1334.05			
	2	Relleno y compactado	M3		662.30				
	3	Prov. y col. de capa sub base	M3	950.00	700.00	250.00	760.74		
	4	Prov. y col. de capa base	M3	377.00	300.00	242.40			
	5	Retiro de material excedente	M3				2284.05	1052.50	
<b>Σ</b>				<b>1977.00</b>	<b>2612.80</b>	<b>1826.45</b>	<b>3044.79</b>	<b>3044.79</b>	
DRENAJES PLUVIALES	6	Excavación con maquinaria	M3	44.95	192.99		17.28		
	7	Prov. y tendido de tub. 600 mm	ML		51.00		12.00		
	8	Relleno y compactado	M3	29.55			6.79		
	9	H°A° P/ drenaje pluvial	M3	23.12	4.00		5.33		
<b>Σ</b>				<b>97.62</b>	<b>247.99</b>		<b>41.40</b>		
OBRAS DE CONFINAMIENTO DE H°A°	10	Excavación manual	M3			30.00			49.77
	11	Viga de confinamiento de H°A°	ML						250.33
	12	Cordón cuneta de H°A°	ML			800.00	526.00		151.21
	13	H°A° P/ Cordones y obras de conf.	M3				27.00		
	14	Relleno y compactado de aceras	M3						317.18
<b>Σ</b>						<b>830.00</b>	<b>553.00</b>		<b>768.49</b>
	15	Enlosetado	M2					5111.50	2593.50
	17	Señalización horizontal y vertical	PZA						0.19
<b>Σ</b>								<b>5111.50</b>	<b>2593.69</b>

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 4.2, se realizó el análisis de los volúmenes de avance de obra, expresados en porcentaje de cada actividad ejecutada mensualmente, como se observa en la tabla 4.3.

Tabla 4.3 Volúmenes ejecutados convertidos en porcentajes

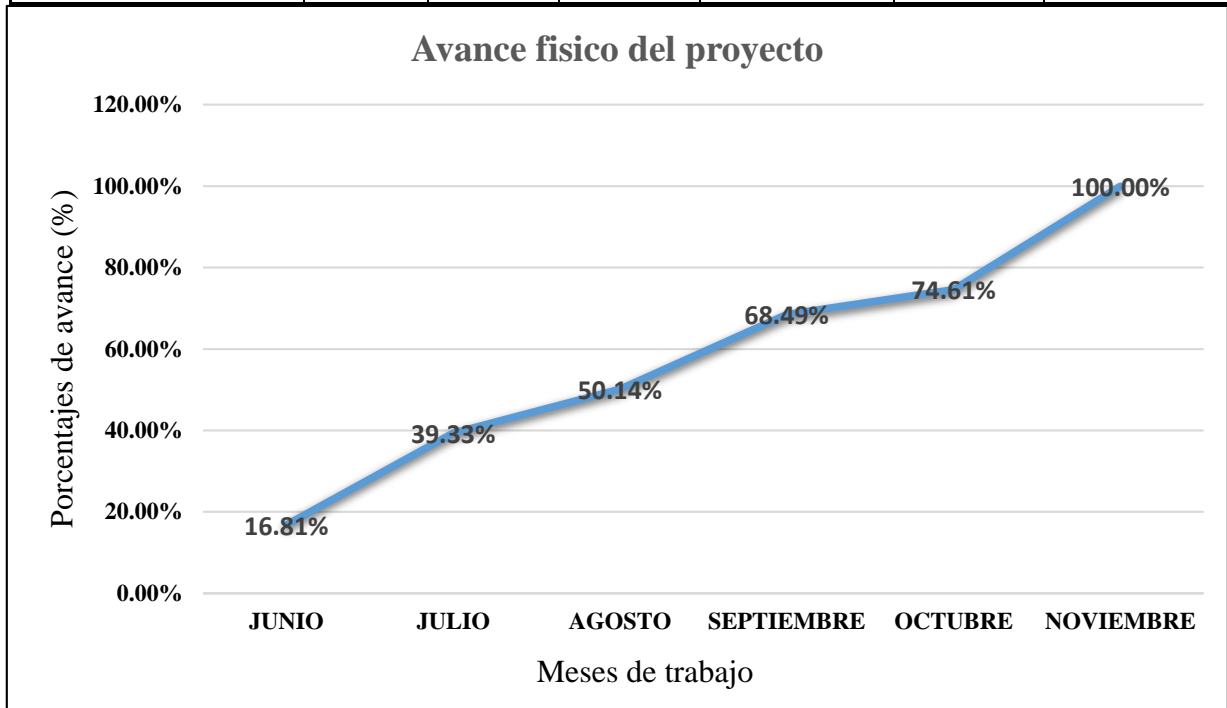
Avance Físico - Proyecto enlosetado de vías Cobija tramo: Comunidad Abaroa							
	ACTIVIDADES	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
CONFORMACION DE	1	Movimiento de tierras (Corte)	1.4%	2.02%	2.84%		
	2	Relleno y compactado		6.25%			
	3	Prov. y col. de capa sub base	2.23%	1.64%	0.59%	1.79%	
	4	Prov. y col. de capa base	2.56%	2.04%	1.65%		
	5	Retiro de material excedente				4.28%	1.97%
	<b>Σ</b>	<b>6.18%</b>	<b>11.96%</b>	<b>5.08%</b>	<b>6.07%</b>	<b>1.97%</b>	
DRENAJE PLUVIAL	6	Excavación con maquinaria	1.10%	4.73%		0.42%	
	7	Prov. y tendido de tub. 600 mm		5.06%		1.19%	
	8	Relleno y compactado	5.08%			1.17%	
	9	H°A° P/ drenaje pluvial	4.45%	0.77%		1.03%	
	<b>Σ</b>	<b>10.64%</b>	<b>10.56%</b>		<b>3.81%</b>		
OBRAS DE CONFINAMI	10	Excavación manual			2.35%		3.90%
	11	Viga de confinamiento de H°A°					6.25%
	12	Cordón cuneta de H°A°			3.38%	2.23%	0.64%
	13	H°A° P/ Cordones y obras de conf.				6.25%	
	14	Relleno y compactado de aceras					6.25%
	<b>Σ</b>			<b>5.74%</b>	<b>8.48%</b>		<b>17.04%</b>
	15	Enlosetado				4.15%	2.10%
	16	Obras preliminares					6.25%
	<b>Σ</b>					<b>4.15%</b>	<b>8.35%</b>

Fuente: Elaboración propia

Se realizó el avance de obra en distribución de porcentajes detallado en la tabla 4.3, con el fin de elaborar el resumen de avance físico y mediante los porcentajes acumulados y así obtener la curva de evaluación del avance físico del proyecto (ver tabla 4.4).

*Tabla 4.4 Resumen general del avance físico*

	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
Avance físico mensual	16.81%	22.51%	10.81%	18.35%	6.12%	25.39%
Avance físico acumulado	16.81%	39.33%	50.14%	68.49%	74.61%	100.00%



*Fuente: Elaboración propia*

## 4.2 AVANCE FINANCIERO

El presupuesto general del proyecto establecido de acuerdo a un análisis técnico de ingeniería fue de Bs. 4.048.774.15, este monto fue modificado durante la ejecución de obra. El seguimiento realizado a las empresas ejecutoras consistió en el apoyo con las cantidades adecuadas del avance físico, para la elaboración de los cómputos métricos. De esta forma se realizó la actualización de las planillas de avance mensual detalladas en la tabla 4.5. De forma paralela se verificó el porcentaje correspondiente al monto de 15 planillas distribuidas en la ejecución del proyecto.

En la tabla 4.5, se muestra el avance financiero mensual por cada actividad ejecutada, el monto total ejecutado alcanza los Bs 3.172.784, 87/100, justificados debidamente mediante planillas de avance de obra que se muestran en (Anexo C – Planillas de Avance de Obra).

Tabla 4.5 Planillas de avance mensual

Avance financiero - Proyecto enlosetado de vías Cobija tramo: Comunidad Abaroa								
		ACTIVIDADES	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
CONFORMACION DE PLATAFOR	1	Movimiento de tierras (Corte)	6110.00	8930.00	12530.67	12540.07		
	2	Relleno y compactado		16199.86				
	3	Prov. y col. de capa sub base	71611.00	52766.00	18845.00	75587.59	57344.58	
	4	Prov. y col. de capa base	117559.91	93549.00	75523.37	18845.00		
	5	Retiro de material excedente					35174.37	16208.50
<b>Σ</b>			<b>195280.91</b>	<b>171444.86</b>	<b>106899.04</b>	<b>106972.66</b>	<b>92518.95</b>	<b>16208.50</b>
<b>%</b>			<b>5.63%</b>	<b>4.94%</b>	<b>3.08%</b>	<b>3.08%</b>	<b>2.67%</b>	<b>0.47%</b>
DRENAJE PLUVIAL	6	Excavación con maquinaria	1693.27	7269.93		3404.24		
	7	Prov. y tendido de tub. 600 mm		66117.42		15557.04		
	8	Relleno y compactado	3248.43			3845.35		
	9	H°A° P/ drenaje pluvial	101725.69	17599.60		17599.60		
<b>Σ</b>			<b>106667.39</b>	<b>90986.95</b>		<b>40406.23</b>		
<b>%</b>			<b>3.07%</b>	<b>2.62%</b>		<b>1.16%</b>		
OBRAS DE CONFINAMIENTO DE	10	Excavación manual			1639.80			2720.43
	11	Viga de confinamiento de H°A°						50646.77
	12	Cordón cuneta de H°A°			178016.00	117045.52		33647.25
	13	H°A° P/ Cordones y obras de conf.				80799.93		
	14	Relleno y compactado de aceras						36434.47
<b>Σ</b>					<b>179655.80</b>	<b>197845.45</b>		<b>123448.92</b>
<b>%</b>					<b>5.18%</b>	<b>5.70%</b>		<b>3.56%</b>
	15	Enlosetado						1974092.80
	16	Señalización Horizontal y Vertical						44660.18
	17	Laboratorio						22120.00
<b>Σ</b>								<b>2040872.98</b>
<b>%</b>								<b>58.83%</b>

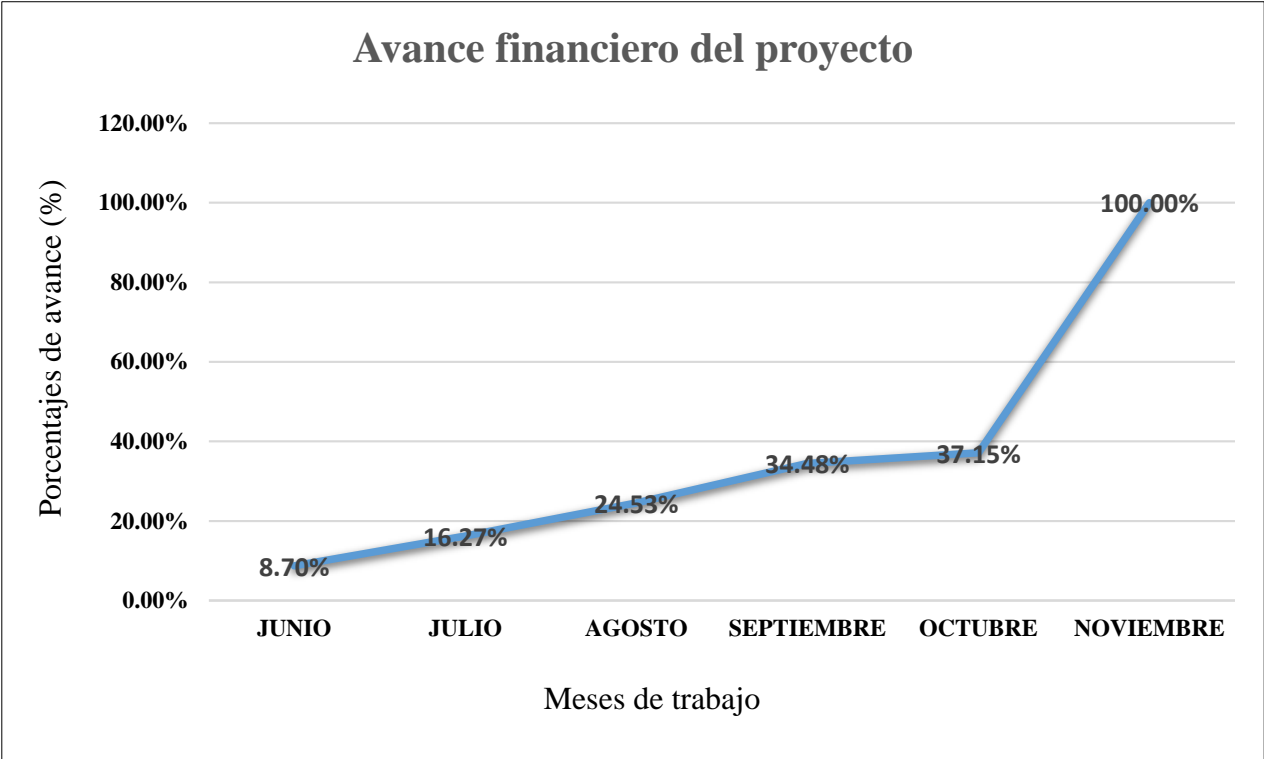
Fuente: Elaboración propia

Nota: Las cantidades que se muestran en las casillas de la tabla se expresan en Bs.

