



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Estudio Definitivo De La Carretera Km 23 + 960 Interoceanica
Norte – Cp. San Cristóbal, Distrito De Olmos, Provincia
Lambayeque, Región Lambayeque”**

TESIS

Para Optar El Título Profesional De:

INGENIERO CIVIL

**AUTORES: Campos Velezmoro Marcelo
Diaz Barahona Joel Abrahan**

ASESOR: Msc. Ing. Cachay Silva Roberto Carlos

LAMBAYEQUE – PERU

TESIS

**“Estudio Definitivo De La Carretera Km 23 + 960 Interoceanica
Norte – Cp. San Cristóbal, Distrito De Olmos, Provincia
Lambayeque, Región Lambayeque”**

MIEMBROS DEL JURADO



**Dr. Ing. SERGIO BRAVO IDROGO
PRESIDENTE**

**MSC. ING. MIGUEL ROLANDO BOCANEGRA JACOME
SECRETARO**

**MSC. ING. WESLEY AMADO SALAZAR BRAVO
VOCAL**

RESUMEN

En el presente proyecto de investigación se presentan los resultados de las proyecciones del tráfico (estudio de tráfico) que servirán de base para la definición de las características técnicas del proyecto.

Previa verificación de campo y recorrido de la ruta del proyecto se procede a identificar una estación de conteo vehicular mediante la cual el aforador se ubica en un lugar estratégico y conveniente desde donde se realiza el conteo diario por tipo y clase de vehículos.

Su objetivo es analizar la situación del tráfico existente y predecir cómo cambiará a lo largo de la vida útil del proyecto. El contenido y volumen del tráfico existente marcan las circunstancias; la composición nos permitirá identificar los temas y el volumen de cada uno como línea de base para la proyección del tráfico.

Palabras Claves: Suelos, construcción

ABSTRACT

In this research project, the results of the traffic projections (traffic study) are presented, which will serve as a basis for the definition of the technical characteristics of the project.

After field verification and travel of the project route, a vehicle counting station is identified through which the gauge is located in a strategic and convenient place from where the daily count is carried out by type and class of vehicles.

Its objective is to analyze the existing traffic situation and predict how it will change throughout the life of the project. The content and volume of existing traffic determine the circumstances; The composition will allow us to identify the themes and the volume of each one as a baseline for traffic projection.

Keywords: Soils, construction

INDICE

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1.	Antecedentes	13
1.2.	Problema	13
1.3.	Hipótesis	13
1.4.	Justificación e importancia	13
1.5.	Objetivos del proyecto	14
1.5.1.	Objetivo general	14
1.5.2.	Objetivos específicos	14

CAPITULO II: ESTUDIOS DE PLANEACIÓN

2.1.	Estudio geográfico físico	16
2.1.1.	Situación geográfica	16
2.1.2.	Relieve de la zona	17
2.1.3.	Meteorología y climatología	18
2.1.4.	Vía de Acceso al punto inicio de la obra	18
2.2.	Estudios económicos	19
2.2.1.	Actividades económicas de la zona	19
2.2.1.1.	Agricultura	19
2.2.1.2.	Ganadería	19
2.2.1.3.	Apicultura	20
2.2.1.4.	Industria	20
2.2.2.	Población beneficiada y sus características	21

CAPITULO III: ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS

3.1.	Reconocimiento de campo	24
3.1.1.	Reconocimiento Directo	24
3.2.	Levantamiento Topográfico	24
3.2.1	Eje preliminar	24

3.2.2. Instrumentos y materiales utilizados	24
3.2.3. Eje definitivo	25
3.3. Consideraciones Técnicas para el diseño geométrico	25
3.4. Diseño Geométrico	25
3.4.1. Estudio de tráfico	26
3.4.1.1 Estación de conteo	26
3.4.1.2 Periodo de estudio en el campo	26
3.4.1.3 Índice medio diario actual	27
3.4.1.4 Índice medio diario proyectado	28
3.4.2. Ancho de la Superficie de Rodadura	31
3.4.2.1 Tipo de Superficie de Rodadura	31
3.4.3. Sobre ancho de la calzada	31
3.4.4. Eje definitivo	33
3.4.4.1 Plano de Planta	33
3.4.4.2 Plano de Perfil	36
3.4.4.2.1 Trazado de Subrasante	36
3.4.4.3 Plano de Secciones Transversales	37
3.4.5. Volumen de movimiento de tierras	38
3.4.5.1 Determinación de las áreas de Secciones	38
3.4.5.2 Determinación de Volúmenes	40
3.4.5.3 Corrección de los Volúmenes	41
3.4.5.4 Compensación de volúmenes de tierra	44
3.4.5.4.1 Compensación trasversal	44
3.4.5.4.2 Compensación longitudinal	44
3.4.6. Diagramas de masa	45

CAPITULO IV: ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

4.1. Generalidades	55
4.2. Análisis de muestras	55
4.2.1 Toma de muestras	55
4.2.2 Métodos de evaluación	55
4.3. Descripción de ensayos de laboratorio	56
4.3.1 Contenido de humedad	56
4.3.2 Límites de consistencia	56
4.3.3 Granulometría	60

4.3.4	Contenido de sales	62
4.3.5	Peso Específico Relativo de los Sólidos	63
4.3.6	Ensayos de compactación (Proctor Modificado)	64
4.3.7	Ensayos para determinar CBR (California Bearing Ratio) y la expansión en el laboratorio.	66
4.4.	Clasificación de los suelos	71
4.4.1	Clasificación AASHTO	71
4.4.1.1.	Descripción de los grupos de clasificación	76
4.4.2	Clasificación unificada de suelos (SUCS)	79

CAPITULO V: ESTUDIO DE CANTERAS

5.1.	Generalidades	83
5.2.	Localización de canteras en la zona	83
5.3.	Metodología	84
5.4.	Trabajos de campo	85
5.5.	Ensayos de laboratorio	85
5.6.	Características de la cantera	86
5.7.	Resultado de los ensayos de laboratorio	87

CAPITULO VI: ESTUDIO DEL PAVIMENTO

6.1.	Generalidades	89
6.2.	Clasificación de pavimentos	89
6.3.	Criterios de selección de pavimentos	90
6.4.	Pavimento flexible	92
6.4.1	Tipos de pavimentos flexibles	92
6.4.1.1.	Asfaltó en frío	92
6.4.1.2.	Asfaltó en caliente	93
6.4.2	Funciones y características de las diferentes capas del pavimento flexible	93
6.4.2.1.	Carpeta de rodadura	93
6.4.2.2.	Base	94
6.4.2.3.	Sub base	94
6.4.3	Métodos de cálculo de los espesores	95
6.4.4	Mezclas asfálticas - Diseño - Índice de bitumen	134

6.4.4.1. Generalidades	134
6.4.4.2. Terminología del asfalto	135
6.4.4.3. Materiales pétreos o agregados para mezclas asfálticas	137
6.4.4.4. Pavimentos asfálticos	140

CAPITULO VII: ESTUDIOS HIDRAULICOS

7.1. Generalidades	155
7.2. Drenaje Superficial	156
7.3. Caudal de escorrentía	160
7.3.1 Métodos racionales	160
7.3.1.1. Método racional	160
7.3.1.2. Método racional ARMCO	163
7.3.2 Métodos experimentales	164
7.3.2.1. Método de la precipitación pluvial	164
7.3.3 Métodos empíricos	167
7.3.4 Métodos directos	168
7.3.4.1. Método de sección pendiente	168
7.4. Calculo hidráulico	170
7.5. Diseño de obras de arte	191
7.5.1. Alcantarillas	191
7.5.1.1 Definición	191
7.5.1.2 Tipos de alcantarilla	192
7.5.2. Badén	192

CAPITULO VIII: SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL

8.1. Función de las señales de tránsito.	197
8.2. Clasificación de las señales de tránsito.	197
8.2.1. Señales reguladoras o de reglamentación	197
8.2.1.1 Definición	197
8.2.1.2 Clasificación	198
8.2.1.3 Forma.	198
8.2.1.4 Colores	198
8.2.1.5 Dimensiones	199

8.2.1.6 Ubicación	199
8.2.1.7 Relación de señales restrictivas	199
8.2.2. Señales preventivas	201
8.2.2.1 Definición	201
8.2.2.3 Forma.	202
8.2.2.4 Colores	202
8.2.2.5 Dimensiones	202
8.2.2.6 Ubicación	202
8.2.2.7 Relación de preventivas	203
8.2.3. Señales de información	206
8.2.3.1 Definición	206
8.2.3.2 Clasificación	206
8.2.3.3 Forma.	207
8.2.3.4 Colores	207
8.2.3.5 Dimensiones	208
8.2.3.6 Normas de diseño	208
8.2.3.7 Ubicación	210
8.2.3.8 Relación de informativas	211
8.3. Marcas en el Pavimento.	214
8.3.1 Marcas en pavimento y bordes de pavimento	218
8.4.2 Espaciamiento de delineadores	223

CAPITULO IX: EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL

9.1. Factores y acciones ambientales	227
9.1.1 Generalidades	227
9.1.2 Factores ambientales	227
9.1.2.1 Medio físico	227
9.1.2.2 Medio biótico	228
9.1.2.3 Medio socioeconómico	229
9.1.3 Acciones ambientales	230
9.2. Evaluación de Impactos Ambientales.	230
9.2.1 Método de evaluación	230
9.2.1.1 Matriz de importancia	230
9.2.1.2 Matriz de convergencia	233
9.3. Interpretación de resultados	235

9.4.	Plan de manejo ambiental	235
9.4.1	Generalidades	235
9.4.2	Medidas de mitigación, control y prevención ambiental	236

CAPITULO X: METRADOS, PRESUPUESTOS Y PROGRAMACIÓN DE OBRA.

10.1.	Metrados, presupuesto y cronograma de obra	240
-------	--	-----

CAPITULO XI: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

11.1.	Especificaciones técnicas generales	250
-------	-------------------------------------	-----

CAPITULO XII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

12.1.	Conclusiones	294
12.2.	Recomendaciones	294

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS



INTRODUCCION

El “ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA KM 23 + 960 INTEROCEANICA NORTE – CP. SAN CRISTOBAL, DISTRITO DE OLMOS, PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION LAMBAYEQUE”, es de gran importancia para que las comunidades cuenten con un proyecto de carretera, para que así puedan gestionar su financiamiento y posterior ejecución.

El presente proyecto consta de:

Capítulo I. Generalidades: Se describen antecedentes, objetivos y etapas del proyecto.

Capítulo II. Estudios de planeación: Se realizara el estudio geográfico y económico.

Capítulo III. Estudios topográficos: Levantamiento topográfico de la franja de dominio, determinando el eje preliminar, eje definitivo y las secciones transversales.

Capítulo IV. Estudio de mecánica de suelos: Determina las propiedades mecánicas del suelo en el eje de la carretera y también el CBR tanto en el eje como en las canteras.

Capítulo V. Estudio de canteras: Se escogerá la cantera que cumple con las especificaciones técnicas.

Capítulo VI. Estudio del pavimento: Se diseñara el pavimento de asfalto en frio.

Capítulo VII. Estudios hidráulicos: Se determinaran los caudales que evacuaran las alcantarillas y badenes que pasaran por la sección transversal de la carretera.

Capítulo Capítulo VIII. Señalización y Seguridad Vial: Diseñar las señales informativas, reglamentarias, preventivas y los elementos de seguridad.

Capítulo IX. Evaluación de impacto ambiental: Se hará el análisis del medio ambiente mediante el uso de la metodología de la matriz de convergencia.

Capítulo X. Metrados, presupuesto y cronograma de obra: Se detallaran las diferentes partidas del proyecto y cronograma de obra

Capítulo XI. Especificaciones Técnicas: Se detallaran por cada partida del proyecto

Capítulo XII. Conclusiones y recomendaciones.

Para el desarrollo del proyecto se utilizó el “Manual de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito” y “Diseño Geométrico - 2013 del ministerio de transportes y comunicaciones”.



CAPITULO I

GENERALIDADES



1.1. ANTECEDENTES

Los pobladores de los caseríos: Pasabar los Mayangas, Laguna Larga, El Puente y San Cristóbal, tienen la necesidad de contar con un estudio definitivo de la carretera que los una con la capital distrital y otras ciudades de la región, ya que la trocha existente no cuenta con ningún estudio preliminar (Topográfico, Diseño Geométrico, Mecánica de suelos, Hidrológico, Impacto Ambiental, etc). (GONZALES PUPPI, 2015)

Por tal razón los suscritos hemos realizado el **"ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA KM 23 + 960 INTEROCEANICA NORTE – CP. SAN CRISTOBAL, DISTRITO DE OLMOS, PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION LAMBAYEQUE"**, con la finalidad que cuenten con un estudio técnico para poder gestionar el financiamiento de su construcción.

1.2. PROBLEMA

¿Por qué realizar el "ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA KM 23 + 960 INTEROCEANICA NORTE – CP. SAN CRISTOBAL, DISTRITO DE OLMOS, PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION LAMBAYEQUE"?

1.3. HIPÓTESIS

El "ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA KM 23 + 960 INTEROCEANICA NORTE – CP. SAN CRISTOBAL, DISTRITO DE OLMOS, PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION LAMBAYEQUE", servirá de base para la elaboración del Expediente Técnico.

1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

PORQUE en la actualidad no se cuenta con el proyecto "ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA KM 23 + 960 INTEROCEANICA NORTE – CP. SAN CRISTOBAL, DISTRITO DE OLMOS, PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION LAMBAYEQUE".

PARA QUE se cuente con el proyecto "ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA KM 23 + 960 INTEROCEANICA NORTE – CP. SAN CRISTOBAL, DISTRITO DE



OLMOS, PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION LAMBAYEQUE". Que permitirá la elaboración del estudio final para su futura ejecución que beneficiara a los pobladores..

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo General

Elaborar el, "ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA KM 23 + 960 INTEROCEANICA NORTE – CP. SAN CRISTOBAL, DISTRITO DE OLMOS, PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION LAMBAYEQUE".

1.5.2. Objetivos Específicos

- Realizar el estudio topográfico.
- Diseñar los elementos Geométricos de la vía.
- Realizar los estudios Geotécnicos.
- Diseñar el Pavimento Flexible.
- Realizar la Evaluación de Impacto Ambiental.
- Efectuar los Metrados, Costos Unitarios, presupuesto y programación de obra.



CAPITULO II

ESTUDIOS DE PLANEACIÓN



2.1 ESTUDIO GEOGRÁFICO FÍSICO

2.1.1 Situación geográfica del proyecto

El proyecto se encuentra ubicado entre el km 23 + 960 de la Interoceánica Norte y el Centro Poblado San Cristóbal, Distrito de Olmos, Provincia Lambayeque, Región Lambayeque.

La ubicación geográfica del eje de la vía en coordenadas UTM es:

El punto de inicio KM 0 + 000 del proyecto:

- 631047.725 E
- 9355167.698 N

El punto final KM 17 + 321 del proyecto:

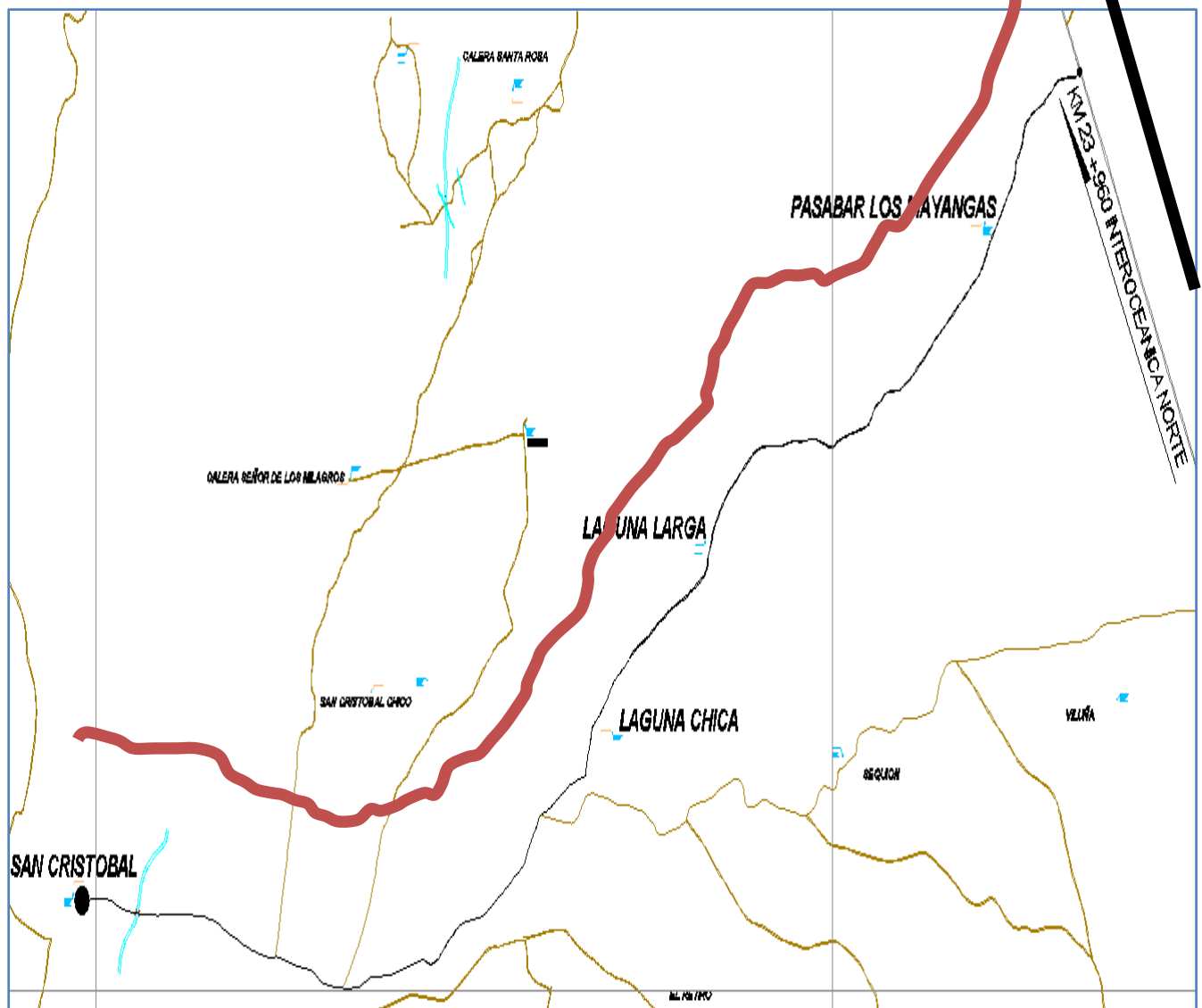
- 616756.248 E
- 9349272.381 N

Sus límites son:

- **Por el Norte:** Limita con los Distritos de Catacaos, Matanza, Buenos Aires y Salitral pertenecientes al departamento de Piura.
- **Por el Sur:** Limita con el Distrito de Morrope.
- **Por el Este:** Limita con el Distrito de Huarmaca.
- **Por el Oeste:** Limita con el Océano Pacífico (Punta Cabo Verde) y la provincia de Sechura, departamento de Piura.

"La Ciudad de Olmos tiene una altura de 175 msnm a 04°24'41" de latitud Sur y a 80°31'43" de longitud oeste del Meridiano de Greenwich" (WIKIPEDIA, 2016)

UBICACIÓN GEOGRAFICA DE LA ZONA DEL PROYECTO



2.1.2 Relieve de la zona

(CASTOPE CAMACHO, 2017)

Su territorio en su mayor parte es llano encontrándose también lomas, depresiones, dunas, médanos, cerros aislados o contra fuertes de la cordillera occidental, cauces secos de quebradas o ríos temporales



"La topografía es suave y plana con pendientes que varían del 0% a 5%, tiene relieve plano y sin pedregosidad" (CASTOPE CAMACHO, 2017)

2.1.3 Meteorología y Climatología

- Clima

(CASTOPE CAMACHO, 2017)

Los niveles normales de lluvia y las características semidesérticas y desérticas de la franja costera limitada dan como resultado una temperatura cálida en la región, con el viento soplando del suroeste al este.

- Lluvias

(CASTOPE CAMACHO, 2017)

Las precipitaciones pluviales son escasas y esporádicamente en lapsos relativamente largos (en 1977 con 114.4 mm., 1981 con 132.5 mm. y 1998 con 181.6 mm., lo que constituyó una verdadera emergencia por los daños causados a las vivienda).

-Temperatura

(CASTOPE CAMACHO, 2017)

Excepto en los meses de verano, de enero a abril, cuando las temperaturas pueden subir hasta los 38 °C, la región de estudio tiene un ambiente templado con temperaturas que a menudo oscilan entre los 19 °C y los 27 °C.

2.1.4 Vía de Acceso al Distrito de Olmos

La Antigua Carretera Panamericana Norte conduce al Distrito de Olmos; la siguiente ruta parte desde la Provincia de Chiclayo. (CASTOPE CAMACHO, 2017)

Cuadro de Acceso al Punto de inicio del proyecto		
1	De Lima a Obra	Vía asfaltada con una Longitud de 938.96 kilómetros



2	De Chiclayo a Obra	Vía asfaltada con una Longitud de 138.96 kilómetros
---	--------------------	---

2.2 ESTUDIOS ECONÓMICOS

2.2.1 Actividades económicas de la zona

La agricultura, la cría de animales, la apicultura y la industria, que incluye instalaciones que extraen aceite de limón, entre otras cosas, representan su principal actividad económica.. (CASTOPE CAMACHO, 2017).

2.2.1.1 Agricultura

(CASTOPE CAMACHO, 2017).

El valle Olmos lo crea el río del mismo nombre; tiene mucha buena tierra que es utilizada para la agronomía, pero esta carece de poca agua. Los ríos Cascajal, San Cristóbal y Olmos, que nacen en la provincia de Huancabamba-Piura y llegan a Lambayeque por Olmos, ellos tienen un caudal reducido, por lo que su caudal depende totalmente de la época de lluvias.

(CASTOPE CAMACHO, 2017).

El uso de la tierra es de preferencia para cultivos de limón, frutales, maíz y otros. Potencialmente las tierras están consideradas como las mejores del mundo.

(CASTOPE CAMACHO, 2017).

En 1950 llegaron a Olmos varios inversionistas agrícolas de otras zonas del país que, convencidos de la fertilidad de la tierra, iniciaron el crecimiento del cultivo de limón.

El limón (*citrus limonium*) es una planta importada, y Olmos es reconocida como la mejor región limonera del mundo.. (CASTOPE CAMACHO, 2017).

2.2.1.2 Ganadería

(CASTOPE CAMACHO, 2017).

La principal actividad económica de los pobladores es la ganadería, por lo que, según cifras de diciembre de 2007, se producían 60.000 cabras, 30.000 ovejas y 10.000 vacunos. La principal actividad económica de los pobladores es la ganadería, por lo que, según cifras de diciembre de 2007, se producían 60.000 cabras, 30.000 ovejas y 10.000 vacunos.

2.2.1.3 Apicultura

La apicultura, que ha producido una cantidad sustancial de miel en los últimos años (2003-2008), es otra actividad que ha despertado gran interés en Olmos. (CASTOPE CAMACHO, 2017).

"UN PROYECTO DULCE" Es un proyecto que está siendo desarrollado por la gente del monte seco. La cantidad de miel de algarroba y zapote que se produce en Lambayeque cada año es de unos 800.000 kg, y se están desarrollando numerosos proyectos para ampliar la producción de miel y polen para la exportación. (CASTOPE CAMACHO, 2017).

Casi todo el mundo sabe que las abejas elaboran la miel a partir del néctar que recogen de las flores de las plantas del campo. Las abejas generan miel. Pocas personas, sin embargo, son conscientes de la cantidad de viajes que deben emprender. (CASTOPE CAMACHO, 2017).

2.2.1.4 Industria

(CASTOPE CAMACHO, 2017)

La actividad agroindustrial también está presente en el distrito de Olmos debido a la presencia de refinerías de petróleo en Limón y otros lugares. Una de ellas es PROFRUSA (Procesadora Frutcola S.A.), que se encuentra cerca de la ciudad y se dedica a la exportación de concentrados de jugo de maracuyá y aceites esenciales extraídos de la cáscara, y QUICORNAC, dedicada a la exportación de la maracuyá.

2.2.2 Población beneficiada y sus características

En el Distrito de Olmos, Provincia de Lambayeque, Región Lambayeque: se ubica la trocha carrozable Km 23 + 960 de la Carretera Interoceánica Norte - CP. San Cristóbal. (Horna Vigil, 2015)



El tramo a en estudio es el km. 0 + 000, inicia en el Km 23 + 960 de la Carretera Interoceánica Norte (Distrito de Olmos) y finaliza en el km. 17 + 321, CP. San Cristóbal (Distrito de Olmos).

Población Beneficiada

La población que corresponde a dicho proyecto pertenece al distrito de Olmos (en la provincia de Lambayeque), esta población total asciende a 36,595 habitantes al año 2007, según el Censo 2007 es de 1.20%". (Horna Vigil, 2015)

"Ubicación geográfica y superficie territorial del distrito del área de influencia del proyecto se presentan en el cuadro siguiente" (Horna Vigil, 2015).

ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

Distrito	Capital	Altitud	Superf.	Población
		(m.s.n.m.)	Km ²	2007
Olmos	Olmos	175	5,335.25	36,595

INEI. Compendio estadístico región Lambayeque

POBLACIÓN DEL DISTRITO DE OLMOS

Categorías	Casos	%	% Acumulado
Área Urbana	9,807	26.80	26.80
Área Rural	26,788	73.20	100.00
Total	36,595	100.00	100.00

Fuente: INEI censo Nacional 2007 XI de población y VI de Vivienda

La población y zona beneficiada directamente se detalla en el cuadro siguiente:

Localidad	Población Actual (Habitantes)
-----------	----------------------------------



Pasabar los Mayangas	546
Laguna Larga	786
San Cristóbal	825
TOTAL	1,332

Fuente: INEI censo Nacional 2007

POBLACIÓN PROYECTADA DEL DISTRITO DE OLMOS

Categoría	Población 2007	Población 2015	Población 2035
Área Urbana	9,807	10,789	13,696
Área Rural	26,788	29,470	37,411
TOTAL	36,595	40,259	51,106

POBLACIÓN BENEFICIADA DIRECTAMENTE - PROYECTADA

Localidad	Población 2007 (Habitantes)	Población 2015 (Habitantes)	Población 2035 (Habitantes)
Pasabar los Mayangas	546	601	763
Laguna Larga	786	865	1,098
San Cristóbal	825	908	1,152
TOTAL	1,332	1,465	1,860



CAPITULO III

ESTUDIOS

TOPOGRÁFICOS



1.6. RECONOCIMIENTO DE CAMPO

3.1.1 Reconocimiento directo

Se ha realizado la inspección de campo de la trocha existente para mejorar el trazo.

1.7. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

El levantamiento topográfico es el procedimiento realizado en campo para obtener la representación gráfica del terreno, de sus accidentes, del sistema hidrográfico, y de las instalaciones y edificaciones existentes. (Horna Vigil, 2015)

3.2.1 Eje preliminar

Definida la ruta y fijado el punto de partida y los tramos que definen el eje, se ejecuta el estacado de PI a PI, se mide la distancia y el ángulo de deflexión en cada PI, y luego se realiza el estacado cada 20m, este proceso se llama poligonación abierta. (Horna Vigil, 2015)

3.2.2 Instrumentos y materiales empleados

- Estación Total.
- Prismas.
- GPS.
- Wincha.
- Libreta de campo.
- Estacas.
- Pintura.
- Clavos.



3.2.3 Eje definitivo

Al concluir el Trazo preliminar se procesa la información de campo. Se diseña las curvas horizontales, sobre ancho, peralte. (Horna Vigil, 2015)

Se nivelan las estacas ubicadas cada 20 m para obtener las curvas de nivel. (Horna Vigil, 2015)

Se dibuja el perfil longitudinal y se traza la subrasante.

1.8. CONSIDERACIONES TÉCNICAS

Según la clasificación dada por el DG - 2013 nuestro proyecto estaría ubicado:

De acuerdo a la demanda: es una carretera de tercera clase, con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3,00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2,50 m, contando con el sustento técnico correspondiente, **en caso de ser pavimentadas deberán cumplirse con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras de segunda clase.** (Horna Vigil, 2015)

Según condiciones Orográficas: tenemos una orografía del TIPO 1, ya que las pendientes transversales al eje de la vía son menor o igual al 10% y sus pendientes longitudinales por lo general son menores de 3%. Según el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2013, las vías Tipo 1 "permiten a los vehículos pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos ligeros". (Horna Vigil, 2015)

1.9. DISEÑO GEOMÉTRICO

Las características geométricas de una vía dependen fundamentalmente de la velocidad directriz adoptada, de la composición y volumen del tránsito proyectado, a fin de satisfacer las condiciones mínimas que permitan circular, los determinados tipos de vehículos en el camino. (Horna Vigil, 2015)



En general en el Diseño Geométrico de la Carretera materia de estudio, se ha procurado adaptarnos a las deflexiones del terreno y la vía existente; evitando en lo posible movimientos excesivos de tierras y/o la construcción de estructuras costosas. (Horna Vigil, 2015)

“Los criterios seguidos para el trazo y diseño geométrico ha sido: El Manual De Diseño geométrico de Carreteras DG - 2013, determinándose las siguientes características”. (Horna Vigil, 2015)

3.4.1 Estudio de Tráfico

(Horna Vigil, 2015)

Su objetivo es analizar la situación del tráfico existente y predecir cómo cambiará a lo largo de la vida útil del proyecto. El contenido y volumen del tráfico existente marcan las circunstancias; la composición nos permitirá identificar los temas y el volumen de cada uno como línea de base para la proyección del tráfico.

En el presente proyecto de investigación se presentan los resultados de las proyecciones del tráfico (estudio de tráfico) que servirán de base para la definición de las características técnicas del proyecto. (Horna Vigil, 2015)

3.4.1.1 Estación de conteo

Previo verificación de campo y recorrido de la ruta del proyecto se procede a identificar una estación de conteo vehicular mediante la cual el aforador se ubica en un lugar estratégico y conveniente desde donde se realiza el conteo diario por tipo y clase de vehículos.