Continuamente se realizó el avance financiero de obra en distribución de porcentajes mediante la tabla 4.5, con el fin de elaborar la curva de evaluación del avance financiero del proyecto detallado en la tabla 4.6.

*Tabla 4.6 Resumen general del avance financiero*

	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
Avance financiero mensual	8.70%	7.56%	8.26%	9.95%	2.67%	62.85%
Avance financiero acumulado	8.70%	16.27%	24.53%	34.48%	37.15%	100.00%



*Fuente: Elaboración propia*

**4.3 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD**

El proyecto de enlosetado como parte del programa de creación de empleo generó aproximadamente 120 fuentes de trabajo directos e indirectos desde su implementación, informó el gerente general del Fondo Nacional de Inversión Productiva y Social (FPS – Pando).

El alcance del programa benefició alrededor de 150 familias mejorando la calidad de vida, logrando la transitabilidad los 365 días del año y la organización del tráfico vehicular.

La inversión ejecutada del F.P.S., en este proyecto alcanza los 3.469.208 64/100 Bs. Para la construcción de 980 metros de vías a través de este proyecto.

El enlosetado forma parte del plan de generación de empleo que lo ejecuta el ministerio de planificación del desarrollo mediante el programa de infraestructura urbana, generando 27 empleos directos organizados mediante cuadrillas de trabajo, una cuadrilla se encontraba conformada por 9 obreros, es decir: 4 maestros y 5 ayudantes, la función que realizaba el personal de enlosetado se describe en la tabla 4.7 e ilustrado en la figura 4.3

*Tabla 4.7 Organización del personal para enlosetado*

<b>Grupo</b>	<b>Personal</b>	<b>Función</b>
Cuadrillas 1,2 y 3	4 Maestros	- Nivelación de la cama de arena - Asentado de losetas - Vaciado de remates con Hormigón simple
	5 Ayudantes	- Distribución de arena sobre el área de trabajo - Apilado de losetas sobre el área de trabajo

*Fuente: Elaboración propia*



*Figura 4.3 Personal del enlosetado*

*Fuente: Elaboración propia*

Parcialmente se calculó los respectivos rendimientos efectuados por cada grupo de trabajo o cuadrilla, con el fin de exponer la factibilidad del programa de generación de empleos.

Los desembolsos de la mano de obra de enlosetado se establecieron de modo que se cancelaría respecto al avance que obtenga cada cuadrilla con un precio unitario de 11.36 Bs./m<sup>2</sup>. El personal

comprende, la proporcionalidad directa de ingresos que a mayor avance aumentaría los salarios. En la tabla 4.8 se muestran los rendimientos alcanzados por las 3 cuadrillas que realizaron el trabajo de enlosetado, como se puede apreciar existe una diferencia en los rendimientos de cada cuadrilla siendo el promedio de las 3 cuadrillas de 1.82 m2/hr.

*Tabla 4.8 Rendimientos de mano de obra de enlosetado*

Cuadrilla	Personal	Rendimiento global	Rendimiento individual	Rendimiento m2/Hr.
1	9	115.50 m2/día.	12.83 m2/día.	1.60 m2/Hr.
2	9	146.00 m2/día.	16.22 m2/día.	2.03 m2/Hr.
3	9	131.40 m2/día.	14.60 m2/día.	1.82 m2/Hr.
<i>Rendimiento promedio</i>		130.97 m2/día.	14.55 m2/día.	1.82 m2/Hr.

*Fuente: Elaboración propia*

Al contar con los avances y rendimientos computados se realizó la comparación con el análisis de precio unitario inicial referenciado (Ver ANEXO E – APU de enlosetado).

*Tabla 4.9 Comparación de salarios*

	Salario del A.P.U. de referencia	Salario promedio del programa empleo
Albañil	120 Bs/día.	165 Bs/día.
Ayudante	100 Bs/día.	120 Bs/día

*Fuente: Elaboración propia*

De acuerdo a la comparación de los salarios detallado en la tabla 4.9, se demostró que el programa de empleo es rentable y factible, por alcanzar un mayor rendimiento

*Tabla 4.10 Factibilidad del programa empleo*

Indicador económico Beneficio/Costo
$\frac{B}{C} = \frac{\text{Salario real}}{\text{Salario referencial}} = \frac{165 \text{ Bs/día}}{120 \text{ Bs/día}} = 1.375$
<b>B/C = 1.375 &gt; 1 → Es viable</b>

*Fuente: Elaboración propia*

## **CAPITULO V**

### **RENDIMIENTOS DE LA MOTONIVELADORA**

La industria de la construcción es una de las actividades más concurrentes en el mundo y de nuestro país, en gran parte involucra el empleo de maquinaria pesada para realizar proyectos de infraestructura vial, donde la planeación y programación de las obras juegan un papel fundamental en el desarrollo de proyectos, por su importancia económica, su amplio alcance y aporte en la sociedad.

Al realizar la consultoría de los proyectos de tipo vial, se elabora un estimativo de tiempo y el costo que determina duración, parte del financiamiento y evaluación del mismo. Uno de los inconvenientes por los que frecuentan los proyectos viales, es de alcanzar los resultados esperados en los tiempos establecidos, cuestión producto de un conjunto de variables que afectan directamente a la producción de las máquinas.

Con el precedente se realizó el estudio de los rendimientos de una de las maquinarias principales en un proyecto vial que es la motoniveladora, se eligió la misma por ser una de las máquinas que abarcan mayor tiempo en la conformación de plataforma, realizar múltiples operaciones en movimiento de tierras y ser una de las máquinas que ostenta mayor inversión.

El presente estudio consiste en la evaluación de las variables que intervienen en los rendimientos de la motoniveladora John Deere 670G (230 HP) utilizada en el proyecto: “Enlosetado de vías Cobija Tramo: Comunidad Abaroa” en la ciudad de Cobija, en conformación de las capas de las capas de sub base y base donde se obtuvo los rendimientos reales de operación con los datos obtenidos en obra, supervisados bajo el sustento de un profesional con experiencia en el tema.

## 5.1 CRITERIOS PARA EL CÁLCULO DEL RENDIMIENTO DE LA MAQUINARIA MOTONIVELADORA

El estudio planteado presenta un enfoque de aporte a las ramas afines de la Ingeniería civil, consiste en calcular las operaciones realizadas con la maquinaria motoniveladora en periodos de tiempos determinados.

Para su comprensión se describen las operaciones efectuadas en cada etapa de conformación de las capas sub base y base, se distinguen de acuerdo al orden que se muestra en la tabla 5.1:

*Tabla 5.1 Operaciones realizadas de la motoniveladora*

Operación	Descripción	
Mezclado		Distribución del material laterítico y mezclando con cierto porcentaje de cemento con relación al tipo de suelo. (material laterítico + % de cemento)
Procesado		Consiste en la distribución del material laterítico e irrigación de agua hasta obtener la humedad óptima del material. (material distribuido + agua)

Escarificado		<p>Consiste en realizar la disgregación del material granular en la etapa de procesado para introducirle agua. (disgregación del material procesado + agua).</p>
Nivelado		<p>Consiste en distribuir el material procesado hasta alcanzar los niveles establecidos del replanteo de la capa. ( Material procesado → niveles de capa).</p>
Perfilado		<p>Consiste en realizar el acabado final de la capa. Corrigiendo las imperfecciones de la plataforma. (Minorar las imperfecciones)</p>

*Fuente: Elaboración Propia*

Los cálculos fueron realizados en dos de las capas del paquete estructural: en la conformación de la capa sub base y capa base de suelo cemento.

Los rendimientos de las motoniveladoras dependen: de las dimensiones de su hoja de corte, del tipo de suelo, las velocidades alcanzadas en cada operación, el número de pasadas necesarias para ejecutar el trabajo, espesor de las capas, habilidad del operador, etc...

Las mismas deben satisfacer a la ecuación 5.1:

$$Q_T = \frac{60 * d * e * F_c * (l_e - l_o)}{N_c * T} \quad (\text{Ecuación 5.1})$$

Donde:

QT = Productividad teórica en volumen (M3/Hr)

d = Distancia de trabajo recorrida por la maquinaria (m)

e = Espesor de la capa (m)

Le = Longitud efectiva de cada pasada (m)

Lo = Ancho de traslape (m)

N = Numero de pasadas necesarias para ejecutar el trabajo sobre la longitud efectiva

T = Tiempo de duración del ciclo de trabajo para ejecutar una pasada (m)

Fc = Factores de corrección dependientes de:

$$F_c = \frac{F_h * E * p}{1 + h} \quad (\text{Ecuación 5.2})$$

Fh = Factor de Hoja

E = Factor de eficiencia de trabajo

p = Factor pendiente

h = Factor altura

Teniendo conocimiento de todas las variables involucradas, a continuación, se describe la metodología empleada para la obtención de las mismas.

### 5.1.1 Distancias de trabajo (d):

Las respectivas distancias de trabajo se establecieron mediante el uso de equipo topográfico realizando el replanteando las progresivas del proyecto vial.

Considerando que la conformación de plataforma se ejecutó en vías urbanas de tipo retícula se usó las distancias establecidas en el diseño geométrico del proyecto presentadas en las tablas 5.2 y 5.3.

Tabla 5.2 Distancias para conformación de capa sub base

Vía	Progresivas		Distancia de trabajo (m)
	Inicio	Fin	
Principal	0+000	0+100	100
Principal	0+100	0+220	120
Principal	0+100	0+330	110
Principal	0+330	0+410	80
Principal	0+410	0+520	110
Principal	0+520	0+620	100
Principal	0+620	0+794	174
Adyacente	0+000	0+128	128
Nueva	0+000	0+100	100
Nueva	0+100	0+186	86

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.3 Distancias para conformación de capa base

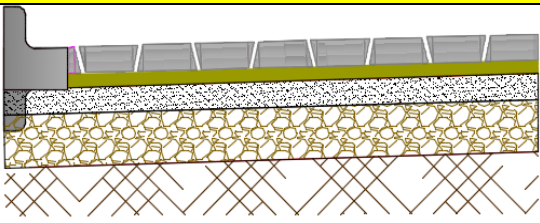
Vía	Progresivas		Distancia de trabajo (m)
	Inicio	Fin	
Principal	0+000	0+110	110
Principal	0+110	0+220	110
Principal	0+220	0+330	110
Principal	0+330	0+410	80
Principal	0+410	0+490	80
Principal	0+490	0+620	130
Principal	0+620	0+720	100
Principal	0+720	0+794	74
Nueva	0+000	0+100	100
Nueva	0+100	0+186	86

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.2 Espesores de las capas (e).