3.4.1.2 Periodo de estudio en el campo

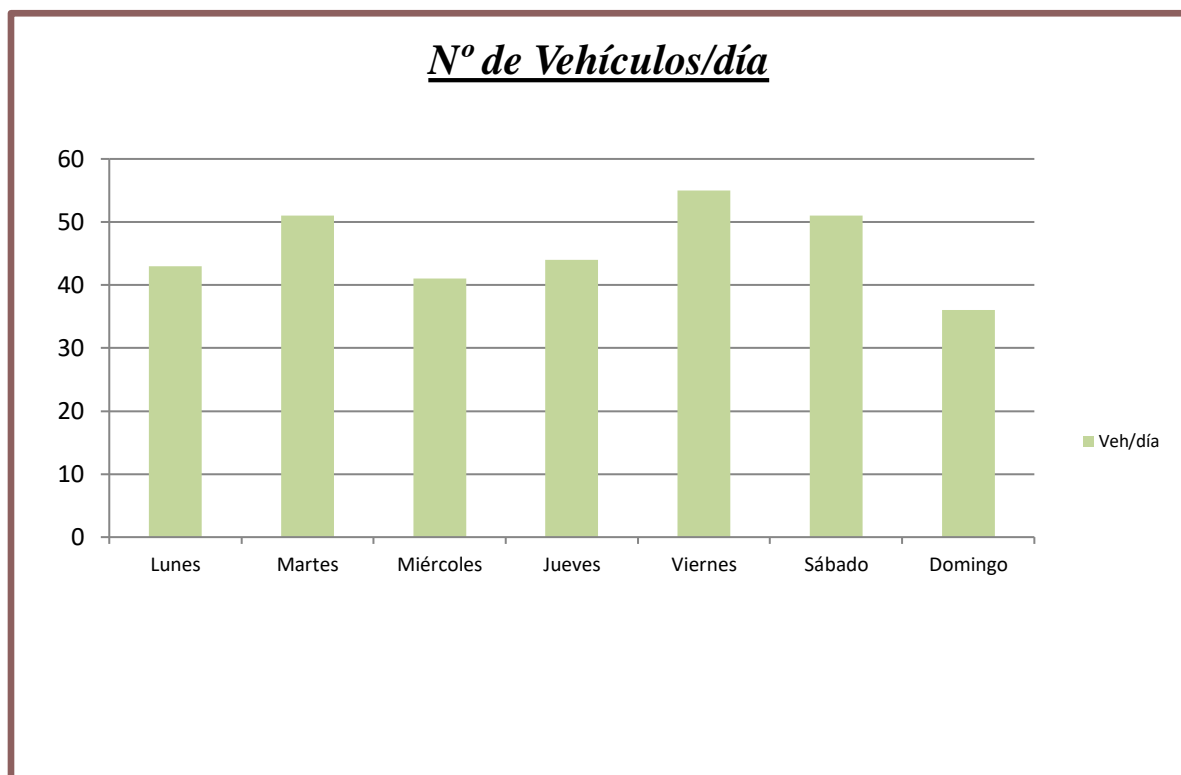
La estación de conteo se ubicó en el km 0 + 000 de la Trocha Carrozable “km 23 + 960 de la Carretera Interoceanica Norte – CP. San Cristobal”, Operando las 24 horas del día, entre los días 23 y 29 de Marzo del 2015, durante 7 días incluyendo días laborables y un fin de semana. (Horna Vigil, 2015)

REGISTRO DEL CONTEO VEHICULAR

Km 23 + 960 INTEROCEANICA NORTE – CP. SAN CRISTOBAL

i) Resumen del conteo de tránsito a nivel del día y tipo de vehículo

Tipo de Vehículo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Automóvil	11	14	10	9	13	12	8
Camioneta Pick Up	5	6	4	6	5	6	4
Camioneta Rural	13	14	15	13	16	14	11
Camión 2E	10	11	8	11	14	13	9
Camión 3E	4	6	4	5	7	6	4
TOTAL	43	51	41	44	55	51	36



Afluencia de Vehículos del 23 al 29 de Marzo del 2015.



ii) Determinar los factores de corrección promedio de una estación de peaje cercano al camino:

F.C.E. Vehículos ligeros: 1.1

F.C.E. Vehículos pesados: 1.1

Nota: Utilizar los datos del Ministerio de Transportes

iii) Aplicar la siguiente fórmula, para un conteo de 7 días

$$IMD_a = IMD_s * FC \quad IMD_s = \sum \frac{Vi}{7}$$

Dónde:	IMD _s =	Índice Medio Diario Semanal de la Muestra Vehicular Tomada
	IMD _a =	Índice Medio Anual
	Vi =	Volumen Vehicular diario de cada uno de los días de conteo
	FC =	Factores de Corrección Estacional



Tipo de Vehículo	Tráfico Vehicular en dos Sentidos por Día							TOTAL SEMANA	IMD _s	FC	IMD _a
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo				
Automóvil	11	14	10	9	13	12	8	77	11	1.1	12
Camioneta Pick Up	5	6	4	6	5	6	4	36	5	1.1	6
Camioneta Rural	13	14	15	13	16	14	11	96	14	1.1	15
Camión 2E	10	11	8	11	14	13	9	76	11	1.1	12
Camión 3E	4	6	4	5	7	6	4	36	5	1.1	6
TOTAL	43	51	41	44	55	51	36	321	46		51

2. ANALISIS DE LA DEMANDA

2.1 Demanda Actual

Tráfico Actual por Tipo de Vehículo

Tipo de Vehículo	IMD	Distribución (%)
Automóvil	12	23.53
Camioneta Pick Up	6	11.76
Camioneta Rural	15	29.41
Camión 2E	12	23.53
Camión 3E	6	11.76
IMD	51	100.00



Demanda Proyectada

Para la proyección de la demanda utilizar la siguiente fórmula:

$$T_n = T_0(1 + r)^{(n-1)}$$

Dónde:

T_n =	Tránsito proyectado al año en vehículo por día
T_0 =	Tránsito actual (año base) en vehículo por día
n =	año futuro de proyección
r =	tasa anual de crecimiento de tránsito

Tasa de Crecimiento x
Región en %

$r_{vp} = 1.50$	Tasa de Crecimiento Anual de la Población	(para vehículos de pasajeros)
$r_{vc} = 3.00$	Tasa de Crecimiento Anual del PBI Regional	(para vehículos de carga)

PROYECCIÓN DE TRÁFICO 1-20 AÑOS

Tipo de Vehículo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------



Tráfico Normal	51	51	51	52	55	56	56	57	59	61	62	62	64	65	67	67	70	71	72	74	76
Automóvil	12	12	12	12	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	16	16
Camioneta Pick Up	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8
Camioneta Rural	15	15	15	15	16	16	16	16	17	17	17	17	18	18	18	18	19	19	19	20	20
Camión 2E	12	12	12	13	13	14	14	14	15	15	16	16	17	17	18	18	19	19	20	20	21
Camión 3E	6	6	6	6	7	7	7	7	7	8	8	8	8	9	9	9	9	10	10	10	11

Tráfico Proyectado por Tipo de Vehículo

Tipo de Vehículo	IMD	Distribución (%)
AUTOMOVIL	16	21.05
CAMIONETA PICK UP	8	10.53
CAMIONETA RURAL	20	26.32
CAMIÓN 2E	21	27.63
CAMIÓN 2E	11	14.47
IMD	76	100.00%

3.4.2 Ancho Superficie de Rodadura

(Ramos Fernandez, 2017)

De la tabla 304.01 (DG-2013), le corresponde un ancho mínimo de tangente de 6,60 m, y de la tabla 304.02 (DG-2013), a cada lado de la calzada le corresponde un ancho de berma de 1,20 m. Debido a que nuestra vía es de tercera clase y tiene poco tráfico vehicular, por lo que optamos por reducir esta condición a un ancho de bermas de 0,9 m a cada lado de la vía.

3.4.2.1 Tipo de Superficie de Rodadura

Con capas granulares (base y subbase drenante), una capa bituminosa de espesor variable mayor de 25 mm y una capa asfáltica en frío. (Ramos Fernandez, 2017)

3.4.3 Sobre ancho de la calzada

Los sobreanchos son empleados en curvas horizontales con el fin de lograr la visibilidad del vehículo en su recorrido, se está considerando que el camión de diseño es el camión simple 2 ejes (C2). (Ramos Fernandez, 2017)

$$S = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

Dónde:

n: N° de carriles

= 2



R: Radio de la curva = (indicado)

L: Longitud entre la parte frontal y el eje posterior del veh. = 7.3 m

V: Velocidad Directriz Km/h = 60

SOBRE ANCHOS ADOPTADOS:

CURVA	RADIO	DISTANCIA PARTE FRONTAL Y EJE POSTERIOR L(m)	# DE CARRILES	VELOCIDAD DIRECTRIZ V(km/h)	SOBREANCHO CALCULADO Sa(m)	SOBREANCHO REDONDEADO
1	140	7.3	2	60	0.89	0.90
2	300	7.3	2	60	0.52	0.50
3	150	7.3	2	60	0.85	0.80
4	250	7.3	2	60	0.59	0.60
5	200	7.3	2	60	0.69	0.70
6	200	7.3	2	60	0.69	0.70
7	200	7.3	2	60	0.69	0.70
8	150	7.3	2	60	0.85	0.80
9	180	7.3	2	60	0.74	0.70
10	150	7.3	2	60	0.85	0.80
11	150	7.3	2	60	0.85	0.80
12	300	7.3	2	60	0.52	0.50
13	150	7.3	2	60	0.85	0.80
14	220	7.3	2	60	0.65	0.60
15	200	7.3	2	60	0.69	0.70
16	200	7.3	2	60	0.69	0.70
17	150	7.3	2	60	0.85	0.80
18	150	7.3	2	60	0.85	0.80
19	200	7.3	2	60	0.69	0.70
20	200	7.3	2	60	0.69	0.70
21	150	7.3	2	60	0.85	0.80
22	300	7.3	2	60	0.52	0.50
23	150	7.3	2	60	0.85	0.80
24	300	7.3	2	60	0.52	0.50
25	200	7.3	2	60	0.69	0.70
26	180	7.3	2	60	0.74	0.70
27	150	7.3	2	60	0.85	0.80
28	250	7.3	2	60	0.59	0.60
29	150	7.3	2	60	0.85	0.80
30	200	7.3	2	60	0.69	0.70
31	180	7.3	2	60	0.74	0.70
32	220	7.3	2	60	0.65	0.60

RESUMEN DE PARÁMETROS DE DISEÑO

Se muestran en el siguiente cuadro:

PARÁMETRO	VALOR
Topografía	Plana
Clasificación de la Carretera	Tercera Clase
Velocidad Directriz	60 km/h
Radio Mínimo de Curvas Horizontales	135.00 m
Ancho de Superficie de Rodadura	6.60 m
Ancho de berma	0.90 m
Cunetas	0.5m ancho x 0.2m de alto
Sobreancho	Indicado para cada curva
Bombeo de Superficie de Rodadura	2%
Peralte en Curvas	8% máximo
Pendiente máxima	8%
Taludes de Corte Suelos Limoarcillos o Arcillo	1:1
Taludes de Relleno Suelos diversos compactados (mayoría de suelos)	1:1.5

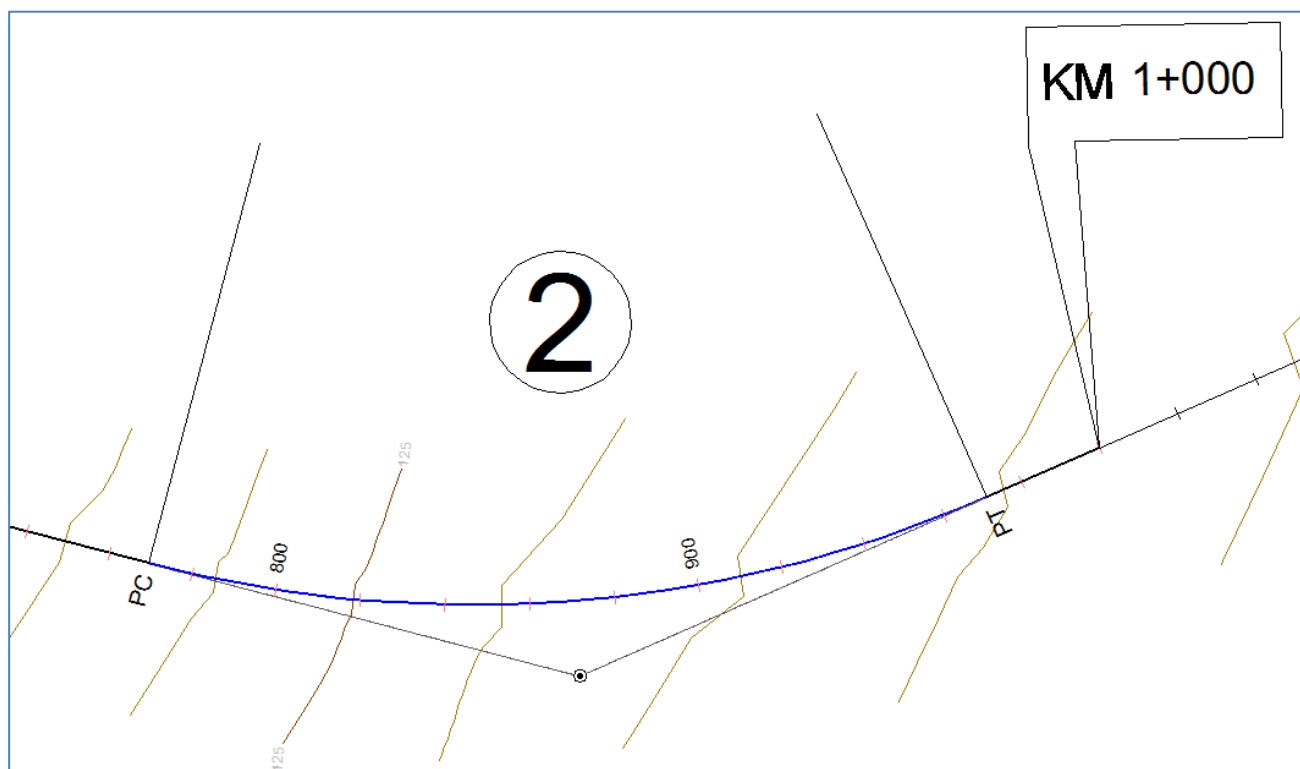
3.4.1 eje definitivo

3.4.4.1 Plano de planta

Este plano fue elaborado utilizando el Software AutoCAD Civil 3D, el cual permite la visualización de curvas de nivel con medidas redondeadas que fueron interpoladas a partir de todos los puntos marcados tanto en el eje como en las secciones transversales. (Ramos Fernandez, 2017)

Además de resaltar las características clave de la región, como alcantarillas, badenes, densidad de población y características topográficas, etc. Debido a que el terreno es plano, se utilizó una equidistancia de 0,20 m para dibujar curvas de nivel utilizando una escala de 1:2000. (Ramos Fernandez, 2017).