Los espesores se obtuvieron del paquete estructural de las capas sub base y base (suelo cemento). en la tabla 5.4.

Tabla 5.4 Espesores de las capas estudiadas

Paquete estructural	Capa	Espesor (m)
	Enlosetado	0.10
	Cama de arena	0.05
	Base (Suelo cemento)	0.10
	Sub base granula	0.20
	Subrasante	-

Fuente: Especificaciones técnicas del proyecto

### 5.1.3 Longitudes efectivas de trabajo o de cada pasada (Le)

Se obtuvo datos preliminares de las especificaciones técnicas presentados en tabla 5.5 y descritos en (ANEXO E – Especificaciones técnicas de la motoniveladora John Deere 670G).

Tabla 5.5 Datos de la motoniveladora

Descripción	Datos	Dimensiones	Unidad
Longitud de la hoja	L =	3.66	m
Angulo efectivo de trabajo	$\beta$ =	42	Grados

Fuente: Especificaciones técnicas de la motoniveladora

La longitud efectiva de la hoja varía de acuerdo al ángulo de trabajo de la hoja de corte, en general se eligió valores de ángulos entre el rango  $\beta = 10$  a 60 grados, medidos en las diferentes operaciones y descritos en tabla 5.6.

Tabla 5.6 Ángulos de trabajo recomendados

Operación	Grados
Para limpieza de maleza	42° - 48°
Conformación de subrasante	40° - 45°
Procesado	40° - 45°
Mezclado	40° - 45°
Nivelación	30° - 35°
Perfilado	15° - 25°
Escarificado (L = Le)	0°

Fuente: Elaboración propia

Los criterios para la medición de los ángulos de trabajo se basan en el uso de la figura 5.1, los mismos fueron verificados en la obra mediante la medición de las longitudes efectivas de trabajo en cada pasada y se especifican en tabla 5.7.

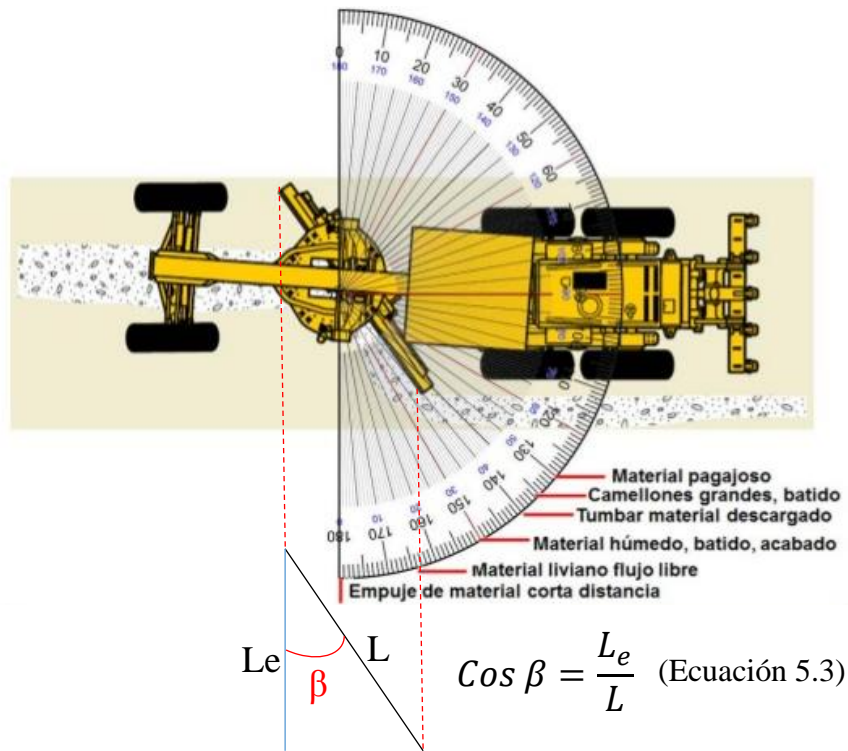


Figura 5.1 Ángulos de la cuchilla de la motoniveladora

Fuente: [es.slideshare.net/germanmamanicervantes/introduccion-motoniveladora](http://es.slideshare.net/germanmamanicervantes/introduccion-motoniveladora)



Figura 5.2 Medición de la longitud efectiva de trabajo

Fuente: Elaboración propia

Las longitudes efectivas de trabajo que realiza la cuchilla de la motoniveladora, las cuales fueron medidas en campo se presentan en la tabla 5.7.

Tabla 5.7 Longitudes efectivas de trabajo

Operación	Grados	Le (m)
Mezclado	42°	2.72
Procesado	42°	2.72
Nivelación	33°	3.07
Perfilado	20°	3.44
Escarificado (L = Le del escarificador)	0°	1.2

Fuente: Elaboración propia

#### 5.1.4 Ancho de traslape (Lo):

El ancho de traslape consistió en la medición de los anchos de faja intermedios entre un ciclo anterior y el siguiente realizado por la motoniveladora. De los datos obtenidos en campo se efectuó la relación adecuada entre los anchos de traslape y longitudes efectivas descritos en la figura 5.3.

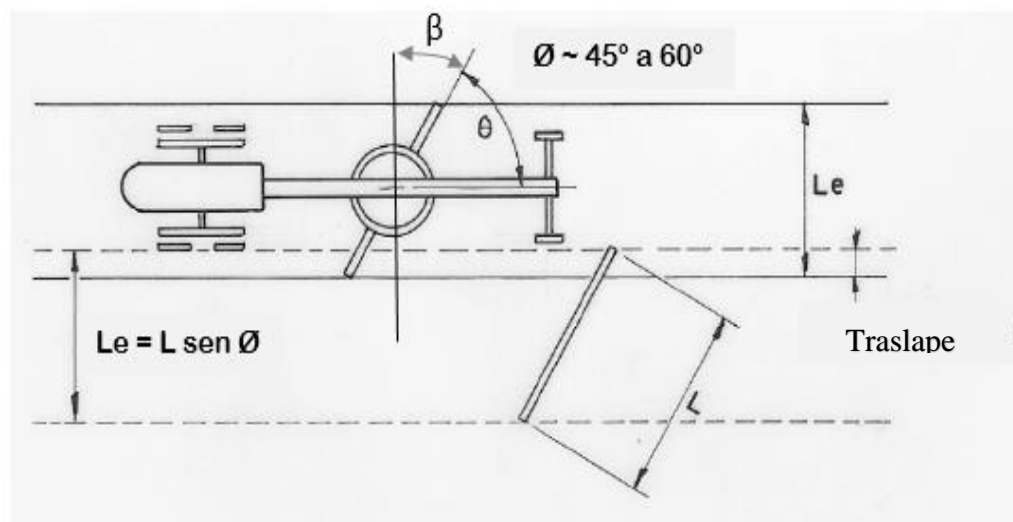


Figura 5.3 Relación del Ancho de traslape

Fuente: [dokumen.tips/documents/calculo-de-la-produccion-horaria-de-una-motoniveladora.htm](http://dokumen.tips/documents/calculo-de-la-produccion-horaria-de-una-motoniveladora.htm).

Se calculó los siguientes anchos de traslape para cada operación de la motoniveladora medidos en obra y detallados en la tabla 5.8.

Tabla 5.8 Anchos de traslape

Operación	Lo (m)
Mezclado	0.22
Procesado	0.22
Nivelación	0.50
Perfilado	0.50
Escarificado (L = Le del escarificador)	0.10

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.5 Factores de corrección (Fc)

Son factores que influyen en la producción mediante cambios físicos que alteran los rendimientos según las condiciones que se presenten. Los cálculos de los factores de corrección son referenciados y se rigen bajo el uso de la ecuación 5.2.

$$F_c = \frac{p * E * Fh}{1 + h} \quad (\text{Ecuación 5.2})$$

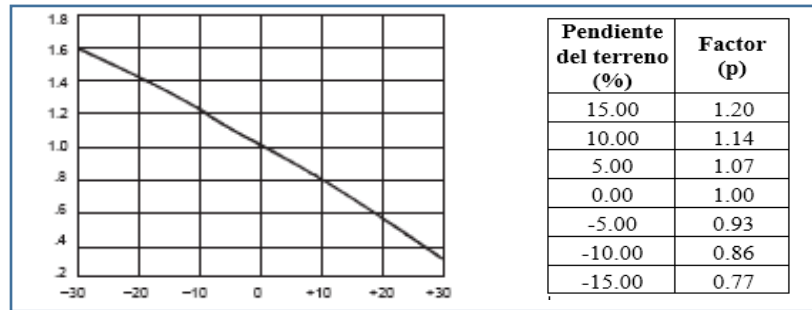
Donde:

- Fc = Factor de corrección
- p = Factor de pendiente
- E = Factor de eficiencia de trabajo
- Fh = Factor de hoja
- h = Factor de altura

#### 5.1.5.1 Factor pendiente (p)

Mediante el uso diferentes bibliografías se analizó la congruencia de la información y se notó que no existen variaciones en los valores propuestos por los autores tablas 5.9 y 5.10, paralelamente se calculó los valores de las pendientes del trazado del proyecto en base al diseño geométrico.

Tabla 5.9 Factor pendiente 1



Fuente: texto guía "Maquinaria y Equipo de construcción" Ing. Jayme Ayllon

Tabla 5.10 Factor pendiente 2

Pendiente del terreno %	factor "p"
- 10 a - 20	hasta 125%
- 0 a - 10	hasta 110%
0 a 10	hasta 90%
10 a 20	hasta 75%

Fuente: Roberto Vargas S, 1999

En las tablas 5.11 y 5.12 se presentan los factores pendientes calculados en la conformación de las capas sub base y base, establecidos mediante la topografía plasmada en los planos de diseño geométrico y perfil longitudinal del proyecto.

Tabla 5.11 Factor pendiente para tramos ejecutados en capa sub base

Vía	Progresivas		Distancia de trabajo (m)	Pendientes	Factor
	Inicio	Fin		%	(p)
Principal	0+000	0+100	100	5.32	1.07
Principal	0+100	0+220	120	3.48	1.05
Principal	0+220	0+330	110	2.02	1.03
Principal	0+330	0+410	80	2.74	1.04
Principal	0+410	0+520	110	0.82	1.01
Principal	0+520	0+620	100	1.21	1.02
Principal	0+620	0+794	174	-4.38	0.94
Adyacente	0+000	0+128	128	-2.86	0.96
Nueva	0+000	0+100	100	-2.01	0.97
Nueva	0+100	0+186	86	-2.47	0.97

Fuente: elaboración propia

Tabla 5.12 Factor pendiente para tramos ejecutados en capa base

Vía	Progresivas		Distancia de trabajo (m)	Pendientes	Factor
	Inicio	Fin		%	(p)
Principal	0+000	0+110	110	5.32	1.07
Principal	0+110	0+220	110	3.48	1.05
Principal	0+220	0+330	110	2.02	1.03
Principal	0+350	0+410	80	2.74	1.04
Principal	0+410	0+490	80	0.82	1.01
Principal	0+490	0+620	130	1.21	1.02
Principal	0+620	0+720	100	-4.74	0.93
Principal	0+720	0+794	74	-2.86	0.96
Nueva	0+000	0+100	100	-2.01	0.97
Nueva	0+100	0+186	86	-2.47	0.97

Fuente: elaboración propia

#### 5.1.5.2 Factor eficiencia de trabajo (E)

Los valores optados resultaron de la evaluación combinada de los factores correspondientes al aprovechamiento del tiempo y la habilidad del operador, regidos bajo la bibliografía presentada en tabla 5.13.

Tabla 5.13 Factor eficiencia de trabajo

Condiciones de trabajo	"t"		"o"	"E"
Excelentes	60/60	1.0000	1	1.000
Buenas	50/60	0.8333	0.9	0.750
Regulares	45/60	0.7500	0.8	0.600
Deficientes	40/60	0.6667	0.7	0.467

Fuente: Jayme Ayllon, 2012

En la ejecución de la conformación de plataforma, se empleó la mano de obra de dos operadores de motoniveladora. El cálculo realizado para determinar la variable, consistió en la evaluación del tiempo, aprovechamiento, destrezas y del uso la motoniveladora, los cuales se detallan en las tablas 5.14 y 5.15 para ambas capas.

Tabla 5.14 Factor eficiencia de trabajo en conformación de capa sub base

Vía	Progresivas		Tiempo de operación en relación a 1 hora		Factor (t)	Operación "o"	Eficiencia "E"
	Inicio	Fin					
Principal	0+000	0+100	50.00	60.00	0.83	0.80	0.67
Principal	0+100	0+220	55.00	60.00	0.92	0.80	0.73
Principal	0+220	0+330	52.00	60.00	0.87	0.80	0.69
Principal	0+330	0+410	48.00	60.00	0.80	0.80	0.64
Principal	0+410	0+520	50.00	60.00	0.83	0.80	0.67
Principal	0+520	0+620	60.00	60.00	1.00	0.80	0.80
Principal	0+620	0+794	55.00	60.00	0.92	0.80	0.73
Adyacente	0+000	0+128	50.00	60.00	0.83	0.80	0.67
Nueva	0+000	0+100	60.00	60.00	1.00	0.80	0.80
Nueva	0+100	0+182	58.00	60.00	0.97	0.80	0.77

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.15 Factor eficiencia de trabajo para conformación de capa base

Vía	Progresivas		Tiempo de operación en relación a 1 hora		Factor (t)	Operación "o"	Eficiencia "E"
	Inicio	Fin					
Principal	0+000	0+100	50.00	60.00	0.83	0.80	0.67
Principal	0+100	0+220	45.00	60.00	0.75	0.80	0.60
Principal	0+220	0+330	53.00	60.00	0.88	0.80	0.71
Principal	0+330	0+410	56.00	60.00	0.93	0.80	0.75
Principal	0+410	0+520	50.00	60.00	0.83	0.90	0.75
Principal	0+520	0+620	52.00	60.00	0.87	0.90	0.78
Principal	0+620	0+794	55.00	60.00	0.92	0.90	0.83
Adyacente	0+000	0+128	60.00	60.00	1.00	0.90	0.90
Nueva	0+000	0+100	60.00	60.00	1.00	0.90	0.90
Nueva	0+100	0+182	49.00	60.00	0.82	0.90	0.74

Fuente: Elaboración propia

En la figura 5.4 se muestra una de las maniobras realizada por el operador, acción que es valorada y evaluada para determinar la eficiencia del operador.



*Figura 5.4 Corte con cuchilla invertida*

*Fuente: Elaboración propia*

#### 5.1.5.3 Factor de hoja (Fh)

Mediante especificaciones técnicas se obtuvo el factor que se caracterizó como un empuje promedio, mediante el respaldo del uso de la tabla 5.16 con la biográfica referente.

*Tabla 5.16 Factor de hoja*

Condiciones de empuje	Factor hoja (Fh)	
Empuje Fácil : Con cuchilla llena, para material suelto, bajo contenido de agua, terrenos arenosos, tierra común, materiales amontonados, terrenos arenosos, tierra común, materiales amontonados.	0.90	1.10
Empuje Promedio : Material suelto pero con dificultades de empuje con cuchilla llena, suelo con grava, arena o roca triturada.	0.7	0.9
Empuje de Dificultad moderada : Contenido alto de Agua, arcilla plástica, arcilla seca y dura, suelo natural	0.6	0.7
Empuje de Difícil : Roca dinamitada o superficies explotadas de materia vegetal	0.4	0.6

*Fuente: Manual de especificaciones y aplicaciones KOMATSU*

#### 5.1.5.4 Factor de altura (h)

La disminución de productividad que ocasiona la pérdida de un porcentaje de potencia del motor, debido a la altura sobre el nivel del mar, se evalúa incrementando la duración del ciclo en el mismo porcentaje de la disminución de potencia. Este factor interviene en proyectos con superficies situadas a > 1000 m.s.n.m.

La altura estimada de la ciudad de cobija es de 280 m.s.n.m. por lo que se descarta este factor

En caso de realizarse algún proyecto con elevaciones > a 1000 m.s.n.m. se recomienda usar la ecuación 5.4.

$$h = \frac{(\text{altura sobre el nivel del mar} - 1000)}{10000} \quad (\text{Ecuación 5.4})$$

### 5.1.6 Numero de pasadas para necesarias (Nc)

El cálculo del número de pasadas necesarias para la culminación de la operación sobre la longitud efectiva de trabajo, se efectuó mediante el uso de cronómetros, controlando el tiempo total (Tt) de la conformación de plataforma por tramos, paralelamente se calculó el tiempo por ciclo, analizando el promedio de tres ciclos y adquiriendo el tiempo de un ciclo (Tc), posteriormente se calculó el número de franjas, analizando los ángulos y longitudes efectivas de la hoja en cada operación.

Los datos mencionados para el presente cálculo se detallan en. (ANEXO D – Planillas de aforo de la motoniveladora).

El cálculo para determinar el número de pasadas necesarias se rige con la siguiente ecuación:

Donde:

$$N_c = \frac{\frac{T_t}{T_c}}{\text{Nro de franjas}} \quad (\text{Ecuación 5.5})$$

Nc = Numero de pasadas para culminar la operación sobre la longitud efectiva.

Tt = Tiempo total de ciclos

Tc = Tiempo de un ciclo.

Nro. de franjas = relación entre ancho de calzada y la longitud efectiva de la hoja

#### 5.1.6.1 Cálculo de Numero de pasadas necesarias para conformación de capa sub base

Para el cálculo de la presente variable se contemplaron los siguientes criterios:

- Se calculó el tiempo total de ciclos para la conformación de la capa, en todas las operaciones realizadas por la motoniveladora. los valores alcanzados se detallan en la tabla 5.17.

Tabla 5.17 Duración total de ciclos para conformación de capa sub base

Vía	Progresivas		Distancia de trabajo (m)	Tt (min)			
	Inicio	Fin		Procesado	Nivelación	Perfilado	Escarificado
Principal	0+000	0+100	100	82.00	38.00	15.00	6.00
Principal	0+100	0+220	120	98.00	43.00	21.00	7.00
Principal	0+220	0+330	110	90.00	40.00	19.00	7.00
Principal	0+330	0+410	80	78.00	35.00	14.00	5.00
Principal	0+410	0+520	110	92.00	47.00	19.00	7.00
Principal	0+520	0+620	100	85.00	36.00	17.00	6.00
Principal	0+620	0+794	174	125.00	50.00	30.00	11.00
Adyacente	0+000	0+128	128	105.00	48.00	22.00	8.00
Nueva	0+000	0+100	100	81.00	42.00	18.00	6.00
Nueva	0+100	0+186	86	82.00	31.00	14.00	5.00

Fuente: Elaboración propia

- Se calculó el tiempo promedio de un ciclo efectuado por la motoniveladora para la conformación de plataforma por tramos. Los datos se detallan en tablas 5.18.

Tabla 5.18 Duración promedio de un ciclo para conformación de capa sub base

Vía	Progresivas		Distancia de trabajo (m)	Tc (min)			
	Inicio	Fin		Procesado	Nivelación	Perfilado	Escarificado
Principal	0+000	0+100	100	3.05	3.62	3.68	3.51
Principal	0+100	0+220	120	2.90	3.23	3.54	4.03
Principal	0+220	0+330	110	2.89	3.25	3.47	3.82
Principal	0+330	0+410	80	2.97	3.40	3.56	3.80
Principal	0+410	0+520	110	2.75	3.27	3.31	3.63
Principal	0+520	0+620	100	3.05	3.58	3.44	4.27
Principal	0+620	0+794	174	3.11	3.29	3.78	4.04
Adyacente	0+000	0+128	128	2.95	3.07	3.37	3.49
Nueva	0+000	0+100	100	2.78	3.17	3.35	3.81
Nueva	0+100	0+186	86	3.33	3.39	3.75	3.69

Fuente: Elaboración propia

- Se realizó la relación entre los datos de la duración total de ciclos / duración de un ciclo, se obtuvo el número total de pasadas necesarias para la ejecución de la plataforma en cada capa, detallados en tabla 5.19.

Tabla 5.19 Número total de pasada necesarias para conformación de capa sub base

Vía	Progresivas		Distancia de trabajo (m)	Tt / Tc (min)			
	Inicio	Fin		Procesado	Nivelación	Perfilado	Escarificado
Principal	0+000	0+100	100	26.90	10.49	4.07	1.71
Principal	0+100	0+220	120	33.84	13.32	5.93	1.74
Principal	0+220	0+330	110	31.12	12.31	5.47	1.83
Principal	0+330	0+410	80	26.29	10.29	3.94	1.32
Principal	0+410	0+520	110	33.41	14.38	5.75	1.93
Principal	0+520	0+620	100	27.87	10.05	4.95	1.41
Principal	0+620	0+794	174	40.19	15.22	7.93	2.72
Adyacente	0+000	0+128	128	35.59	15.64	6.54	2.30
Nueva	0+000	0+100	100	29.17	13.24	5.38	1.58
Nueva	0+100	0+186	86	24.61	9.15	3.73	1.36

Fuente: Elaboración propia

- Se graficó el número de franjas necesarias, la cual dependió según la longitud efectiva de la hoja y ángulo empleado, detallados en figuras 5.5.

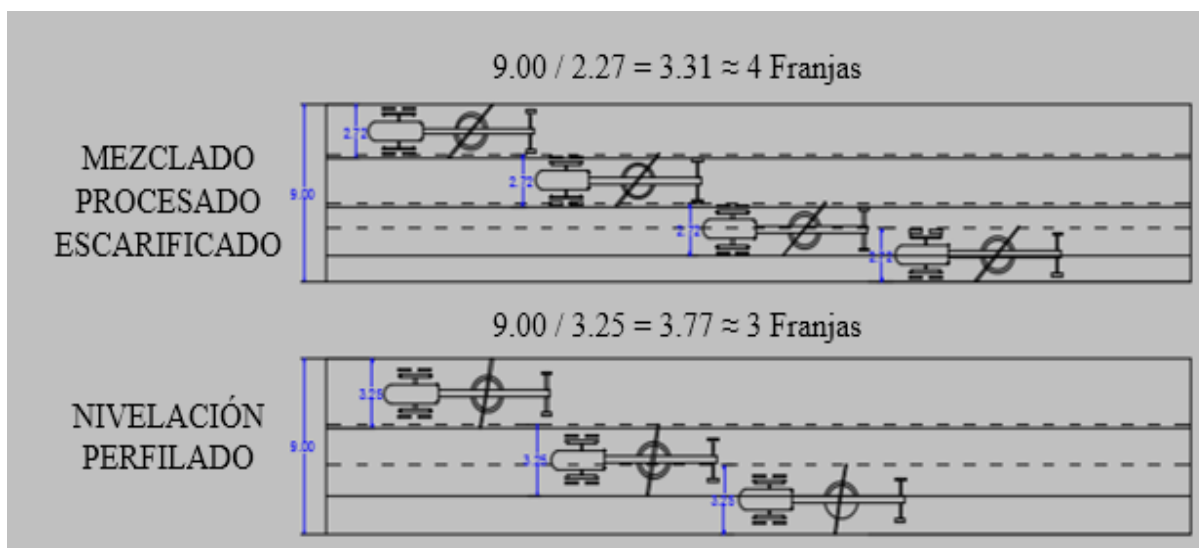


Figura 5.5 Número de franjas necesarias para la conformación de plataforma

Fuente: Elaboración propia

- Se realizó la relación entre el número total de pasadas / número de franjas con el fin de determinar el número de pasadas necesarias para culminar la conformación de plataforma que cubre la longitud efectiva de la hoja. Los cálculos se detallan en tablas 5.20.