CALCULO DE LA CURVA HORIZONTAL N° 2



$$PI = 0 + 874.28$$

$$\Delta = 38^{\circ}27'40''$$

$$R = 300 \text{ m}$$

$$T = R * \text{Tang} \left(\frac{\Delta}{2} \right) = 104.65$$

$$LC = R * \frac{\pi * \Delta}{180} = 201.38$$

$$Km(PC) = Km(PI) - T = 0 + 874.28 - 104.64 = 0 + 769.63$$

$$Km(PT) = Km(PC) + LC = 0 + 769.63 + 201.38 = 0 + 971.01$$





TABLA DE ELEMENTOS DE CURVAS CIRCULARES

PI	Δ	R(m)	Prog. PI	Prog. PC	Prog. PT	Tang. (m)	Lc(m)	Cuerda(m)	Coodernadas del PI	
									Este	Norte
1	89° 59' 47"	140.00	0+140.00	0+000.01	0+219.91	139.99	219.90	197.98	630977.0553	9355288.5427
2	38° 27' 40"	300.00	0+874.28	0+769.63	0+971.01	104.65	201.38	197.62	630291.3127	9354887.5812
3	25° 54' 38"	150.00	1+361.08	1+326.57	1+394.40	34.51	67.83	67.26	630112.2223	9354426.4197
4	15° 34' 36"	250.00	2+052.73	2+018.54	2+086.50	34.19	67.97	67.76	629604.4106	9353955.0966
5	24° 57' 15"	200.00	2+618.86	2+574.61	2+661.72	44.25	87.11	86.42	629307.9017	9353472.3258
6	25° 29' 58"	200.00	3+398.08	3+352.83	3+441.84	45.25	89.01	88.28	628656.8644	9353041.6025
7	44° 20' 56"	200.00	3+749.88	3+668.36	3+823.17	81.51	154.81	150.97	628307.0000	9352992.5000
8	37° 32' 43"	150.00	4+029.81	3+978.83	4+077.12	50.98	98.29	96.54	628130.9364	9352764.3868
9	23° 33' 12"	180.00	4+512.15	4+474.62	4+548.62	37.53	73.99	73.47	627661.0307	9352640.2962
10	13° 56' 57"	150.00	4+815.28	4+796.93	4+833.45	18.35	36.52	36.43	627360.3922	9352686.6255
11	26° 08' 33"	150.00	5+468.25	5+433.42	5+501.86	34.83	68.44	67.85	626709.9196	9352627.5581
12	28° 00' 56"	300.00	5+981.43	5+906.58	6+053.27	74.84	146.69	145.23	626270.5381	9352360.0823
13	41° 04' 42"	150.00	6+768.00	6+711.80	6+819.34	56.20	107.54	105.25	625867.9847	9351680.8407
14	25° 44' 14"	220.00	7+222.53	7+172.26	7+271.09	50.26	98.82	98.00	625431.7564	9351536.8382
15	13° 37' 36"	200.00	7+716.43	7+692.53	7+740.10	23.90	47.57	47.45	625075.2872	9351192.5304
16	28° 47' 31"	200.00	8+287.52	8+236.18	8+336.68	51.34	100.50	99.45	624582.4147	9350903.6054
17	12° 51' 05"	150.00	8+652.89	8+636.00	8+669.65	16.89	33.65	33.57	624394.0550	9350587.9933
18	21° 00' 20"	150.00	9+166.15	9+138.34	9+193.33	27.81	54.99	54.68	624235.5973	9350099.6604
19	21° 32' 05"	200.00	9+525.46	9+487.43	9+562.60	38.03	75.17	74.73	624009.1668	9349819.8724
20	24° 45' 24"	200.00	9+963.82	9+919.93	10+006.34	43.89	86.42	85.75	623626.7905	9349603.6907
21	48° 55' 42"	150.00	10+516.32	10+448.07	10+576.17	68.25	128.09	124.24	623303.1058	9349154.2481
22	29° 11' 09"	300.00	10+814.34	10+736.24	10+889.05	78.10	152.82	151.17	622998.0011	9349125.8883
23	34° 01' 11"	150.00	11+432.79	11+386.90	11+475.96	45.89	89.06	87.76	622485.5036	9348773.7074
24	12° 39' 47"	300.00	12+113.52	12+080.23	12+146.54	33.29	66.30	66.17	621802.0819	9348768.0223
25	17° 49' 54"	200.00	12+947.98	12+916.61	12+978.85	31.38	62.24	61.99	620989.2039	9348578.2677
26	24° 24' 37"	180.00	13+266.17	13+227.24	13+303.92	38.93	76.69	76.11	620671.5758	9348604.3374
27	22° 05' 42"	150.00	13+503.16	13+473.88	13+531.72	29.29	57.84	57.49	620463.4702	9348720.1783
28	17° 00' 08"	250.00	14+186.09	14+148.72	14+222.91	37.37	74.19	73.91	619784.9244	9348803.5801
29	29° 14' 10"	150.00	14+759.73	14+720.61	14+797.15	39.12	76.54	75.71	619260.4106	9349037.2110
30	27° 13' 45"	200.00	15+724.68	15+676.24	15+771.29	48.44	95.05	94.16	618297.7735	9348949.1528
31	24° 30' 30"	180.00	16+404.41	16+365.31	16+442.31	39.10	77.00	76.41	617665.8602	9349204.4959
32	13° 02' 26"	220.00	16+844.47	16+819.32	16+869.40	25.14	50.07	49.96	617225.0229	9349185.2042



3.4.4.2 Plano de perfil

(Rodriguez Vasquez, 2017)

El perfil longitudinal del terreno se elaboró utilizando la escala 1:2000 para el eje horizontal y los datos recogidos en el campo, que incluían las cotas de las distintas estacas a lo largo del eje lineal. La escala es 1:200 para el eje vertical, que indicará las alturas de cada estaca. Cabe señalar que se hace un esfuerzo por utilizar escalas que mantengan una relación de 10 a 1 por escala, que es un parámetro que se recomienda para que el diseño de la subrasante tenga una precisión aceptable.

3.4.4.2.1 Trazado de subrasante

Una vez trazado el perfil longitudinal del terreno, se puede identificar la subrasante como el punto en el que el plano vertical que discurre por el centro de la vía se cruza con el plano que discurre por la plataforma proyectada. Esta plataforma está formada por líneas rectas que son pendientes conectadas por arcos de curvas verticales parabólicas. El perfil irregular del terreno ha sido reemplazado de esta manera un plano uniforme. Como resultado, la subrasante establece cómo se debe alterar el terreno y actúa como guía para determinar las alturas de corte y relleno de cada estaca.. (Ramos Fernandez, 2017)

Para el trazado de la subrasante, deben satisfacerse las siguientes condiciones:

1. Dado que ambos tienden a abaratar y facilitar la realización de los movimientos de tierra, se debe buscar una subrasante que establezca, en la mayor medida posible, una compensación transversal y longitudinal de los volúmenes a mover.. (Ramos Fernandez, 2017)

2. Deben respetarse las pendientes máximas y mínimas.

(Ramos Fernandez, 2017)

Siguiendo los criterios antes mencionados, primero se ubica la subrasante. Luego, se determina las cotas de cada punto para determinar las alturas de corte o relleno comparándolas con las alturas del suelo. El primer paso para lograr esto será estimar aproximadamente la décima parte de la pendiente de cada sección.



3.4.4.3 Plano de secciones transversales

(Ramos Fernandez, 2017)

Las cotas a lo largo del eje de la carretera se determinaron cuando se definió el contorno de la subrasante, pero es importante definir una sección transversal que incluya todos los componentes que formarían la carretera, como el ancho de la carretera, cualquier zanja, pendientes transversales, relleno, etc. La siguiente tabla enumera las diversas porciones que se han propuesto para este segmento, que se denominará Plantilla de construcción y que definirá cada sección de manera diferente según el tipo de material utilizado para construir cada sección de la carretera. .

La sección transversal, para el estudio definitivo, tiene las siguientes características:

Superficie de Rodadura: 6.60 m

Ancho de berma: $0.90 \text{ m} \times 2 = 1.80 \text{ m}$

Bombeo= 2%.

Peralte = máximo 8%.

Talud en corte y relleno: Especificado

Total de ancho de plataforma = 8.4 m



PLATAFORMA DE CONSTRUCCIÓN UTILIZADA

Tramo	km a km	Ancho de plataforma (m)	Taludes de relleno	Taludes de corte
			V : H	V : H
1	0 + 000 a 1+ 000	8.40	1 : 1.50	1 : 1
2	1 + 000 a 2 + 000	8.40	1 : 1.50	1 : 1
3	2 + 000 a 3 + 000	8.40	1 : 1.50	1 : 1
4	3 + 000 a 4 + 000	8.40	1 : 1.50	1 : 1
5	4 + 000 a 5 + 000	8.40	1 : 1.50	1 : 1
6	5 + 000 a 6 + 000	8.40	1 : 1.50	1 : 1
7	6 + 000 a 7 + 000	8.40	1 : 1.50	1 : 1
8	7 + 000 a 8 + 000	8.40	1 : 1.50	1 : 1
9	8 + 000 a 9 + 000	8.40	1 : 1.50	1 : 1
10	9 + 000 a 10 + 000	8.40	1 : 1.50	1 : 1
11	10 + 000 a 11 + 000	8.40	1 : 1.50	1 : 1
12	11 + 000 a 12 + 000	8.40	1 : 1.50	1 : 1
13	12 + 000 a 13 + 000	8.40	1 : 1.50	1 : 1
14	13 + 000 a 14 + 000	8.40	1 : 1.50	1 : 1
15	14 + 000 a 15 + 000	8.40	1 : 1.50	1 : 1
16	15 + 000 a 16 + 000	8.40	1 : 1.50	1 : 1
17	16 + 000 a 17 + 321	8.40	1 : 1.50	1 : 1

3.4.2 Volumen de movimiento de tierras

3.4.5.1 Determinación de las Áreas de las Secciones Transversales

Una vez dibujados los perfiles transversales del terreno, se procedió a colocar la Plataforma de Construcción en el nivel que indicó la cota de la subrasante, determinando de esta forma Áreas de Corte y/o de relleno en la sección transversal. (Ramos Fernandez, 2017)

La determinación de dichas áreas puede hacerse por varios procedimientos. Sin embargo, normalmente se emplea el Método del Planímetro ya que las secciones se dibujan a la misma escala horizontal como vertical permitiendo obtener rápidamente el



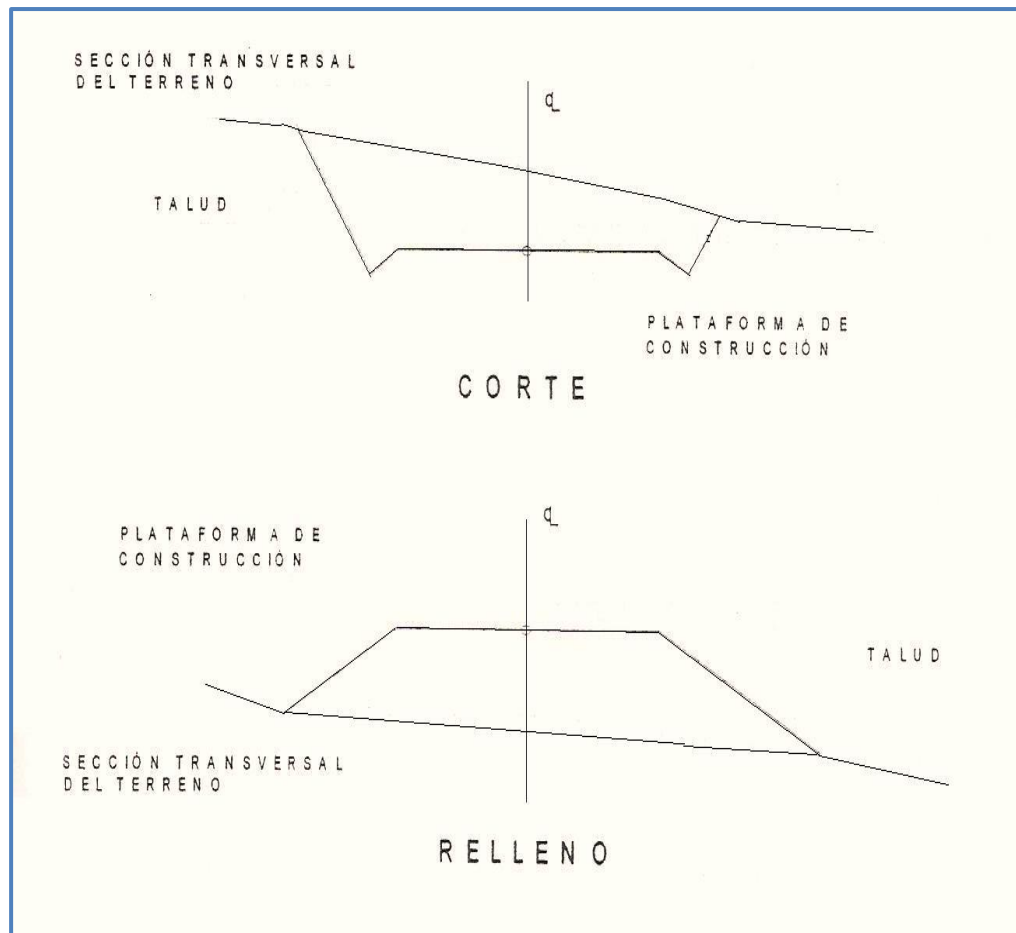
área, ya sea en corte o relleno, limitada por el perfil del terreno natural, la sección o plataforma del camino y los taludes de corte o relleno. (Ramos Fernandez, 2017)

(Ramos Fernandez, 2017)

Contar manualmente los cuadrados de papel milimetrado que están contenidos dentro de la superficie a medir es otro método que puede usarse para determinar las áreas de las secciones. Primero se deben utilizar los centímetros cuadrados completos, que corresponden a metros cuadrados. Luego, los milímetros cuadrados completos, los milímetros cuadrados fraccionarios y los cuartos de centímetros cuadrados se suman para formar milímetros cuadrados completos.

Ademas, se han calculado las áreas de corte y relleno con la ayuda de un Programa AUTOCAD CIVIL 3D.

CASO GENÉRICO DE AREAS DE CORTE Y RELLENO EN SECCIÓN TRANSVERSAL



3.4.5.2 Determinación de los Volúmenes de Movimiento de Tierras

(Horna Vigil, 2015)

Existen varios criterios que se pueden usar para determinar los volúmenes de corte y relleno a lo largo de la línea. Por ejemplo, el método o criterio de las áreas medias proporciona una aproximación que no es del todo precisa, pero tiene la ventaja de ser directa y relativamente fácil de usar. Para obtener una posición precisa, varias publicaciones mencionan el potencial de utilizar fórmulas adicionales, como el prismoide, que implica sustituir la forma irregular del terreno por un volumen de generación determinado y tener en cuenta las correcciones para las secciones curvas.



(Horna Vigil, 2015)

En nuestro proyecto de investigación se ha generalizado la aplicación del Método de las Áreas Medias, el mismo que tiene aplicación cuando las secciones transversales del terreno han sido obtenidas normalmente al eje, lo que se ha cumplido en el presente caso. Los volúmenes de Corte (V_c) y de Relleno (V_r) están dados en forma general, por las siguientes fórmulas:

$$V_c = \frac{Ac_1 + Ac_2}{2} \times D \quad \dots\dots (a)$$

$$V_r = \frac{Ar_1 + Ar_2}{2} \times D \quad \dots\dots (b)$$

Dónde:

Ac_1 y Ac_2 : Áreas de Corte en dos secciones transversales consecutivas.

Ar_1 y Ar_2 : Áreas de Relleno en dos secciones transversales consecutivas.

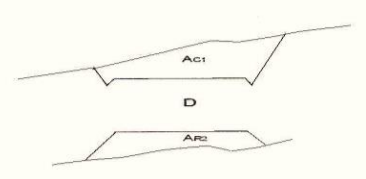
D : Distancia entre las dos secciones transversales consecutivas.

Sin embargo, se presentan los siguientes casos en la práctica, los mismos que se mencionan a continuación.

1. Cuando un perfil está en Corte y otro en Relleno.
2. Cuando los perfiles están a media ladera correspondiéndose las áreas de Corte y las de Relleno.
3. Si uno de los perfiles está en corte completo o en relleno completo y el otro está a media ladera.
4. Si los perfiles están a media ladera, pero no se corresponden las superficies de Corte y Relleno.

CÁLCULO DE VOLÚMENES DE MOVIMIENTO DE TIERRA POR EL MÉTODO DEL

ÁREA MEDIA

<p>1º</p> <p>DIAZ BARAH</p> <p>BACHILLER E</p>		$V_c = \left(\frac{Ac_1^2}{Ac_1 + Ar_2} \right) \times \frac{D}{2}$ $V_r = \left(\frac{Ar_2^2}{Ac_1 + Ar_2} \right) \times \frac{D}{2}$
--	---	---



3.4.5.3 Corrección de los Volúmenes de Movimiento de Tierras Determinadas

(GONZALES PUPPI, 2015)

El material excavado, movido y depositado en un terraplén, por metro cúbico no siempre ocupará un metro cúbico. Debido a esto, se recomienda ajustar el volumen de suelo utilizando los llamados "Factores de Conversión" para determinar las cantidades reales que necesitan ser reubicadas. El factor de conversión no es más que el factor de esponjamiento del suelo, este dependerá del tipo de suelo del lugar del estudio

En un primer caso, los cortes pasarán en su estado "natural" a "suelto", siendo el volumen suelto el que se tendrá que transportar para construir los rellenos; por otra parte el volumen que se necesita para llegar a formar los rellenos compactados es mayor que el de la cubicación, desde que se ha visto que la compactación reduce el volumen, o sea que los volúmenes de relleno deberán ser aumentados en una cantidad equivalente a la

disminución de volumen que sufren para pasar del estado "suelto" al "compactado". (GONZALES PUPPI, 2015)

Entonces, cuando se hace un corte en una ladera resulta un volumen mayor, ya que el material se "suelta". Dicho incremento de volumen depende de la clase de material que se corte. (GONZALES PUPPI, 2015)

(GONZALES PUPPI, 2015)

Este fenómeno es llamado "esponjamiento" o "abundamiento", y depende de los vacíos que quedan entre las partículas del material que después de haber estado aglomerado por largos y laboriosos procesos geológicos, cuando es disgregado artificialmente. Este coeficiente se determina de la forma siguiente:

$$F.A = \frac{PV_{SUELTO}}{PV_{NATURAL}} \quad \text{..... (c)}$$

Dónde:

F.A.: Factor de abundamiento del corte al material suelto.