Tabla 5.20 Número de pasada necesarias para conformación de capa sub base

Vía	Progresivas		Distancia de trabajo (m)	(Tt / Tc) / N° de franjas (pasadas)			
	Inicio	Fin		Procesado	Nivelación	Perfilado	Escarificado
Principal	0+000	0+100	100	6.72	3.50	1.36	1.71
Principal	0+100	0+220	120	8.46	4.44	1.98	1.74
Principal	0+220	0+330	110	7.78	4.10	1.82	1.83
Principal	0+330	0+410	80	6.57	3.43	1.31	1.32
Principal	0+410	0+520	110	8.35	4.79	1.92	1.93
Principal	0+520	0+620	100	6.97	3.35	1.65	1.41
Principal	0+620	0+794	174	10.05	5.07	2.64	2.72
Adyacente	0+000	0+128	128	8.90	5.21	2.18	2.30
Nueva	0+000	0+100	100	7.29	4.41	1.79	1.58
Nueva	0+100	0+186	86	6.15	3.05	1.24	1.36

Fuente: Elaboración propia

- Se elaboró el resumen de los cálculos del número de pasadas necesarias para la conformación de las capas, de los valores máximos y mínimos de la tabla 5.20, se elaboró la tabla 5.21

Tabla 5.21 Resumen del número de pasadas necesarias (sub base)

Operación	N		
Procesado	6	a	10
Nivelación	3	a	5
Perfilado	1	a	3
Escarificado	1	a	3

Fuente: Elaboración propia

#### 5.1.6.2 Cálculo de Numero de pasadas necesarias para conformación de capa base

Para el cálculo de número de pasadas necesarias para conformación de capa base se empleó los criterios semejantes a los de la capa sub base que fue descrito en el apartado 5.1.6.1.

- Se calculó el tiempo total de ciclos para la conformación de la capa, en todas las operaciones realizadas por la motoniveladora. los valores alcanzados se detallan en la tabla 5.22.

Tabla 5.22 Duración total de ciclos para conformación de capa base

Vía	Progresivas		Distancia de trabajo (m)	Tt (min)				
	Inicio	Fin		Mezclado	Procesado	Nivelación	Perfilado	Escarificado
Principal	0+000	0+110	110	80.00	49.00	42.00	21.00	7.00
Principal	0+110	0+220	110	86.00	42.00	48.00	25.00	10.00
Principal	0+220	0+330	110	75.00	35.00	40.00	31.00	9.00
Principal	0+350	0+410	80	55.00	31.00	37.00	29.00	9.00
Principal	0+410	0+490	80	58.00	38.00	39.00	26.00	8.00
Principal	0+490	0+620	130	100.00	52.00	54.00	42.00	11.00
Principal	0+620	0+720	100	69.00	35.00	38.00	36.00	9.00
Principal	0+720	0+794	74	51.00	38.00	26.00	22.00	7.00
Nueva	0+000	0+100	100	54.00	68.00	35.00	38.00	8.00
Nueva	0+100	0+186	86	56.00	33.00	39.00	21.00	7.00

Fuente: Elaboración propia

- Se calculó el tiempo promedio de un ciclo efectuado por la motoniveladora para la conformación de plataforma por tramos. Los datos se detallan en tablas 5.23.

Tabla 5.23 Duración promedio de un ciclo para conformación de capa base

Vía	Progresivas		Distancia de trabajo (m)	Tc (min)				
	Inicio	Fin		Mezclado	Procesado	Nivelación	Perfilado	Escarificado
Principal	0+000	0+110	110	2.56	2.73	3.30	3.36	3.19
Principal	0+110	0+220	110	2.53	2.58	2.91	3.22	3.71
Principal	0+220	0+330	110	2.61	2.57	2.93	3.15	3.50
Principal	0+350	0+410	80	2.65	2.65	3.08	3.24	3.48
Principal	0+410	0+490	80	2.42	2.43	2.95	2.99	3.31
Principal	0+490	0+620	130	2.79	2.73	3.26	3.12	3.95
Principal	0+620	0+720	100	2.87	2.79	2.97	3.46	3.72
Principal	0+720	0+794	74	2.47	2.63	2.75	3.05	3.17
Nueva	0+000	0+100	100	2.44	2.46	2.85	3.03	3.49
Nueva	0+100	0+186	86	2.39	3.01	3.07	3.43	3.37

Fuente: Elaboración propia

- Se realizó la relación entre los datos de la duración total de ciclos / duración de un ciclo, se obtuvo el número total de pasadas necesarias para la ejecución de la plataforma en cada capa, detallados en tablas 5.24.

Tabla 5.24 Número total de pasada necesarias para conformación de capa base

Vía	Progresivas		Distancia de trabajo (m)	Tt / Tc (min)				
	Inicio	Fin		Mezclado	Procesado	Nivelación	Perfilado	Escarificado
Principal	0+000	0+110	110	31.25	17.96	12.72	6.24	2.19
Principal	0+110	0+220	110	33.99	16.31	16.51	7.76	2.70
Principal	0+220	0+330	110	28.74	13.61	13.66	9.84	2.57
Principal	0+350	0+410	80	20.75	11.71	12.01	8.96	2.59
Principal	0+410	0+490	80	23.97	15.62	13.23	8.70	2.42
Principal	0+490	0+620	130	35.84	19.05	16.55	13.48	2.78
Principal	0+620	0+720	100	24.04	12.54	12.81	10.40	2.42
Principal	0+720	0+794	74	20.69	14.45	9.46	7.22	2.21
Nueva	0+000	0+100	100	22.13	27.68	12.28	12.56	2.30
Nueva	0+100	0+186	86	23.43	10.96	12.71	6.11	2.08

Fuente: Elaboración propia

- El número de franjas se determinó mediante la relación de ancho de plataforma y los anchos efectivos de trabajo, los cuales se detallan en la figura 5.5 ubicada en la pág. 145.
- Se realizó la relación entre el número total de pasadas / número de franjas con el fin de determinar el número de pasadas necesarias para culminar la conformación de plataforma que cubre la longitud efectiva de la hoja. Los cálculos se detallan en tablas 5.25.

Tabla 5.25 Número de pasada necesarias para conformación de capa base

Vía	Progresivas		Distancia de trabajo (m)	(Tt / Tc) / N° de franjas (pasadas)				
	Inicio	Fin		Mezclado	Procesado	Nivelación	Perfilado	Escarificado
Principal	0+000	0+110	110	7.81	4.49	4.24	2.08	2.19
Principal	0+110	0+220	110	8.50	4.08	5.50	2.59	2.70
Principal	0+220	0+330	110	7.18	3.40	4.55	3.28	2.57
Principal	0+350	0+410	80	5.19	2.93	4.00	2.99	2.59
Principal	0+410	0+490	80	5.99	3.90	4.41	2.90	2.42
Principal	0+490	0+620	130	8.96	4.76	5.52	4.49	2.78
Principal	0+620	0+720	100	6.01	3.14	4.27	3.47	2.42
Principal	0+720	0+794	74	5.17	3.61	3.15	2.41	2.21
Nueva	0+000	0+100	100	5.53	6.92	4.09	4.19	2.30
Nueva	0+100	0+186	86	5.86	2.74	4.24	2.04	2.08

Fuente: Elaboración propia

- Se elaboró el resumen de los cálculos del número de pasadas necesarias para la conformación de las capas, de los valores máximos y mínimos de la tabla 5.25, se elaboró la tabla 5.26.

*Tabla 5.26 Resumen del número de pasadas necesarias (base)*

Operación	N		
Mezclado	5	a	9
Procesado	3	a	7
Nivelación	3	a	6
Perfilado	2	a	4
Escarificado	2	a	3

*Fuente: Elaboración propia*

### 5.1.7 Tiempo de duración del ciclo de trabajo para ejecutar una pasada

En el cálculo del tiempo de duración del ciclo de trabajo para la ejecución de una pasada se efectuó mediante las distancias de trabajo establecidas mediante las progresivas del proyecto (d), el uso de cronómetros en los ciclos conlleva a la obtención de los datos óptimos es resultado del promedio de tres ciclos cronometrados, obteniendo (Tc) y el cronometrado de los tiempos de viraje (Tv), los aforos de los tiempos se los realizó en periodos individuales. Posteriormente se analizan las velocidades de trabajo (Va).

Los cálculos se rigen con la siguiente ecuación:

$$T = \frac{d}{V_a} + \frac{d}{V_r} + tf \quad (\text{Ecuación 5.6})$$

Donde:

d = Distancias de trabajo (m).

Va = Velocidad de avance (m/min).

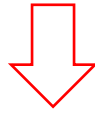
Vr = Velocidad de retroceso (m/min).

Tv = Tiempo promedio de virajes (min).

tf = Tiempo fijo (0 – 1 min)

De la ecuación presentada se descarta la velocidad de retroceso, al constatar la motoniveladora realizó virajes en los extremos de los tramos conformados. De esta manera se ajustó la ecuación 5.7.

$$T = \frac{d}{V_a} + \frac{d}{V_r} + tf \quad (\text{Ecuación 5.6})$$



$$T = \frac{d}{V_a} + tv + tf \quad (\text{Ecuación 5.7})$$

Donde:

$d$  = Distancias de trabajo (m).

$V_a$  = Velocidad de avance (m/min).

$Tv$  = Tiempo promedio de virajes (min).

$tf$  = Tiempo fijo (0 – 1 min)

El análisis de las velocidades de avance ( $V_a$ ) determinó que eran velocidades variables, dando un enfoque de cálculo de velocidades de movimiento rectilíneo uniformemente variado, donde se involucra la aceleración. Se usó la siguiente ecuación:

$$d = V_0 t + \frac{1}{2} at^2 \quad \Rightarrow \quad a = \frac{2d}{Tc^2} \quad (\text{Ecuación 5.8})$$

Se considera la velocidad Inicial  $V_0 = 0$  por que la maquina parte de reposo en cada ciclo y se despejó la aceleración para el cálculo.

Para el cálculo de la velocidad final se usó la ecuación 5.9, estableciendo que la velocidad inicial es 0, donde la velocidad inicial de igual forma es 0.

$$V_f^2 = V_0^2 + 2ad \quad \Rightarrow \quad V_f = \sqrt{2ad} \quad (\text{Ecuación 5.9})$$

#### 5.1.7.1 Calculo del tiempo de duración de un ciclo para conformación de la capa Sub base

Para el cálculo de la presente variable se utilizó los criterios siguientes:

- Se empleó el cálculo detallado en tabla 5.18 que presenta el tiempo promedio de un ciclo efectuado por la motoniveladora para la conformación de plataforma por tramos, para realizar el cálculo de la aceleración.
- Se calculó la aceleración de las operaciones efectuadas en todas las operaciones efectuadas en los tramos ejecutados para conformación de capa sub base, empleando la ecuación 5.9 se elaboró la tabla 5.27.

*Tabla 5.27 Aceleración de la motoniveladora para conformación de capa sub base*

Vía	Progresivas		Distancia de trabajo (m)	a (m/min <sup>2</sup> )			
	Inicio	Fin		Procesado	Nivelación	Perfilado	Escarificado
Principal	0+000	0+100	100	3.05	3.62	3.68	3.51
Principal	0+100	0+220	120	2.90	3.23	3.54	4.03
Principal	0+220	0+330	110	2.89	3.25	3.47	3.82
Principal	0+330	0+410	80	2.97	3.40	3.56	3.80
Principal	0+410	0+520	110	2.75	3.27	3.31	3.63
Principal	0+520	0+620	100	3.05	3.58	3.44	4.27
Principal	0+620	0+794	174	3.11	3.29	3.78	4.04
Adyacente	0+000	0+128	128	2.95	3.07	3.37	3.49
Nueva	0+000	0+100	100	2.78	3.17	3.35	3.81
Nueva	0+100	0+186	86	3.33	3.39	3.75	3.69

*Fuente: Elaboración propia*

- Se calculó las velocidades de trabajo de la motoniveladora en todas sus operaciones para conformación de la capa sub base y se elaboró la tabla 5.28.