PV_{SUELTO}: Peso Volumétrico Suelto (Kg/m³)

PV_{NATURAL}: Peso Volumétrico Natural (Kg/m³)

(GONZALES PUPPI, 2015)

Lo mismo sucede a medida que disminuye la hinchazón inicial a medida que se lleva a cabo el proceso natural de acomodación de las partículas entre sí, llenando cualquier vacío en su masa. Adicionalmente, ese volumen, aún espumado, se reduce con las operaciones mecánicas de compactación y estabilización a un volumen menor que el cortado en el terreno natural; Además, debido a que existen ciertas lagunas en su masa como resultado de la existencia de materia orgánica, el suelo natural, cuando se coloca en capas delgadas, se riega y se compacta, produce un volumen significativamente menor que el volumen cortado original. Contracción de la Masa Sólida y Compacta es el nombre que recibe este fenómeno. La siguiente fórmula se puede utilizar para calcular este coeficiente.



$$F.A = \frac{PV_{COMPACTADO}}{PV_{NATURAL}} \dots\dots (d)$$

Dónde:

F.C.: Factor de contracción del corte o banco al relleno.

PV_{COMPACTADO}: Peso Volumétrico Compactado (Kg/m3).

PV_{NATURAL}: Peso Volumétrico Natural (Kg/m3).

Lo de este proyecto se ha considerado diferentes tramos con materiales tipo, asignando para cada cual los siguientes valores de abundamientos y contracciones: (Horna Vigil, 2015)

CLASIFICACION DE LOS SUELOS POR CALITA

Calicata	Progresiva	Tipo de material	Calicata	Progresiva	Tipo de material
1	0 + 010	GC	2	0 + 520	SC
3	1 + 015	GC	4	1 + 510	SC
5	2 + 020	SC	6	2 + 505	SC
7	3 + 010	SC	8	3 + 520	ML
9	4 + 005	ML	10	4 + 510	SM
11	5 + 010	SM	12	5 + 515	SC
13	6 + 015	SC-SM	14	6 + 505	SC
15	7 + 010	SC	16	7 + 510	GM-GC
17	8 + 015	ML	18	8 + 510	GC
19	9 + 005	SM	20	9 + 510	SC-SM
21	10 + 010	GM	22	10 + 505	SC
23	11 + 010	CL	24	11 + 510	GC
25	12 + 020	GC	26	12 + 510	GC
27	13 + 020	SC	28	13 + 500	CL
29	14 + 025	GP-GC	30	14 + 510	SC-SM
31	15 + 030	SM	32	15 + 510	SC
33	16 + 005	CL	34	16 + 520	SC
35	17 + 321	SC			



3.4.5.4 Compensación de volúmenes de tierra

3.4.5.4.1 Compensación Transversal

(Oliva Mera, 2016)

Se ha observado que la sección transversal puede tener una plataforma, una porción en corte y una porción en relleno. La forma más rentable de construir una carretera es cuando el volumen del corte solo se requiere para crear el relleno lateral; en este caso, la tierra se mueve solo en la medida necesaria para crear la plataforma, y se mueve directamente desde el corte hasta el relleno. La compensación de volumen transversal, también conocida como llenado compensado o llenado con material propio, está presente en esta situación.

Los replanteos se tuvieron en cuenta cuando fue necesario mover la línea de subrasante para lograr una compensación transversal en los volúmenes de desmonte y relleno en una sección en particular porque son cruciales para la línea de trazo final. (Oliva Mera, 2016)

3.4.5.4.2 Compensación Longitudinal

(Oliva Mera, 2016)

La "Compensación Longitudinal" de los volúmenes se refiere a la utilización de los materiales sobrantes anteriormente indicados y al análisis de su movimiento a lo largo del eje. Un método para examinarlo es a través de lo que se conoce como "gráficos de cubicación" o "curvas de área", donde mediante técnicas visuales se puede generar una curva en la que las áreas reflejan los volúmenes que se pueden obtener para corte y relleno. Sin embargo, este proceso es largo y cada intento requiere una serie de procesos; como resultado, no se emplea con frecuencia. Luego, utilizando un gráfico único conocido como Curva de masa o Diagrama de Bruckner, se han presentado enfoques que permiten una operación más rápida mientras se mantienen resultados aproximadamente precisos.



3.4.6 Diagramas de masa

La curva masa es un diagrama en el cual el eje de las ordenadas representan volúmenes acumulativos de las terracerías y el eje de las abscisas del kilometraje correspondiente.

La secuencia para elaborar la curva masa es la siguiente:

1. Se proyecta la subrasante sobre el dibujo del perfil del terreno.
2. Se determina en cada estaca los espesores de corte ó terraplén.
3. Se dibujan las secciones transversales del terreno.
4. Sobre la sección del terreno natural, se dibuja la plantilla del corte o relleno con los taludes escogidos según el tipo de material.
5. Se calculan las áreas de las secciones transversales del camino por cualquiera de los métodos expuestos.
6. Se corrigen los volúmenes ya sea abundando los cortes ó haciendo la reducción de los rellenos según el tipo de material.
7. Se suman algebraicamente los volúmenes de cortes y terraplenes.
8. Se dibuja la Curva Masa con los valores antes indicados.

Al calcular los volúmenes acumulados, los volúmenes positivos de los cortes y los volúmenes positivos de los terraplenes estos se combinan algebraicamente, es decir, los volúmenes positivos se suman a los volúmenes positivos y los volúmenes negativos se restan a los volúmenes positivos. (Oliva Mera, 2016)

Las estaciones de alineación, por otro lado, se dibujan de izquierda a derecha ya que el diagrama de masas las usa como su abscisa. Resulta que la curva de masa sube de izquierda a derecha en los cortes, alcanzando un máximo en el límite donde termina el corte. Esto se debe a que los volúmenes cortados tienen signo positivo y elevan el valor de las ordenadas. A partir de ahí desciende de izquierda a derecha porque los volúmenes de relleno bajan el valor de la ordenada, que seguirá cayendo hasta el final del terraplén y el inicio de otro corte. Se recomienda proceder por tramos de 500 metros a un kilómetro y hasta quedar insatisfecho, no continuando con los siguientes tramos, porque no es práctico calcular la curva de masa por tramos de varios kilómetros por ser un



procedimiento de aproximaciones sucesivas y es muy difícil elegir el más conveniente en la primera subrasante.

Con la intención de interpretar de mejor manera las bondades que ofrece la Curva de Masas, se definirán los siguientes parámetros: (Oliva Mera, 2016)

3.4.6.1 Distancia libre de transporte o distancia de acarreo libre

Al cortar un metro cúbico de cualquier tipo de material para un proyecto vial se fija un precio; sin embargo, cuando se utilizan equipos mecánicos, se sabe que este precio también incluye el flete de trasladar el metro cúbico hasta la distancia y vaciarlo allí. El término "Distancia de transporte gratuito". (Ramos Fernandez, 2017)

La longitud de esta distancia varía de una nación a otra y también está influenciada por la cantidad y el calibre del equipo mecánico disponible. Por ejemplo, se ha determinado que en Perú oscila entre 60 y 180 metros, según la situación, mientras que en los Estados Unidos de América alcanza los 330 metros. (Ramos Fernandez, 2017)

3.4.6.2 Distancia de sobre acarreo

El transporte de materiales picados más allá del transporte gratuito se conoce como transporte excesivo. Con la idea de que lo que se paga no es el transporte de un m³ a una distancia de un metro, sino a una distancia de 25 m o 50 m, etc., en números precisos, la distancia para el paso de la revisión se determina en práctica, por tramos de longitud fija. (Ramos Fernandez, 2017)

3.4.6.3 Distancia de transporte económico

Puede ser más rentable descartar el material excavado y construir los terraplenes con material prestado a través de préstamos cuando la distancia de entrega de los materiales es muy grande. (Ramos Fernandez, 2017)



Para realizar los terraplenes, entonces es fundamental determinar una distancia límite para el uso de materiales propios y desde la cual será menos costoso cortar y transportar materiales de préstamo (denominados canteras). El término "Distancia Económica de Transporte" se refiere a esta longitud, que resulta ser la distancia máxima de revisión. (Ramos Fernandez, 2017)

3.4.6.4 Distancia media de transporte

El perfil longitudinal permite la representación visual más rápida y precisa de las distancias de transporte. Para lograr esto, se presume que la distancia media de transporte aplicable a todo el volumen a transportar viene determinada por la separación entre los centros de gravedad de las dos masas cuando un volumen de corte debe crear un volumen de llenado contiguo. (Horna Vigil, 2015)

Ocurre con frecuencia que el volumen de los cortes es insuficiente para formar los rellenos, siendo necesaria la obtención de material en préstamo, cuya distancia de transporte puede ser muy larga y obligar al uso de otra clase de equipos para movimientos a largas distancias porque el estudio de los volúmenes a mover no interviene en esta evaluación de la distancia. Debido a esto, los valores presentados gráficamente del perfil son simplemente aproximaciones. (Horna Vigil, 2015)

La distancia media de transporte, para un tramo determinado de un camino puede también calcularse basándose en los principios siguientes:

El coste total de dichos transportes se determina más rápidamente si, en un trabajo de corte, hay muchas masas o volúmenes $v_1, v_2 \dots v_n$ que deben transportarse cada uno por separado a una distancia $d_1, d_2 \dots d_n$, calculando una distancia de transporte ficticia D que, aplicada al volumen total, $V = v_1 + v_2 + \dots + v_n$, arroja un gasto equivalente al que se lograría multiplicando los gastos de transporte de los volúmenes parciales por las respectivas distancias. (Horna Vigil, 2015)

El costo total de los transportes elementales discutidos anteriormente se representa de la siguiente manera: donde C es el costo de transportar la unidad de volumen a la unidad

de distancia, suponiendo que este transporte se realiza utilizando un método determinado: (Horna Vigil, 2015)

$$cv_1 d_1 + cv_2 d_2 +cv_n d_n$$

De manera similar, la expresión $c V D$ mostrará el precio de mover todo el volumen V sobre la distancia ficticia D . Ahora, para satisfacer el requisito de costos iguales estimados para los dos modos, la distancia D que se busca debe ser tal que así lo haga.: (Horna Vigil, 2015)

$$\text{De } c V D = cv_1 d_1 + cv_2 d_2 +cv_n d_n$$

esta ecuación se deduce:

$$D = \frac{v_1 d_1 + v_2 d_2 + + v_n d_n}{v}$$

(Horna Vigil, 2015)

El término "Momento Elemental de Transporte" se aplica a cada producto de los volúmenes parciales por las distancias de transporte correspondientes, tales como $v_1 d_1$, $v_2 d_2$, etc. La distancia D así obtenida se denomina "Distancia Promedio de Transporte", y la distancia media se obtiene dividiendo la suma de los momentos elementales de transporte por el volumen total a transportar.

En el caso de que los volúmenes parciales sean iguales, esto es, que se tenga:

La relación precedente se convierte en:

$$v_1 = v_2 = = v_n = \frac{v}{n}$$
$$D = \frac{v}{n} \times \frac{d_1 + d_2 + + d_n}{v} = \frac{d_1 + d_2 + + d_n}{n}$$

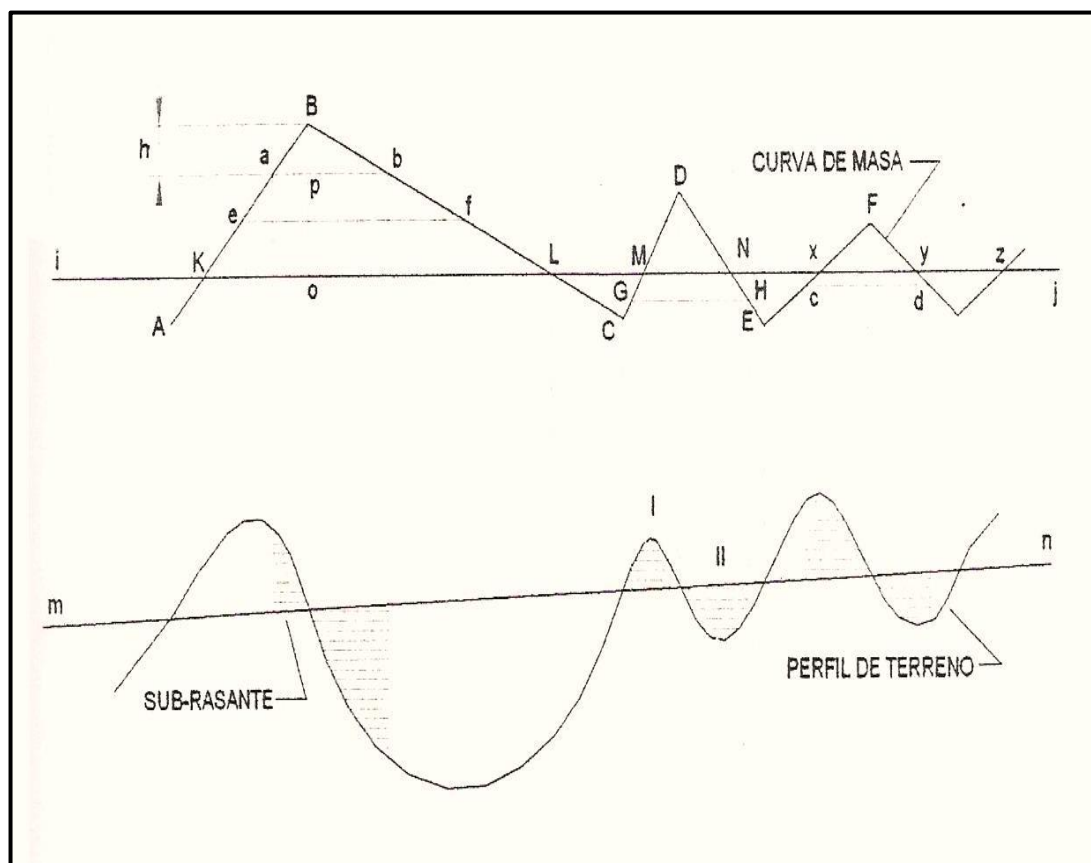
"Esto es, que en este caso la distancia media es igual a la media aritmética de las distancias parciales de transporte". (Horna Vigil, 2015)

De lo que se acaba de decir se desprende que, una vez establecida la distancia media de transporte y calculado con cuidado el coste de mover 1,00 m³ de terreno en esa

distancia, basta con multiplicar su importe por el volumen V que se necesita a trasladar para obtener el coste del transporte en su conjunto. (Horna Vigil, 2015)

"Entre las propiedades que tiene la Curva de Masas y observando la Figura 3.4.7.1. Se menciona": (Horna Vigil, 2015)

ESQUEMA DE UNA CURVA DE MASAS



1. Compensar Volúmenes: Cualquier línea horizontal que corte una cima o un columpio de la curva masa, marca los límites de corte y terraplén que se compensan. Si se traza en la curva masa la línea GH, se corta a la curva masa precisamente en los puntos G y H. En la curva masa esta horizontal indica que el



volumen comprendido entre G y D es suficiente para construir el terraplén de D a H, o bajando referencias al perfil del camino, que el volumen de corte marcado I llena el terraplén II. (Horna Vigil, 2015)

La línea GH resuelve lo referente a los volúmenes I y II, pero no indica lo que debe hacerse con el resto del corte ni hasta donde debe acarreararse. Si se traza la línea horizontal IJ que corta toda la curva, se tendrá que el corte KB es suficiente para el terraplén BL, que con el corte MD se construirá el terraplén DN, que el terraplén LC se construirá con el corte CM, que el terraplén NE se construirá con el corte EX. (Horna Vigil, 2015)

Bajando al perfil del camino las referencias de los puntos K, L, M, N, y X, se obtienen los límites de los movimientos de los cortes y de los terraplenes.