*Tabla 5.28 Velocidades de la motoniveladora para conformación de capa sub base*

Vía	Progresivas		Distancia de trabajo (m)	V (m/min)			
	Inicio	Fin		Procesado	Nivelación	Perfilado	Escarificado
Principal	0+000	0+100	100	65.61	55.20	54.28	56.98
Principal	0+100	0+220	120	82.88	74.36	67.77	59.63
Principal	0+220	0+330	110	76.06	67.72	63.37	57.59
Principal	0+330	0+410	80	53.93	47.06	45.01	42.11
Principal	0+410	0+520	110	79.90	67.33	66.52	60.61
Principal	0+520	0+620	100	65.57	55.81	58.21	46.84
Principal	0+620	0+794	174	111.89	105.92	91.99	86.14
Adyacente	0+000	0+128	128	86.78	83.40	76.07	73.46
Nueva	0+000	0+100	100	72.03	63.07	59.77	52.56
Nueva	0+100	0+186	86	51.63	50.75	45.82	46.61

*Fuente: Elaboración propia*

- Continuamente se realizó el resumen de las velocidades de avance detalladas en tabla 5.29, tal que se eligieron los valores máximos y mínimos, redondeados al número inmediato próximo, paralelamente se realizó la conversión de unidades (m/min a Km/Hr) de la velocidad de avance, el resumen se presenta a continuación:

*Tabla 5.29 Resumen de las velocidades de avance (Sub base)*

<b>Operación</b>	<b>V (Km/Hr)</b>		
Procesado	3	a	7
Nivelación	3	a	6
Perfilado	3	a	6
Escarificado	3	a	5

*Fuente: Elaboración propia*

- Se calcularon los tiempos de virajes realizados por la motoniveladora, los datos se detallan en la tabla 5.30.

*Tabla 5.30 Tiempos de virajes de la motoniveladora en conformación de capa sub base*

<b>Vía</b>	<b>Progresivas</b>		<b>Distancia de trabajo (m)</b>	<b>Tv (min)</b>			
	<b>Inicio</b>	<b>Fin</b>		<b>Procesado</b>	<b>Nivelación</b>	<b>Perfilado</b>	<b>Escarificado</b>
Principal	0+000	0+100	100	0.59	0.78	0.64	0.59
Principal	0+100	0+220	120	0.65	0.66	0.83	0.77
Principal	0+220	0+330	110	0.73	0.79	0.89	0.82
Principal	0+330	0+410	80	0.91	1.05	1.15	1.07
Principal	0+410	0+520	110	0.73	0.99	0.93	0.87
Principal	0+520	0+620	100	0.75	0.61	0.80	0.75
Principal	0+620	0+794	174	1.07	0.95	1.14	1.32
Adyacente	0+000	0+128	128	0.91	0.77	0.95	0.90
Nueva	0+000	0+100	100	0.72	0.85	0.92	0.86
Nueva	0+100	0+186	86	0.99	1.01	1.05	0.92

*Fuente: Elaboración propia*

El análisis de los virajes que realiza la motoniveladora se interpretan en la figura 5.6.

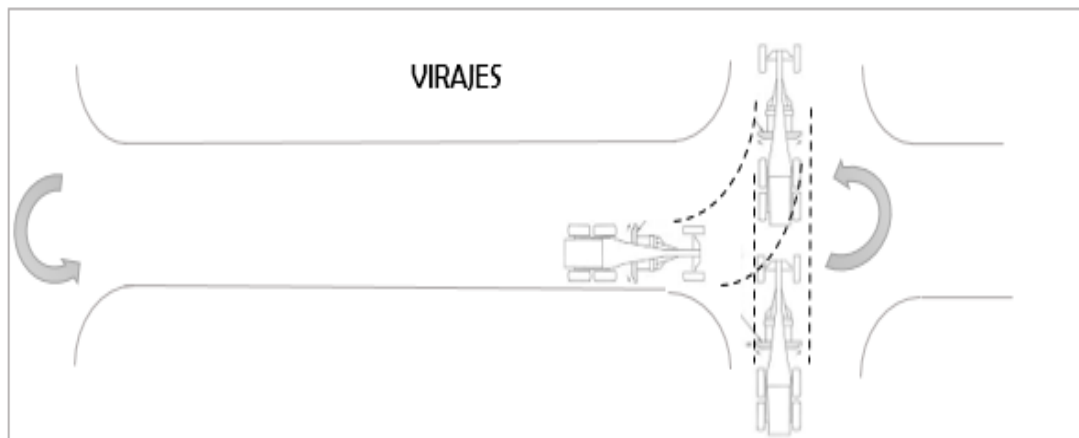


Figura 5.6 Virajes de la motoniveladora para la conformación de plataforma

Fuente: Elaboración propia

- Por último, se calculó el tiempo de duración del ciclo de trabajo para ejecutar una pasada en todas las operaciones realizadas para conformación de capa sub base, empleando la ecuación 5.7, los resultados se detallan en la tabla 5.31

Tabla 5.31 Duración de un ciclo en capa sub base

Vía	Progresivas		Distancia de trabajo (m)	Duración del ciclo T (min)			
	Inicio	Fin		Procesado	Nivelación	Perfilado	Escarificado
Principal	0+000	0+100	100	3.11	3.59	3.48	3.35
Principal	0+100	0+220	120	3.10	3.27	3.60	3.78
Principal	0+220	0+330	110	3.18	3.41	3.63	3.73
Principal	0+330	0+410	80	3.39	3.75	3.93	3.97
Principal	0+410	0+520	110	3.11	3.62	3.58	3.68
Principal	0+520	0+620	100	3.28	3.40	3.52	3.88
Principal	0+620	0+794	174	3.63	3.59	4.03	4.34
Adyacente	0+000	0+128	128	3.39	3.30	3.63	3.64
Nueva	0+000	0+100	100	3.11	3.44	3.59	3.76
Nueva	0+100	0+186	86	3.66	3.70	3.93	3.77

Fuente: Elaboración propia

#### 5.1.7.2 Calculo del tiempo de duración de un ciclo para conformación de la capa Base

Para el cálculo de la presente variable se utilizó los criterios semejantes a los de sub base:

- Se empleó el cálculo detallado en tabla 5.23 que presenta el tiempo promedio de un ciclo efectuado por la motoniveladora para la conformación de plataforma por tramos, para el cálculo de las aceleraciones
- Se procede con el cálculo de las aceleraciones efectuadas en cada operación de la motoniveladora para conformación de la plataforma, ver tabla 2.32.

*Tabla 5.32 Aceleración de la motoniveladora para conformación de capa base*

Vía	Progresivas		Distancia de trabajo (m)	a (m/min <sup>2</sup> )				
	Inicio	Fin		Mezclado	Procesado	Nivelación	Perfilado	Escarificado
Principal	0+000	0+110	110	33.57	29.55	20.17	19.43	21.62
Principal	0+110	0+220	110	34.37	33.16	26.02	21.20	16.03
Principal	0+220	0+330	110	32.30	33.25	25.65	22.15	17.96
Principal	0+350	0+410	80	22.78	22.84	16.87	15.29	13.21
Principal	0+410	0+490	80	27.32	27.02	18.42	17.93	14.60
Principal	0+490	0+620	130	33.40	34.89	24.41	26.78	16.66
Principal	0+620	0+720	100	25.15	25.69	22.74	16.68	14.45
Principal	0+720	0+794	74	24.26	21.40	19.58	15.96	14.77
Nueva	0+000	0+100	100	33.59	33.14	24.60	21.84	16.47
Nueva	0+100	0+186	86	30.11	18.97	18.26	14.58	15.14

*Fuente: Elaboración propia*

- Se calculó las velocidades de trabajo de la motoniveladora en todas sus operaciones para conformación de la capa base, se elaboró la tabla 5.33.

*Tabla 5.33 Velocidades de la motoniveladora en capa base*

Vía	Progresivas		Distancia de trabajo (m)	V m/min				
	Inicio	Fin		Mezclado	Procesado	Nivelación	Perfilado	Escarificado
Principal	0+000	0+110	110	85.94	80.63	66.61	65.39	68.97
Principal	0+110	0+220	110	86.96	85.42	75.66	68.29	59.38
Principal	0+220	0+330	110	84.29	85.53	75.11	69.81	62.86
Principal	0+350	0+410	80	60.38	60.45	51.95	49.46	45.98
Principal	0+410	0+490	80	66.12	65.75	54.28	53.56	48.34
Principal	0+490	0+620	130	93.19	95.24	79.67	83.44	65.82
Principal	0+620	0+720	100	70.92	71.68	67.44	57.75	53.76
Principal	0+720	0+794	74	59.92	56.27	53.83	48.60	46.76
Nueva	0+000	0+100	100	81.97	81.41	70.15	66.09	57.39
Nueva	0+100	0+186	86	71.97	57.11	56.04	50.08	51.04

*Fuente: Elaboración propia*

- Continuamente se realizó el resumen de las velocidades de avance detalladas en tabla 5.34, tal que se eligieron los valores máximos y mínimos, redondeados al número inmediato próximo, paralelamente se realizó la conversión de unidades (m/min a Km/Hr) de la velocidad de avance.

*Tabla 5.34 Resumen de las velocidades de avance (Base)*

Operación	V (Km/Hr)		
	Mezclado	4	a
Procesado	3	a	6
Nivelación	3	a	5
Perfilado	3	a	5
Escarificado	3	a	4

*Fuente: Elaboración propia*

- Se calcularon los tiempos de virajes realizados por la motoniveladora, los datos se detallan en la tabla 5.35, los mismos son interpretados con la figura 5.6

*Tabla 5.35 Tiempos de virajes de la motoniveladora en conformación de capa base*

Vía	Progresivas		Distancia de trabajo (m)	Tv (min)				
	Inicio	Fin		Mezclado	Procesado	Nivelación	Perfilado	Escarificado
Principal	0+000	0+110	110	0.42	0.46	0.65	0.51	0.46
Principal	0+110	0+220	110	0.58	0.52	0.53	0.70	0.64
Principal	0+220	0+330	110	0.63	0.60	0.66	0.76	0.69
Principal	0+350	0+410	80	0.85	0.78	0.92	1.02	0.94
Principal	0+410	0+490	80	0.67	0.60	0.86	0.80	0.74
Principal	0+490	0+620	130	0.56	0.62	0.48	0.67	0.62
Principal	0+620	0+720	100	1.08	0.94	0.82	1.01	1.19
Principal	0+720	0+794	74	0.70	0.78	0.64	0.82	0.77
Nueva	0+000	0+100	100	0.66	0.59	0.72	0.79	0.73
Nueva	0+100	0+186	86	0.97	1.10	0.88	0.92	1.07

*Fuente: Elaboración propia*

- Ultimando, se calculó el tiempo de duración del ciclo de trabajo para ejecutar una pasada en todas las operaciones realizadas para conformación de capa base, se utilizó la ecuación 5.7 y se detallan los resultados en la tabla 5.36.