2. El grafico es ascendente mientras hay excesos de corte y mientras que desciende cuando hay excesos de relleno. (Horna Vigil, 2015)
3. Hay una ordenada máxima que corresponde a cada punto que en perfil longitudinal señala el paso de corte a relleno o viceversa. (Horna Vigil, 2015)
4. El exceso del volumen que queda en la sección correspondiente después de realizada la compensación transversal se representa por la diferencia entre las ordenadas de dos puntos sucesivos del diagrama; el excedente se corta si la diferencia es positiva y se llena si es negativa.(Horna Vigil, 2015)
5. En los puntos K, L, M, N, X, Y y Z, en que la curva corta a la línea de base hay compensación de volúmenes, pues en esos puntos la suma algebraica de los cortes (+) y de los rellenos (-) es 0. (Horna Vigil, 2015)
6. Si la curva termina en la línea de los ceros hay compensación absoluta. (Horna Vigil, 2015)
7. Si la curva no termina en la línea cero, la ordenada extrema denota un exceso de corte por encima o un relleno por debajo de la línea, respectivamente.(Horna Vigil, 2015)



8. Los segmentos de desplazamiento son creados por cualquier paralelo de línea de base que cruce la curva dos veces. Estos paralelos también son líneas de equilibrio, como las líneas ab, ef, cd y GH.. (Horna Vigil, 2015)
9. El transporte se realiza de izquierda a derecha si la curva está por encima de la horizontal y de derecha a izquierda si está por debajo de la horizontal.(Horna Vigil, 2015)
10. El área comprendida en un segmento cerrado representa los momentos de transporte de los volúmenes que se compensan. (Horna Vigil, 2015)
11. La distancia media de transporte se calcula dividiendo el área de un segmento cerrado por la ordenada que representa los volúmenes compensados.
Cabe señalar que, para una mejor comprensión de los atributos 10 y 11, los momentos elementales de transporte se definieron previamente como la suma de un volumen parcial y su distancia. El área de cualquier trapezoide servirá como momento elemental en el caso de la curva de masa ya que esta área está determinada por la semisuma de las bases, que son distancias promedio de transporte, y por la altura, que es precisamente la ordenada que denota un volumen (Horna Vigil, 2015)

Si esto se generaliza para cada una de las fajas que forma la curva de masas, se podrá llegar a lo expuesto en la décima propiedad. (Horna Vigil, 2015)
12. La suma de los momentos elementales dividida por el volumen total, según otro enunciado, determina la distancia media. Al aplicar esto a la curva de masa, se revela que la distancia promedio está determinada por el área de un segmento cerrado dividida por la mayor ordenada de cada uno, que es la propiedad No. 11.(Horna Vigil, 2015)
13. Para calcular los volúmenes de acarreo, cree un vector que represente horizontalmente la escala de replanteo (1:2000), el valor del acarreo gratuito, y corra verticalmente hasta que toque dos puntos en la curva. La cantidad de material acarreado viene representada por la ordenada desde la horizontal hasta el punto más alto o más bajo de la curva incluida (h en la figura anterior). Se cree



que las líneas ab y cd en el gráfico de la curva de masa anterior representan el acarreo libre. Los límites de cortes y terraplenes que corresponden al transporte libre se encuentran en los sitios donde estas horizontales ab y cd conectan la curva de masa en el perfil del terreno. Para cada escenario, los volúmenes de las secciones son las diferencias de ordenadas entre a y B y entre c y F. (Horna Vigil, 2015)

14. La distancia entre el centro de gravedad del corte (o préstamo) y el centro de gravedad del terraplén construido con este material se puede utilizar para calcular el valor del sobreacarreo. La distancia de recorrido libre se puede restar para obtener la distancia media de revisión (que se valora en estaciones de 20 metros y décimas de estación), y luego esta distancia se puede multiplicar por los metros cúbicos de excavación, medidos en la misma estación, por el precio unitario correspondiente del material. La horizontal se traza por este punto donde corta la curva de masa en los puntos e y f, que tienen la propiedad de estar sobre las ordenadas que pasan por los centros de gravedad de las masas en movimiento, para calcular la distancia media del sobreacarreo OP se divide en dos partes iguales. La distancia de acarreo excesivo se calcula restando la distancia de acarreo libre de la distancia de los puntos anteriores, que tiene una longitud de hasta décimas de estación. (Horna Vigil, 2015)
15. En general, la línea de compensación que más veces intersecta la curva de masa es la que produce menos transportes. Al comparar varios diagramas de curvas de masa para la misma sección, ganará el más rentable; esta es aquella cuyo costo total de excavación, incluidos los préstamos, más el costo de la revisión, es el más bajo, siempre que corresponda a un perfil respetable. (Horna Vigil, 2015)

CASOS EN EL QUE NO ES APLICABLE EL DIAGRAMA DE MASAS

1er Caso

Cuando la rasante debe llevarse íntegramente en relleno, como por ejemplo en terrenos de cultivo. (Horna Vigil, 2015)

2do. Caso



Debido a que los volúmenes de corte suelen ser mayores que los volúmenes de relleno en terrenos con pendientes pronunciadas y topografía variable, con frecuencia no es necesario emplear el diagrama de masas. La distancia de transporte libre también es suficiente para completar la compensación longitudinal. El Diagrama de Masas, por otro lado, encuentra su mejor uso cuando el terreno es gradualmente inclinado e incluso se usa para corregir la pendiente. En este caso, el ajuste longitudinal se realiza a distancias superiores a las de libre tránsito. (Horna Vigil, 2015)

CAPITULO IV

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS



3.1. GENERALIDADES

El suelo, material bastante abundante y de uso práctico en el desarrollo de un proyecto de construcción, muchas veces no reúne las propiedades o características para su uso. Por esto, se recurre a realizar análisis y pruebas, para lograr con certeza la estabilidad en el tiempo. (Horna Vigil, 2015)

Los Ingenieros Civiles dividen a los materiales de la corteza terrestre en dos categorías: suelos y rocas. Definen al suelo, como un material compuesto por partículas minerales y las rocas como materiales compuestos de partículas, minerales que están unidas por fuerzas de cohesión. (Horna Vigil, 2015)

Si se sobrepasan los límites de capacidad resistente del suelo o si aun sin llegar a ella, las deformaciones son considerables, se pueden producir esfuerzos secundarios en las estructuras, que originan deformaciones como: grietas y alabeo. (Horna Vigil, 2015)

3.2. ANÁLISIS DE MUESTRAS

3.2.1. Toma de muestras:

En nuestro estudio se han realizado excavaciones (calicatas) cada 500m. y a una profundidad de 2.00 m aproximadamente, por debajo de la sub rasante siguiendo la recomendación de la AASHTO. (Horna Vigil, 2015)

Hemos obtenido muestras alteradas para los ensayos de: Contenido de Humedad, Límite Líquido, Límite Plástico, Análisis Granulométrico, Contenido de Sales, peso específico, compactación (Próctor Modificado) y C.B.R. (California Bearing Ratio). (Horna Vigil, 2015)

3.2.2. Métodos de evaluación:

Ensayos en Laboratorio, cuya aplicación se usó las Teorías de Coulomb, Terzaghi, Caquot, Kerisel, etc. (Horna Vigil, 2015)



3.3. DESCRIPCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Todos los ensayos que a continuación se detallan han sido realizados en **Laboratorio Segenma**, Servicios de Exploración Geotécnica, Asfalto y Ensayos de Materiales. (Horna Vigil, 2015)

3.3.1. Contenido de Humedad: (ASTM D 2216)

a) Equipo

- Estufa.
- Balanza electrónica con aprox. al 0.01 gr.
- Cápsulas.
- Espátula.

b) Procedimiento

- Se pesa en la balanza electrónica las cápsulas a utilizar, esta debe ser previamente calibrada y se registra en la hoja de datos.
- Luego se procede a llenar hasta la mitad las cápsulas con las muestras obtenidas, y se obtienen sus pesos.
- La muestra deberá estar en la estufa un tiempo no menor de 18 horas ni mayor de 24 horas, a una temperatura de 105°C.
- Después de este tiempo se saca la muestra del horno y se deja enfriar a la temperatura de la habitación.
- Luego se vuelve a pesar la muestra y se anota en la hoja de datos.
- Por último se calcula la humedad como la diferencia entre los pesos húmedos y secos dividida por el peso seco.

3.3.2. Límites de Consistencia:



Límite Líquido (ASTM D 4318)

El límite líquido de un suelo es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo pasa de una condición plástica a una condición líquida.. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

a) Equipo

- Copa de Casagrande.
- Acanalador.
- Bombilla.
- Espátula.
- Balanza Electrónica.
- Depósito de porcelana (absorbe humedad).
- Tamiz N°40.
- Estufa, mortero, pesa filtros, vidrio pavonado.

b) Corrección del aparato para el Límite Líquido

Antes de usarse la copa de Casagrande para la determinación del Límite Líquido se debe inspeccionar a fin de determinar si se halla en buen estado. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

La altura de caída que debe tener la copa es de un centímetro exactamente, esta altura se mide por medio del calibre del mango del acanalador. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

En la copa del aparato se marca una cruz con lápiz en el centro de la huella que se forma al golpearse con la base. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

Se da vuelta a la manija hasta que la copa se levante hasta su mayor elevación y tomando como punto de referencia a la cruz marcada se verifica la distancia entre ésta y la base con el mango del acanalador. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)



Se aflojan los tornillos de cierre y se gira el tornillo hasta que la distancia sea de un centímetro. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

c) Preparación de la muestra:

Para esta prueba solo se usan las fracciones de suelo que pasan el tamiz No. 40. Se empleó el enfoque húmedo para preparar las muestras. Se siguen los mismos pasos utilizados para el análisis granulométrico húmedo, con la excepción de que se utiliza la malla No. 40 en lugar de la malla No. 200, y se deja secar el material hasta que tenga la consistencia de una pasta suave al permitir que el agua se evapore. del envase antes de pasar a la cápsula. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

d) Procedimiento:

Se toma una porción de la masa preparada y se coloca en el plato de bronce del aparato de Casagrande, nivelándola con la espátula, de tal modo que tenga un centímetro de espesor en el punto de máxima profundidad. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

El suelo en el plato de bronce, es dividido con un corte firme del acanalador, diametralmente al plato de bronce de arriba hacia abajo, de manera que se forme un surco claro y bien definido de dimensiones adecuadas. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

El plato de bronce que contiene la muestra, preparada y cortada como indicamos en la sección anterior, es levantado y soltado, por medio del manubrio a una velocidad de dos golpes por segundo aproximadamente, hasta que las dos mitades de la muestra se unan en su base, en una distancia de $\frac{1}{2}$ " (12.7 mm.), aproximadamente, luego se registra el número de golpes que ha sido necesario dar para cerrar el canal. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

Se toma una porción del suelo, aproximadamente del ancho de la espátula y cortada en toda su sección en ángulo recto al canal, se coloca esta porción en una pesa filtro, se pesa y se coloca en la estufa (105°C - 110°C) para determinar su contenido de humedad. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)



La muestra que queda en el plato de bronce se traslada a la cápsula de porcelana, se le echa más agua y se repite el ensayo. Previamente se debe lavar y secar el plato de bronce y el acanalador. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

Se realizaron 4 ensayos para determinar contenidos de humedad diferentes: dos ensayos se hicieron sobre los 25 golpes y dos entre 15 y 25 golpes. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

Una vez determinado el contenido de humedad, se dibuja la curva de flujo que representa la relación entre el contenido de humedad y el correspondiente número de golpes. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

El contenido de humedad correspondiente a la intersección de la curva de flujo con la ordenada de 25 golpes, se anota como Límite Líquido del suelo. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

Límite Plástico (ASTM D 4318)

La capacidad del suelo para deformarse sin romperse se conoce como plasticidad. La cantidad de humedad en el suelo que hace que comience a agrietarse cuando se forman rollos de aproximadamente 1/8" (3 mm) de diámetro se conoce como límite plástico. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

"Las arenas no tienen plasticidad. Los limos la tienen, pero muy poca en cambio las arcillas y sobre todo aquellas ricas en material coloidal, son muy plásticas" (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

La capacidad del suelo para deformarse sin romperse se conoce como plasticidad. La cantidad de humedad en el suelo que hace que comience a agrietarse cuando se forman rollos de aproximadamente 1/8" (3 mm) de diámetro se conoce como límite plástico. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

Procedimiento:

De la muestra que ha servido para el L.L. se separó una porción y se tomó la mitad de esa porción.



Con la palma de la mano se fue eliminando la humedad, haciendo rodar la muestra sobre un vidrio empavonado, hasta obtener unos rollitos de aproximadamente 1/8" (3.17 mm) de diámetro

El L.P. se alcanza cuando el bastoncillo se desmigaja en varias piezas al ser rodado. En este momento la muestra se coloca en el horno con la finalidad de determinar su contenido de humedad que es el L.P. de la muestra.

Nota:

Si existe alguna duda sobre si el LP obtenido es exacto, se debe hacer una segunda determinación del LP usando el material de la otra sección de la muestra original como verificación. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

3.3.3. Granulometría (ASTM D 422)

a) Equipo:

- Juego de mallas que varían desde 3" hasta la N° 200.
- Balanza de torsión (0.1 gr. de aproximación)
- Horno de temperatura constante (105°C - 110°C)
- Accesorios como: brocha, bandejas, cucharones, rodillos

Nota: La cantidad de la muestra depende del tipo de suelo que se va a cribar

b) Procedimiento:

Análisis de mallas en húmedo: Este método es usado cuando el material contiene suficiente cantidad de finos o cuando las aglomeraciones de partículas son duras y difíciles de romper. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

Para nuestro análisis se ha usado este método y seguimos el siguiente procedimiento:

- La muestra para el análisis se selecciona por cuarteo y la cantidad a muestrearse se pesa.



- Se pasa la muestra por la malla N°4, el material retenido se lava (en la malla N°200), se seca en la estufa.
- Los dos últimos pasos requieren que la muestra esté remojando de 2 a 12 horas a fin de que los grumos queden desintegrados.
- Luego se procede al tamizado de la muestra, la toma de sus pesos retenidos y el cálculo del porcentaje de estos pesos retenidos.
- Para el cálculo de los porcentajes se procede de la forma siguiente:
- Se toma el peso total de la muestra.
- El porcentaje del material retenido, comprendido desde la malla de 3" hasta la malla de 4", se halla multiplicando el peso retenido en cada malla por 100 y dividiendo por el peso total.
- La diferencia del peso natural a partir de la malla N°6 es el agregado fino.

$$K = \frac{\text{Peso total} \times \text{peso de fino}}{\text{Diferencia de material natural}}$$

Los pesos retenidos desde la malla No. 6 hasta la malla No. 200 se multiplican por 100 y se dividen por K para determinar el porcentaje de finos. Este K se utiliza como si fuera el peso de toda la muestra. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

La Curva Granulométrica se dibuja en papel semilogarítmico luego de realizados los cálculos que se adjuntan en hojas separadas; muestra el porcentaje de material que pasa en una escala aritmética y el tamaño de grano, o tamaño de malla, en una escala logarítmica. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

Una vez dibujada la curva granulométrica de un suelo, se puede determinar además los porcentajes de arena, limo y arcilla, su diámetro efectivo (D10), su coeficiente de uniformidad (Cu) y su coeficiente de curvatura (Ce). (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

Diámetro Efectivo (D10):



Se llama al diámetro de la partícula correspondiente al 10% del material más fino en la curva granulométrica. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

Coeficiente de Uniformidad (Cu):

Es la relación de D_{60}/D_{10} o sea la relación entre el diámetro correspondiente al 60% y al 10% más fino, respectivamente, tomados de la curva granulométrica. El coeficiente de uniformidad (Cu) es mayor de 4 en las gravas y mezclas gravo-arenosas y mayor de 6 en los suelos arenosos o mezclas areno-gravosas, con poco o nada de material fino. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

Coeficiente de Curvatura (Ce): es la relación:

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

Donde D_{10} , D_{30} y D_{60} son los diámetros correspondientes al 10%, 30% y 60% de material más fino, respectivamente tomados de la curva granulométrica.

Cuando el suelo está bien graduado, el coeficiente de curvatura C_e , estará comprendido entre 1 y 3. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

3.3.4. Contenido de Sales (MTC E 219).

a) Equipo:

- Balanza con aproximación a 0.01 gr.
- Agua destilada
- Recipientes (vasos descartables)
- Cápsulas de aluminio.
- Papel filtro
- Estufa.

b) Procedimiento:



- Pesar una muestra de suelo de 50 ó 100 grs. esto dependiendo de la granulometría del mismo y colocarla en un recipiente. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)
- Medir el agua destilada en mililitros equivalente al peso de la muestra, es decir 50 ml. ó 100 ml respectivamente. Sólo en caso de que el suelo sea arcilloso tomar agua destilada en un 20% más. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)
- Verter el agua sobre la muestra colocada en el vaso, y removerla a fin de que el suelo se lave. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)
- Tapar el recipiente y dejarlo reposar durante 24 horas. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)
- Pesar la cápsula de aluminio. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)
- Retirar el agua y verterla a la cápsula de aluminio previa colocación del papel filtro con la finalidad de que no pasen impurezas que podrían alterar el ensayo. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)
- Colocar a la estufa el recipiente con el agua y dejarla secar.
- Sacar de la estufa, dejarla enfriar y luego pesar para luego realizar los respectivos cálculos. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

3.3.5. PESO ESPECIFICO RELATIVO DE LOS SÓLIDOS

a) Equipo y material que se utiliza:

- ✓ Matraz aforado a 500 ml.
- ✓ Balanza con aproximación al 0.1 gr.
- ✓ Termómetro
- ✓ Embudo
- ✓ Probeta de 500 ml. de capacidad
- ✓ Pipeta o gotero
- ✓ Bomba de vacíos
- ✓ Horno o estufa
- ✓ Franela o papel absorbente



- ✓ Curva de calibración del matraz
- ✓ Charola de aluminio
- ✓ Espátula
- ✓ Cristal de reloj

b) Procedimiento:

Se seca el suelo en estudio al horno, se deja enfriar y se pesa una cantidad de material entre 50 y 100 grs. (W_s). (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

Se vierte agua al matraz hasta la mitad de la parte curva, se vacían los sólidos empleando para esto un embudo y en la parte inferior del matraz se coloca un fólger, por si se cae algo de material pueda ser recogido posteriormente y vaciado al matraz. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

Se extrae el aire atrapado en el suelo, empleado la bomba de vacíos; el material con el agua se agita sobre su eje longitudinal, se conecta a la bomba de vacíos por 30 seg. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

Se repite el paso anterior unas 5 veces.

Se completa la capacidad del matraz con agua hasta la marca de aforo, de tal manera que la parte inferior del menisco coincida con la marca (500 ml). (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

Se pesa el matraz + agua + sólidos (W_{mws}). (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

Se toma la temperatura de la suspensión, con esta, se entra a la curva de calibración del matraz y se obtiene el peso del matraz + agua hasta la marca de aforo (W_{mw}). (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

Se sustituyen los valores obtenidos en la fórmula siguiente y se obtiene la densidad:

$$S_s = \frac{W_s}{W_s + W_{mw} + W_{mws}}$$



Dónde: S_s = Peso específico de los sólidos.

3.3.6. Ensayos de Compactación (Proctor Modificado): (ASTM D 1557)

Con este ensayo se determinó, **HUMEDAD ÓPTIMA** y la densidad obtenida se conoce con el nombre de **MÁXIMA DENSIDAD SECA**, obtenido mediante el método dinámico de proctor modificado. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

a) Equipo:

- Molde cilíndrico de compactación de 6" de diámetro.
- Apisonador de 10 lb (4.54 Kg)
- Enrasador.
- Tamiz de W (19 mm)
- Cuchillo
- Depósitos plásticos
- Cápsulas metálicas
- Balanza de aprox. a 1 gramo
- Estufa a temperatura $110 \pm 5^\circ\text{C}$.

b) Procedimiento:

- En laboratorio, se efectúa según el método A, por ello el primer paso será tomar una muestra seca al aire de 15 Kg. De peso, tamizada por la malla N°04.
- Se mezcla la muestra representativa con una cantidad de agua, aproximadamente el 2%, de tal forma de humedecer toda la muestra.
- Se compacta la muestra en 5 capas estando el molde con el collar ensamblado, con 56 golpes cada una de ellas; el golpe del apisonador se distribuirá uniformemente sobre la superficie que se compacta. Compactada la quinta capa se retira el collar y se enrasa tapando los huecos que quedasen en la superficie.

El molde, que estará tendido sobre una superficie uniforme, rígida y nivelada, tendrá una altura de caída de 18" con respecto a ese nivel. Se saca el molde con la muestra, se calcula su peso ($W_{\text{MOLDE+SUELO}}$), y luego se toma una muestra del interior del molde para calcular su contenido de humedad. Se puede encontrar un punto en la curva de compactación, o densidad seca vs contenido de humedad, conociendo el peso de la muestra, su volumen, así como la humedad contenido (W):

$$\text{DENSIDAD HUMEDA} = \frac{(W_{\text{MOLDE+SUELO}}) - W_{\text{SUELO}}}{\text{Volumen de molde}}$$

$$\text{DENSIDAD SECA} = \frac{\text{Densidad Húmeda}}{(1 + w)}$$

- Repita el paso 3 mientras primero desmenuza el suelo previamente compactado para aumentar el contenido de humedad del suelo en un 3 o 4%.
- Continúe hasta que el suelo no se humedezca honestamente y presente humedad adicional, o hasta que se detecte una caída en el peso unitario seco o la densidad.
- La densidad seca máxima y su contenido de humedad ideal se determinan trazando la curva de compactación en escala aritmética en los ejes..

3.3.7. Ensayos para determinar CBR (California Bearing Ratio) y la expansión en el laboratorio: (ASTM D 1883)

La prueba CBR compara la resistencia al corte de un piso con la de un material de piedra triturada normal mientras lo somete a condiciones reguladas de humedad y densidad. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

Para calcular el CBR en cada situación se utilizará el siguiente procedimiento debido a que el comportamiento de los suelos varía dependiendo de su "grado de alteración", granulometría y características físicas: (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

- Determinación del CBR de suelos perturbados y pre moldeados.
- Determinación del CBR de suelos inalterados.
- Determinación del CBR in situ.



Según (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019) para aplicación en el presente proyecto se usará el método 1, dado que se contó con muestras alteradas. El método comprende tres pasos que son:

- Determinación del CBR de suelos perturbados y pre moldeados.
- Determinación del CBR de suelos inalterados.
- Determinación del CBR in situ.

a) Determinación de la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad

Se obtiene de la curva de compactación elaborada por medio del ensayo de determinación de la relación densidad humedad, enunciado en el acápite anterior. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

b) Determinación de las propiedades expansivas del material:

Tres moldes compactados de acuerdo con el método AASHTO T180-70 "Modified Proctor" se sumergen en agua durante 96 horas (4 días), con la siguiente variación: el primer molde tenía 56 golpes por capa, el segundo tenía 25 golpes por capa, y el tercero tenía 12 golpes por capa. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

Todos los moldes serán de diámetro interior de 6" y altura de 8", con un disco espaciador colocado en la base. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019).

(Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

Además, en cada uno de ellos se colocará una sobrecarga de dos placas de 5 libras, lo que equivale aproximadamente al peso de un pavimento de concreto hidráulico de 12,5 cm de espesor. Como resultado, en pavimentos flexibles, el peso de dichas placas debe ser aproximadamente igual al peso combinado de la subbase, la base y la capa de asfalto. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

Luego, la expansión causada por la sustancia debe medirse cada 24 horas con un trípode y un extensómetro, arrojando una expansión final basada en la altura de la muestra informada como un porcentaje. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)



Ya sean demasiado arcillosos u orgánicos, los suelos con expansiones del 10% o menos son generalmente pobres; por otro lado, los suelos con expansiones menores al 3% tienen características de subrasante favorables. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019).

c) Determinación de CBR:

Los moldes se sacaron del agua después de 4 días de saturación de la muestra y se introdujo un pistón de sección circular de 19,35 cm² para probar la resistencia a la penetración. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019).

El pistón debe colocarse en la superficie de la muestra con una carga inicial de 10 lbs. antes de poner a cero el extensómetro y comenzar la prueba de penetración. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019).

Enseguida se procede a la aplicación lenta de cargas continuas, las que se anotan para las siguientes penetraciones 0.64 mm; 1.27 mm, 1.91 mm, 2.54 mm, 3.18 mm, 3.81 mm, 4.45 mm, 5.08 mm, 7.62 mm, 10.16 mm, 12.70 mm. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

Se busca la fuerza que provocó la deformación de 2,54 mm y 5,08 mm, representada como porcentaje de la carga que provoca las mismas deformaciones en la piedra triturada típica. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

(Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

Para definir los valores de CBR del suelo se utilizarán los siguientes criterios: el CBR calculado a partir de los valores de apoyo para una penetración de 5,08 mm no debe diferir en más del 1 ó 2 % del correspondiente a una penetración de 2,54 mm; en caso contrario, se debe repetir el ensayo, y si consistentemente se obtiene un valor de CBR mayor para 5,08 mm, este es el que se debe tomar como el CBR del suelo.



d) Equipo:

Compactación:

- Molde cilíndrico de compactación de 6" diámetro.
- Molde metálico, cilíndrico y de acero con diámetro interior 6" y altura de 8".
- Collarín metálico de 2" de alto con base perforada.
- Disco espaciador de acero y 5 15/16" de diámetro con 2.5" de altura.
- Apisonador, martillo de 10 lb con altura de caída libre de 18".

Medir el hinchamiento o expansión del suelo:

- Extensómetro con aprox. de 0.001", montado sobre un trípode.
- Pesas, como sobrecarga de plomo, cada una de ellas de 5 lb de peso.
- Tanque con agua para sumergir las muestras.

Para la prueba de penetración:

- Pistón cilíndrico de acero de 19.35 cm² de sección con longitud suficiente para poder pasar a través de las pesas y penetrar el suelo hasta ½".
- Aparato para aplicar la carga, como una prensa hidráulica que permita aplicar la carga a una velocidad de 0.05pulgada/minuto.

Equipo Mixto:

- Tamiz de $\phi = \frac{3}{4}$ ", bandeja, cucharón.
- Martillo de goma.
- Cuchillo.
- Enrasador.
- Balanza de aprox. a 0.01 gr y 1 gr.
- Estufa a temperatura 110° $\pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Depósitos plásticos, etc.



e) Procedimiento:

- En campo, se obtiene una muestra compuesta alterada en cada calicata.
- En laboratorio, se seca al aire la muestra, luego se extrae para ensayar por cuarteo (6 Kg), debidamente tamizada por la malla de $\frac{3}{4}$ ", para cada molde.

Conociendo el valor del óptimo contenido de humedad y la humedad natural que presenta en ese momento la muestra, se calcula el agua que añadirá con la siguiente expresión:

$$AGUA_{CBR} = \left(\frac{W_{MUESTRA}}{1 + HH} \right) \left(\frac{OH - HH}{100} \right) \dots \dots \dots (I)$$

Donde:

MUESTRA = Peso de la muestra, en este caso 6 Kg.

OH = Óptimo contenido de humedad.

HH = Contenido de humedad de la muestra.

(Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

Se crea una mezcla homogénea mezclando la muestra preparada con la cantidad de agua dada por la fórmula (I). Previamente se coloca el collarín metálico, se compacta el primer molde y luego se nivela la muestra rellenando los huecos que quedan en la superficie después de instalar el disco espaciador y el papel filtro en cinco capas con 56 martillazos cada una. Usando un mazo de goma, compactarlo con la misma sustancia. A continuación, se pesa el molde con la muestra en su interior. Usando información sobre el peso del molde y el espacio que ocupa la muestra dentro del molde, la densidad húmeda de la sustancia se calcula de la siguiente manera:

$$\gamma_{HUMEDA} = \frac{(W_{MOLDE+MUESTRA}) - (W_{MOLDE})}{V_{MUESTRAS}} \dots \dots \dots (II)$$

"Se procede de manera similar con el segundo y tercer molde, pero con el segundo se compacta con 25 golpes / capa y el tercero con 12 golpes / capa" (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)



(Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

El material comprimido se cubre con un papel filtro, seguido de dos placas con un orificio central y un peso de 5 lb cada una para simbolizar la sobrecarga, y una placa perforada que sirve de tallo. En el vástago de la placa perforada, un extensómetro colocado sobre un trípode toma la lectura inicial. Posteriormente, el molde se sumerge en agua para comenzar la prueba de expansión y tomar datos del extensómetro cada 24 horas. Luego se calcula el porcentaje de expansión multiplicando la altura de la muestra por 100 y dividiendo la expansión producida en 24 horas. Los tres moldes se someten a este proceso.

"Después de saturada la muestra, se le retira el extensómetro cuidadosamente; se inclina el molde para que escurra el agua (teniendo cuidado de que no se salgan las pesas)". (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

(Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

Luego, déjalo reposar durante quince minutos. Luego se pesa la muestra con el molde después de quitar las pesas, el disco y el papel filtro, repitiendo el cálculo de la expresión (II). A continuación se realizará la prueba de penetración transfiriendo el molde a la prensa y colocando un pistón de 4,5 kg sobre la superficie de la muestra; el extensómetro primero se pondrá a cero. Luego aplicamos el penetrómetro lentamente (0.05 pulgadas por minuto),

3.4. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

Para la valoración de suelos y la conveniencia de su aplicación, se deben considerar sistemas o métodos para la identificación de suelos con propiedades similares. Estos suelos deben identificarse mediante agrupación o clasificación, teniendo en cuenta su origen, características físicas y comportamiento en campo. (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

Entre las diferentes clasificaciones de suelos existentes, tenemos:



- Clasificación AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials). (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)
- Clasificación Unificada (SUCS). (Quenaya Uceda & Tarrillo Mendoza, 2019)

CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO	CLASIFICACIÓN DE SUELOS ASTM (SUCS)
A - 1 - a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A - 1 - b	GM, GP, SM, SP
A - 2	GM, GP, SM, SC
A - 3	SP
A - 4	CL, ML
A - 5	ML, MH, CH
A - 6	CL, CH
A - 7	OH, MH, CH

3.4.1. Clasificación AASHTO:

(Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos. R. D. N° 10-2014-MCT/14, 2014)

En 1929, la PublicRoads Administration (ahora la Oficina de PublicRoads) desarrolló un sistema de clasificación como resultado de las muchas clasificaciones de suelos propuestas por las autoridades viales estadounidenses. Este método se utilizó como punto de partida en 1931, pero luego se mejoró, se combinó con el sistema propuesto por la Junta de Investigación de Carreteras en 1944 y finalmente fue adoptado por AASHTO en 1945.

Con base en la distribución del tamaño de partículas, el límite líquido y el índice de plasticidad obtenidos en el laboratorio, este enfoque describe un procedimiento para la clasificación de suelos en siete grupos principales que se especifican (A1 - A7). (Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos. R. D. N° 10-2014-MCT/14, 2014)

La agrupación será útil para determinar la calidad relativa del suelo que se utilizará para bases, subbases y caminos de tierra. Para la categorización, se emplean valores



de índice de grupo y pruebas límite. (Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos. R. D. N° 10-2014-MCT/14, 2014)

Debido a los efectos combinados de un aumento en el límite líquido (L.L.), índice de plasticidad (I.P.), y disminución en el porcentaje de material grueso, los índices de grupo (IG) tienen valores aumentados, lo que indica una reducción en la capacidad de soportar cargas. (Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos. R. D. N° 10-2014-MCT/14, 2014)

Índice de Grupo (IG)

Los suelos de comportamiento similar se agrupan y se indican mediante un cierto índice. Basado en el L.L., I.P. y la proporción de material fino de un suelo que pasa el tamiz #200, se clasifica en uno de varios grupos. índices para grupos. (Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos. R. D. N° 10-2014-MCT/14, 2014)

Para establecer el índice de grupo de un suelo se tiene la siguiente ecuación:

$$IG = 0.2 a + 0.005 ac + 0.01 bd \quad (I)$$

Dónde:

a = Porcentaje de material más fino que pasa el tamiz N°200, mayor que el 35% pero menor que el 75%, expresado como un número entero positivo ($1 \leq a \leq 40$). (Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos. R. D. N° 10-2014-MCT/14, 2014)

b = Porcentaje de material más fino que pasa el tamiz N°200, mayor que 15% pero menor que 55%, expresado como un número entero positivo ($1 \leq b \leq 40$). (Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos. R. D. N° 10-2014-MCT/14, 2014)



c = Porción del límite líquido mayor que 40 pero no mayor que 60, expresado como un número entero positivo ($0 \leq c \leq 20$). (Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos. R. D. N° 10-2014-MCT/14, 2014)

d = Porción del índice de plasticidad mayor que 10 pero no excedente a 30, expresado como un número entero positivo ($0 \leq d \leq 20$). (Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos. R. D. N° 10-2014-MCT/14, 2014)

(Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos. R. D. N° 10-2014-MCT/14, 2014)

Un número entero positivo, que va de 0 a 20 o más, representa el índice de grupo. El GI calculado se reporta como cero cuando es negativo. Un índice de grupo de cero indica un suelo muy bueno, mientras que un índice de grupo de 20 o superior indica un suelo no apto para caminos.