Tabla 5.36 Duración de un ciclo para ejecutar una pasada en conformación de base

Vía	Progresivas		Distancia de trabajo (m)	Duración del ciclo T (min)				
	Inicio	Fin		Mezclado	Procesado	Nivelación	Perfilado	Escarificado
Principal	0+000	0+110	110	2.70	2.82	3.30	3.11	3.14
Principal	0+110	0+220	110	2.85	2.81	2.98	3.55	3.25
Principal	0+220	0+330	110	2.94	2.89	3.12	3.51	3.27
Principal	0+350	0+410	80	3.18	3.10	3.46	3.76	3.55
Principal	0+410	0+490	80	2.88	2.82	3.33	3.46	3.23
Principal	0+490	0+620	130	2.96	2.99	3.11	3.65	3.17
Principal	0+620	0+720	100	3.49	3.34	3.30	3.87	3.92
Principal	0+720	0+794	74	2.94	3.10	3.01	3.40	3.29
Nueva	0+000	0+100	100	2.88	2.82	3.15	3.53	3.24
Nueva	0+100	0+186	86	3.11	3.54	3.34	3.53	3.70

Fuente: Elaboración propia

## 5.2 CÁLCULO DE LOS RENDIMIENTOS

El cálculo de los rendimientos de la motoniveladora se rige al criterio de control antecedido y detallado la obtención de todas las variables involucradas, de esta forma se realizan las tablas generales de cálculo 5.37 y 5.38, las mismas se detallan a continuación:

Tabla 5.37 Cálculo de los rendimientos de la motoniveladora para conformación de capa sub base

Rendimientos de la motoniveladora para conformación de capa Sub base												
PROG.	Maquinaria Operación	Datos de la capa		Factor de corrección (Fc)			Datos de la Hoja		Ciclos		Sub total (QT) (M3/Hr)	Rendimientos de la motoniveladora (M3/Hr)
		Distancia (d) (m)	Espesor (e) (m)	pendiente (p)	Eficiencia de trabajo (E)	Factor de hoja (Fh)	Longitud efectiva de la hoja (Le) (m)	Ancho de traslape (Lo) (m)	Número de pasadas (N)	Duración del ciclo (T) (min)		
Vía principal 0+000 →0+100	Procesado y escarificado	100	0.20	1.07	0.67	0.90	2.72	0.22	8	3.11		79.82
		100	0.20	1.07	0.67				2	3.35		
		100	0.20	1.07	0.67	0.90	2.72	0.22	10	6.46	29.81	
	Nivelación y perfilado	100	0.20	1.07	0.67	0.90	3.07	0.50	4	3.59		
		100		1.07	0.67	0.90	3.44	0.50	2	3.48		
		100	0.20	1.07	0.67	0.90	3.26	0.50	6	7.07	50.01	
Vía principal 0+100 →0+220	Procesado y escarificado	120	0.20	1.05	0.73	0.90	2.72	0.22	8	3.10		102.92
		120	0.20	1.05	0.73				2	3.78		
		120	0.20	1.05	0.73	0.90	2.72	0.22	10	6.88	36.27	
	Nivelación y perfilado	120	0.20	1.05	0.73	0.90	3.07	0.50	4	3.27		
		120		1.05	0.73	0.90	3.44	0.50	2	3.60		
		120	0.20	1.05	0.73	0.90	3.26	0.50	6	6.87	66.65	
Vía principal 0+220 →0+330	Procesado y escarificado	110	0.20	1.03	0.69	0.90	2.72	0.22	8	3.18		86.03
		110	0.20	1.03	0.69				2	3.73		
		110	0.20	1.03	0.69	0.90	2.72	0.22	10	6.91	30.70	
	Nivelación y perfilado	110	0.20	1.03	0.69	0.90	3.07	0.50	4	3.41		
		110		1.03	0.69	0.90	3.44	0.50	2	3.63		
		110	0.20	1.03	0.69	0.90	3.26	0.50	6	7.04	55.33	

<b>Vía principal 0+330 →0+410</b>	Procesado y escarificado	80	0.20	1.04	0.64	0.90	2.72	0.22	8	3.39		<b>53.93</b>	
		80	0.20	1.04	0.64					2	3.97		
		80	0.20	1.04	0.64	0.90	2.72	0.22	10	7.36	<b>19.54</b>		
	Nivelación y perfilado	80	0.20	1.04	0.64	0.90	3.07	0.50	4	3.75			
		80		1.04	0.64	0.90	3.44	0.50	2	3.93			
	80	0.20	1.04	0.64	0.90	3.26	0.50	6	7.68	<b>34.39</b>			
<b>Vía principal 0+410 →0+520</b>	Procesado y escarificado	110	0.20	1.01	0.67	0.90	2.72	0.22	8	3.11		<b>80.42</b>	
		110	0.20	1.01	0.67					2	3.68		
		110	0.20	1.01	0.67	0.90	2.72	0.22	10	6.79	<b>29.46</b>		
	Nivelación y perfilado	110	0.20	1.01	0.67	0.90	3.07	0.50	4	3.62			
		110		1.01	0.67	0.90	3.44	0.50	2	3.58			
	110	0.20	1.01	0.67	0.90	3.26	0.50	6	7.21	<b>50.96</b>			
<b>Vía principal 0+520 →0+620</b>	Procesado y escarificado	100	0.20	1.02	0.80	0.90	2.72	0.22	8	3.28		<b>89.27</b>	
		100	0.20	1.02	0.80					2	3.88		
		100	0.20	1.02	0.80	0.90	2.72	0.22	10	7.16	<b>30.79</b>		
	Nivelación y perfilado	100	0.20	1.02	0.80	0.90	3.07	0.50	4	3.40			
		100		1.02	0.80	0.90	3.44	0.50	2	3.52			
	100	0.20	1.02	0.80	0.90	3.26	0.50	6	6.92	<b>58.48</b>			
<b>Vía principal 0+620 →0+794</b>	Procesado y escarificado	174	0.20	0.94	0.73	0.90	2.72	0.22	8	3.63		<b>118.68</b>	
		174	0.20	0.94	0.73					2	4.34		
		174	0.20	0.94	0.73	0.90	2.72	0.22	10	7.96	<b>40.67</b>		
	Nivelación y perfilado	174	0.20	0.94	0.73	0.90	3.07	0.50	4	3.59			
		174		0.94	0.73	0.90	3.44	0.50	2	4.03			
	174	0.20	0.94	0.73	0.90	3.26	0.50	6	7.62	<b>78.01</b>			

<b>Vía adyacente 0+000 →0+128</b>	Procesado y escarificado	128	0.20	0.96	0.67	0.90	2.72	0.22	8	3.39		<b>86.10</b>	
		128		0.96	0.67					2	3.64		
		128	0.20	0.96	0.67	0.90	2.72	0.22	10	7.03	<b>31.47</b>		
	Nivelación y perfilado	128	0.20	0.96	0.67	0.90	3.07	0.50	4	3.30			
		128		0.96	0.67	0.90	3.44	0.50	2	3.63			
	128	0.20	0.96	0.67	0.90	3.07	0.50	6	6.94	<b>54.63</b>			
<b>Vía nueva 0+000 →0+100</b>	Procesado	100	0.20	0.97	0.80	0.90	2.72	0.22	8	3.11		<b>81.59</b>	
	Escarificado	100	0.20	0.97	0.80				2	3.76			
		100	0.20	0.97	0.80	0.90	2.72	0.22	10	6.87	<b>30.51</b>		
	Nivelación	100	0.20	0.97	0.80	0.90	3.07	0.50	4	3.44			
	Perfilado	100		0.97	0.80	0.90	3.44	0.50	2	3.59			
	100	0.20	0.97	0.80	0.90	3.07	0.50	6	7.03	<b>51.07</b>			
<b>Vía nueva 0+100 →0+186</b>	Procesado	86	0.20	0.97	0.77	0.90	2.72	0.22	8	3.66		<b>62.58</b>	
	Escarificado	86	0.20	0.97	0.77	0.90	1.20	0.00	2	3.77			
		86	0.20	0.97	0.77	0.90	2.72	0.22	10	7.42	<b>23.47</b>		
	Nivelación	86	0.20	0.97	0.77	0.90	3.07	0.50	4	3.70			
	Perfilado	86		0.97	0.77	0.90	3.44	0.50	2	3.93			
	86	0.20	0.97	0.77	0.90	3.07	0.50	6	7.63	<b>39.10</b>			
Nota:		El promedio de las filas anteriores se exponen en las filas de color											
		La suma de las filas anteriores se exponen en las filas de color											
		El rendimiento de las operaciones se exponen en las casillas de color											

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.38 Cálculo de los rendimientos de la motoniveladora para conformación de capa base

Rendimientos de la motoniveladora para conformación de capa base													
PROG.	Maquinaria Operación	Datos de la capa		Factor de corrección (Fc)			Datos de la hoja		Ciclos		Sub total (QT) (M3/Hr)	Rendimientos de la motoniveladora (M3/Hr)	
		Distancia (d)	Espesor (e)	pendiente (p)	Eficiencia de trabajo (E)	Factor de hoja (Fh)	Longitud efectiva de la hoja (Le)	Ancho de traslape (Lo)	Número de pasadas (N)	Duración del ciclo (T)			
		(m)	(m)				(m)	(m)		(min)			
Vía principal 0+000 →0+110	Mezclado procesado y escarificado	110	0.10	1.07	0.67	0.90	2.72	0.22	7	2.70	8.73	34.76	
		110	0.10	1.07	0.67	0.90	2.72	0.22	5	2.82			
		110	0.10	1.07	0.67				2	3.14			
	110	0.10	1.07	0.67	0.90	2.72	0.22	14	8.67	8.73			
	Nivelación y perfilado	110	0.10	1.07	0.67	0.90	3.07	0.50	4	3.30			26.03
		110		1.07	0.67	0.90	3.44	0.50	3	3.11			
110		0.10	1.07	0.67	0.90	3.26	0.50	7	6.41				
Vía principal 0+110 →0+220	Mezclado procesado y escarificado	110	0.10	1.05	0.60	0.90	2.72	0.22	7	2.85	7.51	30.04	
		110	0.10	1.05	0.60	0.90	2.72	0.22	5	2.81			
		110	0.10	1.05	0.60				2	3.25			
	110	0.10	1.05	0.60	0.90	2.72	0.22	14	8.90	7.51			
	Nivelación y perfilado	110	0.10	1.05	0.60	0.90	3.07	0.50	4	2.98			22.53
		110		1.05	0.60	0.90	3.44	0.50	3	3.55			
110		0.10	1.05	0.60	0.90	3.26	0.50	7	6.54				
Vía principal 0+220 →0+330	Mezclado procesado y escarificado	110	0.10	1.03	0.71	0.90	2.72	0.22	7	2.94	8.49	34.14	
		110	0.10	1.03	0.71	0.90	2.72	0.22	5	2.89			
		110	0.10	1.03	0.71				2	3.27			
	110	0.10	1.03	0.71	0.90	2.72	0.22	14	9.09	8.49			
	Nivelación y perfilado	110	0.10	1.03	0.71	0.90	3.07	0.50	4	3.12			25.65
		110		1.03	0.71	0.90	3.44	0.50	3	3.51			
110		0.10	1.03	0.71	0.90	3.26	0.50	7	6.63				

<b>Vía principal 0+330 →0+410</b>	Mezclado procesado y escarificado	80	0.10	1.04	0.75	0.90	2.72	0.22	7	3.18		24.38
		80	0.10	1.04	0.75	0.90	2.72	0.22	5	3.10		
		80	0.10	1.04	0.75				2	3.55		
		80	0.10	1.04	0.75	0.90	2.72	0.22	14	9.83	6.09	
	Nivelación y perfilado	80	0.10	1.04	0.75	0.90	3.07	0.50	4	3.46		
		80		1.04	0.75	0.90	3.44	0.50	3	3.76		
80		0.10	1.04	0.75	0.90	3.26	0.50	7	7.22	18.29		
<b>Vía principal 0+410 →0+490</b>	Mezclado procesado y escarificado	80	0.10	1.01	0.75	0.90	2.72	0.22	7	2.88		25.52
		80	0.10	1.01	0.75	0.90	2.72	0.22	5	2.82		
		80	0.10	1.01	0.75				2	3.23		
		80	0.10	1.01	0.75	0.90	2.72	0.22	14	8.93	6.55	
	Nivelación y perfilado	80	0.10	1.01	0.75	0.90	3.07	0.50	4	3.33		
		80		1.01	0.75	0.90	3.44	0.50	3	3.46		
80		0.1	1.01	0.75	0.90	3.26	0.50	7	6.79	18.97		
<b>Vía principal 0+490 →0+620</b>	Mezclado procesado y escarificado	130	0.10	1.02	0.78	0.90	2.72	0.22	7	2.96		43.48
		130	0.10	1.02	0.78	0.90	2.72	0.22	5	2.99		
		130	0.10	1.02	0.78				2	3.17		
		130	0.10	1.02	0.78	0.90	2.72	0.22	14	9.11	10.94	
	Nivelación y perfilado	130	0.10	1.02	0.78	0.90	3.07	0.50	4	3.11		
		130		1.02	0.78	0.90	3.44	0.50	3	3.65		
130		0.10	1.02	0.78	0.90	3.26	0.50	7	6.76	32.53		
<b>Vía principal 0+620 →0+720</b>	Mezclado procesado y escarificado	100	0.10	0.93	0.83	0.90	2.72	0.22	7	3.49		29.62
		100	0.10	0.93	0.83	0.90	2.72	0.22	5	3.34		
		100	0.10	0.93	0.83				2	3.92		
		100	0.10	0.93	0.83	0.90	2.72	0.22	14	10.74	6.89	
	Nivelación y perfilado	100	0.10	0.93	0.83	0.90	3.07	0.50	4	3.30		
		100		0.93	0.83	0.90	3.44	0.50	3	3.87		
100		0.10	0.93	0.83	0.90	3.26	0.50	7	7.17	22.73		

<b>Vía principal 0+720 →0+794</b>	Mezclado procesado y escarificado	74	0.10	0.96	0.90	0.90	2.72	0.22	7	2.94	27.79	
		74	0.10	0.96	0.90	0.90	2.72	0.22	5	3.10		
		74	0.10	0.96	0.90				2	3.29		
	74	0.10	0.96	0.90	0.90	2.72	0.22	14	9.32	6.61		
	Nivelación y perfilado	74	0.10	0.96	0.90	0.90	3.07	0.50	4	3.01		21.17
		74		0.96	0.90	0.90	3.44	0.50	3	3.40		
74		0.10	0.96	0.90	0.90	3.26	0.50	7	6.42			
<b>Vía nueva 0+000 →0+100</b>	Mezclado procesado y escarificado	100	0.10	0.97	0.90	0.90	2.72	0.22	7	2.88	37.20	
		100	0.10	0.97	0.90	0.90	2.72	0.22	5	2.82		
		100	0.10	0.97	0.90				2	3.24		
	100	0.10	0.97	0.90	0.90	2.72	0.22	14	8.94	9.42		
	Nivelación y perfilado	100	0.10	0.97	0.90	0.90	3.07	0.50	4	3.15		27.78
		100		0.97	0.90	0.90	3.44	0.50	3	3.53		
100		0.10	0.97	0.90	0.90	3.26	0.50	7	6.68			
<b>Vía nueva 0+110 →0+186</b>	Mezclado procesado y escarificado	86	0.10	0.97	0.74	0.90	2.72	0.22	7	3.11	24.68	
		86	0.10	0.97	0.74	0.90	2.72	0.22	5	3.54		
		86	0.10	0.97	0.74				2	3.70		
	86	0.10	0.97	0.74	0.90	2.72	0.22	14	10.35	5.71		
	Nivelación y perfilado	86	0.10	0.97	0.74	0.90	3.07	0.50	4	3.34		18.97
		86		0.97	0.74	0.90	3.44	0.50	3	3.53		
86		0.10	0.97	0.74	0.90	3.26	0.50	7	6.87			
Nota:	El promedio de las filas anteriores se exponen en las filas de color											
	La suma de las filas anteriores se exponen en las filas de color											
	El rendimiento de las operaciones se exponen en las casillas de color											

Fuente: Elaboración propia

Contando con los rendimientos calculados, se elaboró el resumen de los mismos, para ambas capas de sub base y base, referenciados en las tablas 5.39 y 5.40.

*Tabla 5.39 Resumen del cálculo de los rendimientos de la motoniveladora para conformación de capa sub base*

<b>Resumen de rendimientos de la motoniveladora</b>	
<b>Distancias Analizadas (m)</b>	<b>Rendimientos (M3/Hr)</b>
80	53.93
86	62.58
100	83.56
110	83.23
120	102.92
128	86.10
174	118.68

*Fuente: Elaboración propia*

*Tabla 5.40 Resumen del cálculo de los rendimientos de la motoniveladora para conformación de capa base*

<b>Resumen de rendimientos de la motoniveladora</b>	
<b>Distancias Analizadas (m)</b>	<b>Rendimientos (M3/Hr)</b>
74	34.76
80	24.95
86	24.68
100	33.41
110	32.98
130	43.48

*Fuente: Elaboración propia*

Ultimando, se calculó la media de los rendimientos efectuados en las diferentes capas, de tal forma que se determinó los valores óptimos de rendimiento de la motoniveladora JOHN DEERE 670G, puntualizando el rendimiento para conformación de capa sub base en la tabla 5.41 y el rendimiento para conformación de capa base (suelo – cemento) en tabla 5.42.

*Tabla 5.41 Rendimiento de la motoniveladora para conformación de capa sub base*

<b>Rendimiento de la motoniveladora John Deere 670G para conformación de capa Sub base</b>	
84.43	M3/HR

*Fuente: Elaboración propia*

*Tabla 5.42 Rendimiento de la motoniveladora para conformación de capa base*

<b>Rendimiento de la motoniveladora John Deere 670G para conformación de capa base</b>	
32.38	M3/HR

*Fuente: Elaboración propia*

## **CAPITULO VI**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **6.1 CONCLUSIONES**

El presente trabajo ha cumplido con los objetivos planteados, describiendo el procedimiento constructivo, criterios de control de calidad, cálculo del rendimiento de maquinaria, elaboración y seguimiento de la documentación administrativa del proyecto, para la certificación del avance de obra del proyecto: “ENLOSETADO DE VÍAS COBIJA TRAMO: COMUNIDAD ABAROA”.

En base a lo descrito en el presente documento se establece que:

- Se realizó el seguimiento y apoyo técnico en todas las actividades contempladas en el área de topografía, participando en los criterios para dar la solución a los problemas denotados en la ejecución del proyecto, de esta forma se consolido el ordenamiento urbano de los tramos contemplados, emplazando el diseño geométrico respecto a los ejes de vías de la línea nivel municipal. El control topográfico se realizó con la finalidad de contribuir al desarrollo urbanístico y turístico de la comunidad.
- Se realizó el control de calidad de las actividades contempladas en el área de geotecnia, mediante ensayos de laboratorio regidos por las especificaciones técnicas y normativa vigente, habiendo comprobado que, para alcanzar la resistencia mínima requerida en la conformación de la capa base suelo - cemento, con el tipo de suelo A4, la cantidad de cemento requerido en porcentaje es 7% de la densidad máxima del suelo.
- Se realizó el control de calidad estadístico de la fabricación de losetas hexagonales determinando que de 60.000 piezas analizadas 10.000 son rechazadas, contemplando un 17% como factor equivalente de fabricación de losetas, que presentan defectos de resistencia, geometría y propiedades del hormigón, debido a las condiciones precarias de tratamiento en la región.
- Se realizó el cálculo de los rendimientos de la motoniveladora John Deere 670G (230HP) empleada en el proyecto, realizando mediciones en todas las operaciones y tiempos establecidos, con el fin de proyectar y programar actividades de un proyecto vial. Se conformó la capa sub base alcanzando un rendimiento de 84.43 M<sup>3</sup>/Hr y la capa base con un rendimiento de 32.38 M<sup>3</sup>/Hr, capas para conformación del pavimento articulado.

- Se realizó el estudio de factibilidad del programa generación de empleos, donde se determinó que el programa es viable, por ser sustentable al ser financiado en base al rendimiento de la mano de obra. Con el precedente de que es importante realizar el estudio socioeconómico de un proyecto, para verificar las condiciones sociales y el impacto que genere en los beneficiarios.
- De acuerdo a las visitas periódicas y las planillas elaboradas, se realizó el seguimiento al avance físico y financiero del proyecto, especificando que la inversión fue de Bs. 3.172.784,88 contemplado en un área de trabajo de 8.820 M2, para la ejecución a diseño final, de tal modo se detalla el precio unitario del proyecto de 359,73 Bs/m2 como dato referencial para la construcción de vías de pavimento articulado con las mismas características del presente proyecto.
- El proyecto culminó satisfactoriamente con todas las actividades contempladas en el documento base de contratación, cumpliendo con las especificaciones técnicas, normativa vigente, plazo establecido, presupuesto modificado y parámetros de calidad, destacando que se presentaron inconvenientes en la conformación de algunas actividades, reflejo de los ensayos de laboratorio que son resultado de ello. Se establece que el proyecto presentó algunas deficiencias de control de calidad por la falta de planificación en metodología aplicada para su ejecución mediante el autocontrol por parte de la entidad contratante.

## 6.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda:

- Considerando que el control topográfico se realizó satisfactoriamente, utilizando equipos topográficos como la estación total para georreferenciar los puntos de base para el emplazamiento del proyecto, se recomienda emplear equipos modernos como: Equipos GPS-RTK y Drones fotogramétricos, los mismos son actualizados y más precisos en cuanto a su funcionamiento, de esta forma se mejorara el rendimiento en la ejecución de los trabajos topográficos para proyectos viales.
- Realizar el cálculo de los rendimientos de las maquinarias pesadas complementarias (Ej. Camión volquete, compactador de rodillo pata de cabra, compactador de rodillo liso y otros) en la ejecución de proyectos con características similares, con el fin de crear una base de datos para proyectos viales de la ciudad de Cobija y su entorno, que permita proyectar y programar actividades en gran amplitud.
- Actualmente no se cuenta con una normativa vigente para el control de calidad de elaboración y ensayos para determinar las características físico-mecánicas de las losetas hexagonales, se recomienda emplear el método de ensayo a la resistencia a la flexión de probetas prismáticas para testigos de pavimento rígido (ASTM C78 Y C293 AASHTO T97 Y T77), empleado y descrito en el presente documento, detallando resultados favorables.
- Para la conformación de plataforma se recomienda verificar de manera continua la extracción del material granular empleado de los bancos de explotación y/o préstamo, debido a que los estratos de los suelos en la región son variables, los cuales se extienden en 3 unidades geomorfológicas diferentes, hallándose depósitos recubiertos por extensas formaciones de material laterítico, areniscas limolíticas y arcillitas. El mal uso de los suelos afecta en las densidades para su conformación final.
- Complementar el cuerpo técnico de supervisión para la ejecución de proyectos con características similares, de tal modo que se disponga de un equipo necesario de especialistas con la debida experiencia en áreas de geotecnia, hormigones y medio ambiente. De esta forma sus intervenciones serán muy específicas y coordinadas con el gerente de supervisión.

### 6.3 BIBLIOGRAFIA

- ✓ Instituto Nacional de Estadísticas (INE censo de población y Vivienda 2012)
- ✓ “Guía de supervisión de Obras” del Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda - Viceministerio de Vivienda y Urbanismo.
- ✓ Expediente técnico del Proyecto “Enlosetado de Vías de Cobija Tramo: Comunidad Abaroa”.
- ✓ Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la materia maquinaria y equipo de construcción. “Trabajo dirigido por: Viana E. Gutiérrez y Renán A. Pereira”
- ✓ Texto guía de “Maquinaria y equipo de construcción” ING. JAIME AYLLON ACOSTA
- ✓ Texto guía de “La maquinaria pesada en movimientos de tierra (descripción y rendimientos)” ROBERTO VARGAS S.
- ✓ Manual de especificaciones y aplicaciones KOMATSU
- ✓ Manual técnico de especificaciones de maquinaria pesada JOHN DEERE
- ✓ Manual de rendimiento CATERPILLAR