ÍNDICE DE GRUPO	SUELO DE SUBRASANTE
IG > 9	Muy pobre
IG está entre 4 a 9	Pobre
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 a 2	Bueno
IG está entre 0 a 1	Muy bueno



Si se desea una clasificación más detallada, puede hacerse una sub división posterior de los grupos del cuadro anterior, para esto se puede utilizar el siguiente cuadro:

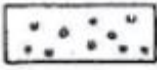

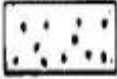








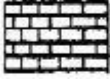

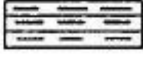

CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS - MÉTODO AASHTO

CLASIFICACIÓN GENERAL	MATERIALES GRANULARES							MATERIALES LIMO-ARCILLOSOS			
	(Igual o menor del 35% pasa el tamiz N°200)							(más del 35% pasa el tamiz N°200)			
GRUPOS	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
SUBGRUPOS	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
											A-7-6
Porcentaje que pasa el tamiz:											
N° 10	50 máx.										
N° 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.								
N° 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características del Material que pasa el tamiz N° 40:											
Límite Líquido (LL)				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de Plasticidad (IP)	6 máx.	6 máx.	N.P.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de Material	Fragmento de Piedra Grava o arena		Arena fina	Gravas, arenas limosas y arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Terreno de Fundación	Excelente a bueno					Regular a deficiente					



En el cuadro se da una descripción de los grupos de clasificación AASHTO

CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO
A - 1 - a
A - 1 - b
A - 2
A - 3
A - 4
A - 5
A - 6
A - 7

	A-1-a		A-5
	A-1-b		A-6
	A-3		A-7-5
	A-2-4		A-7-6
	A-2-5		MATERIA ORGÁNICA
	A-2-6		ROCA SANA
	A-2-7		ROCA DESINTEGRADA
	A-4		

3.4.1.1. Descripción de los grupos de clasificación

Materiales granulares:

"Contiene 35% o menos de material que pasa la malla de 0.075mm" (Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos. R. D. N° 10-2014-MCT/14, 2014)

GRUPO A – 1:

Una mezcla bien graduada de grava o pedazos de piedra, arena gruesa, arena fina y un agente cementante cohesivo no plástico o apenas plástico sirve como material ejemplar del grupo. Los subgrupos dentro de esta categoría incluyen: (Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos. R. D. N° 10-2014-MCT/14, 2014)



Subgrupo A -1 – a:

Este grupo incluye sustancias hechas principalmente de piedra o grava, con o sin una sustancia cohesiva fina y bien graduada (agente cementante). (Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos. R. D. N° 10-2014-MCT/14, 2014)

Subgrupo A -1 – b:

"Incluye aquellos materiales formados de manera predominante por arena gruesa, con o sin cementante bien graduado". (Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos. R. D. N° 10-2014-MCT/14, 2014)

GRUPO A – 3:

La arena fina de playa o la arena fina del desierto arrastrada por el viento sin partículas limosas o arcillosas o solo un porcentaje muy pequeño de limo no plástico son materiales típicos de este grupo. (Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos. R. D. N° 10-2014-MCT/14, 2014)

GRUPO A – 2:

"Este grupo abarca una amplia variedad de materiales granulares que están en la línea divisoria entre el material que pertenece a los grupos A-1, A-3 y los materiales arcillo- limosos de los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7" (Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos. R. D. N° 10-2014-MCT/14, 2014)

Incluye todos los suelos que no pueden clasificarse como A-1 o A-3 debido al exceso de contenido de finos, plasticidad o ambos con respecto a los límites de esos grupos y tienen un 35 % o menos de material que pasa a través de la malla de 0,075 mm. (Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos. R. D. N° 10-2014-MCT/14, 2014)

Subgrupo A – 2 – 4 y A – 2 – 5:



Tienen las características de los grupos A-1 y A-5 y están compuestos por diversos materiales granulares con un contenido igual o inferior al 35% que pueden atravesar una malla de 0,075 mm y una porción inferior a 0,425 mm. (Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos. R. D. N° 10-2014-MCT/14, 2014)

Subgrupo A – 2 – 6 y A – 2 – 7:

Con excepción de la sección fina, que contiene arcilla plástica con características de los grupos A-6 y A-7, contiene componentes comparables a los descritos en los subgrupos A-2-4 y A-2-5. (Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos. R. D. N° 10-2014-MCT/14, 2014)

Materiales arcillo – limosos:

Contiene más del 35% de material que pasa la malla de 0.075mm.

Grupo A – 4:

Un suelo limoso, plástico o moderadamente plástico con al menos el 75% de su composición pasando a través de una malla de 0,075 mm es el material típico de este grupo. (Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos. R. D. N° 10-2014-MCT/14, 2014)

Grupo A – 5:

Con la excepción de que normalmente está hecho de material con propiedades de diatomeas o micas, el material típico de este grupo es idéntico al descrito para el grupo anterior. Es muy elástico, como se ve por su alto límite líquido. (Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos. R. D. N° 10-2014-MCT/14, 2014)

Grupo A – 6:

(Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos. R. D. N° 10-2014-MCT/14, 2014)

El suelo de arcilla plástica es el material principal de este grupo, con un 75 % o más del material normalmente fluyendo a través de la malla de 0,075 mm. También se incluyen en este grupo las mezclas de suelos arcillosos finos y hasta un 64% de arena y grava retenidos en la malla de 0,075 mm. El volumen de los componentes de esta categoría suele diferir notablemente entre las etapas húmeda y seca.

Grupo A – 7:

Con la excepción de tener los bordes líquidos distintivos del grupo A-5 y tener la capacidad de ser elástico además de estar sujeto a variaciones significativas de volumen, el material típico de este grupo es idéntico al descrito para el grupo A-6. . (Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos. R. D. N° 10-2014-MCT/14, 2014)

Subgrupo A – 7 – 5:

Contiene sustancias que pueden ser extremadamente elásticas, propensas a variaciones significativas de volumen y tienen índices de plasticidad intermedios en relación con el límite líquido. (Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos. R. D. N° 10-2014-MCT/14, 2014)

Subgrupo A – 7 – 6:

Incluye los materiales que tienen índices de plasticidad altos en relación al límite líquido y están sujetos a cambios extremadamente elevados en el volumen.

3.4.2. Clasificación unificada de suelos (SUCS):

El Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE. UU. Ha aceptado esta clasificación de suelos, que a menudo utilizan los ingenieros de carreteras. El Dr. Arturo Casagrande propuso esta clasificación, que divide los suelos en dos categorías: granulares y finos.



Los suelos de arena, grava y arena con grava con pequeñas cantidades de partículas finas (limo o arcilla) se incluyen en el primer grupo. Estos suelos se caracterizan de la siguiente manera y generalmente corresponden a las clasificaciones AASHTO de A1, A2 y A3.

Gravas o Suelos gravosos: GW, GC, GP, GM

Arenas o Suelos arenosos: SW, SC, SP, SM

Dónde:

G = Grava o suelo gravoso

S = Arena o suelo arenoso

W = Bien graduado

C = Arcilla Inorgánica

P = Mal graduado

M = Limo Inorgánico o arena muy fina

En el segundo grupo se hallan los materiales finos, limosos o arcillosos, de baja o alta plasticidad y son designados en la siguiente forma:

Suelo de mediana o baja plasticidad: ML, CL, OL

Suelos de alta plasticidad: MH, CH, OH

Dónde:

M = Limo Inorgánico.

C = Arcilla.

O = Limos, arcillas y mezclas limo-arcillosas con alto contenido de materia orgánica.

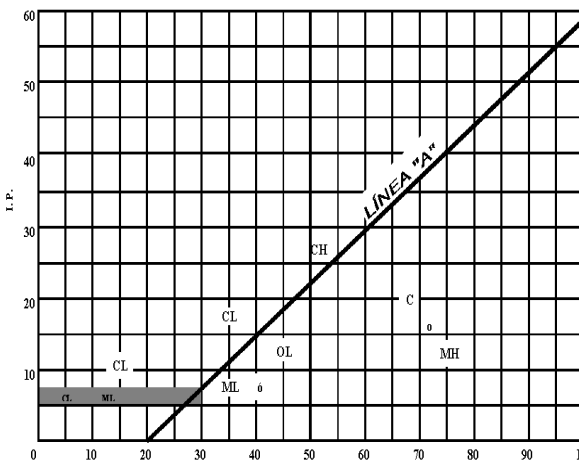
L = Baja o mediana plasticidad.

H = Alta plasticidad.



SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.)

INCLUYENDO IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN

DIVISIÓN MAYOR				SÍMBOLO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO			
SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS	Las partículas de 0.074 mm de diámetro (la malla No.200) son, aproximadamente, las más pequeñas visibles a simple vista.	GRAVAS	MÁS de la mitad de la fracción	PARA CLASIFICACIÓN VISUAL PUEDE USARSE 1/2 cm. COMO EQUIVALENTE A LA ABERTURA DE LA MALLA No. 4	GRAVAS LIMPIA	Poco o nada de	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	
								Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	
					GRAVA CON FINOS	Cantidad apreciable de partículas finas	GM	Gravas limosas, mezclas de	
								Gravas arcillosas, mezclas de	
					ARENA LIMPIA	Poco o nada de	SW	Arenas bien graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.	
								SP	Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.
		ARENA CON FINOS	Cantidad apreciable	SM	Arenas limosas, mezclas de				
					SC	Arenas arcillosas, mezclas de			
		SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS	Las partículas de 0.074 mm de diámetro (la malla No.200) son, aproximadamente, las más pequeñas visibles a simple vista.	LIMOS Y ARCILLAS	LÍMITE Líquido	LÍMITE Líquido	MI	Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.	G – Grava, S – Arena, O – Suelo Orgánico, P – Turba, M – Limo, C – Arcilla, W – Bien Graduada, P – Mal Graduada, L – Baja Compresibilidad. H – Alta Compresibilidad
							ML	Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres	
OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.								
LÍMITE Líquido	ME						Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomeáceos, más elásticos.		
	CL						Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas ricas		
	CH						Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.		
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS						D	Turbas y otros suelos	<div><div>CARTA DE PLASTICIDAD (S.U.C.S.)</div></div>	

** CLASIFICACIÓN DE FRONTERA- LOS SUELOS QUE POSEAN LAS CARACTERÍSTICAS DE DOS GRUPOS SE DESIGNAN CON LA COMBINACIÓN DE LOS DOS SÍMBOLOS, POR EJEMPLO GW-GC, MEZCLA DE ARENA Y GRAVA BIEN GRADUADAS CON CEMENTANTE ARCILLOSO.

⊕ TODOS LOS TAMAÑOS DE LAS MALLAS EN ESTA CARTA SON LOS U.S. STANDARD.
DIAZ BARAHONA JOEL

CAMPOS VELEZMORO MARCELO

* LA DIVISIÓN DE LOS GRUPOS GM Y SM EN SUBDIVISIONES d Y u SON PARA CAMINOS Y AEROPUERTOS ÚNICAMENTE, LA SUB-DIVISIÓN ESTA BASADA EN
BACHILLER EN INGENIERIA CIVIL



UTILIDAD DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

ENSAYO	DATOS OBTENIDOS	UTILIDAD PRACTICA	EN EL PROYECTO
1. CONTENIDO DE HUMEDAD	% de humedad.	Cantidad de agua en el suelo	Tipo de suelo
2. LÍMITE LIQUIDO	L. L.	Obtención del IP, clasificación SUCS	Tipo de suelo
3. LÍMITE PLÁSTICO	L. P.	Obtención del IP, clasificación SUCS	Tipo de suelo
4. GRANULOMETRÍA	Curva granulométrica.	Clasificación del suelo de acuerdo a las tamaños	Tipo de suelos
5. CONTENIDO DE SALES	% de sales.	Prevención de ataques químicos por acción de sales	Alcantarillas
6. PESO ESPECIFICO RELATIVO	Peso específico relativo de los sólidos	Relaciones gravimétricas y volumétricas de un suelo	Tipo de suelo
7. PROCTOR MODIFICADO	Máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad.	Grado de compactación para capas de relleno	Sub rasante, subbase y base.
8. CALIFORNIA BEARING RATIO	CBR.	Evaluar la capacidad de soporte de los suelos.	Sub rasante, subbase y base.



CAPITULO V

ESTUDIO DE CANTERAS



6.1. GENERALIDADES

Existen dos formas para detectar canteras, ya sea a través de métodos exploratorios comunes, desde la simple observación sobre el terreno, hasta el empleo de pozos a cielo abierto, posteadoras, barrenos y máquinas perforadoras; o a través de estudios geofísicos, que en épocas recientes han alcanzado una gran potencialidad por ahorrar tiempo, esfuerzo humano y mucha exploración. (Horna Vigil, 2015)

Asimismo se han extraído muestras de material granular (hormigón) y material fino (arcilla) del Río Cascajal, los mismos que serán utilizados para obtener un material después de varias dosificaciones que cumpla con los requisitos mínimos, el cual será utilizado para la construcción de las capas (bases) del pavimento. (Horna Vigil, 2015)

La cantera se encuentra ubicada en el RIO CASCAJAL.

6.2. LOCALIZACION DE CANTERAS EN LA ZONA

Se define como canteras, al afloramiento rocoso del que se extrae piedras, gravas, arenas, etc.; para ser utilizados como material de construcción. Estos yacimientos deberán cumplir ciertas exigencias, como la calidad y cantidad. La calidad se evalúa por medio de las características físicas y mecánicas de sus partículas, valiéndose en este caso del análisis granulométrico, y de los límites de plasticidad; para clasificarlo como excelente, bueno o malo material de construcción. (Horna Vigil, 2015)

La cantidad se sustenta en la potencia del yacimiento, que permita y asegure el volumen necesario para ser utilizado en tal o cual obra. (Horna Vigil, 2015)

Teniendo en cuenta la calidad y cantidad necesaria para la obra que se proyecte, es necesario elegir cuidadosamente las canteras que se encuentren en el medio, para que al final podamos evaluar y decidir la cantera que combinado en criterio técnico y económico, resulte el mejor. (Horna Vigil, 2015)



Es necesario localizar las canteras de tal manera que:

- Tengan una distancia mínima de transporte del material a la obra, que permita aminorar los costos.
- Los materiales de cantera no requieren tratamiento especial para ser utilizados, salvo tamizados.
- Las canteras deben ser utilizadas de manera que su explotación no conlleve a problemas legales que perjudique a los habitantes de la región.

Utilizamos la información proporcionada por los lugareños para determinar dónde se encuentran las canteras. Estos proporcionan una historia de explotación basada en el conocimiento local para satisfacer las necesidades materiales de los proyectos que se han llevado a cabo en la zona, cuyos resultados indican su alta calidad. (Horna Vigil, 2015)

6.3. METODOLOGIA

Para el estudio de canteras se ha tenido en cuenta las siguientes actividades:

- "Reconocimiento de campo dentro del área de influencia del proyecto, para identificar aquellos lugares considerados como probable fuente de materiales" (Horna Vigil, 2015)
- "Elaboración de un programa de exploración de campo" (Horna Vigil, 2015)
- "Excavación de calicatas para determinar las características del material y potencia. Se realizaron exploraciones proporcionalmente en toda el área de la cantera evaluada" (Horna Vigil, 2015)
- Cada calicata excavada tiene registrada la siguiente información: el tipo de material descubierto, su categorización técnica; la forma y el color del material granular; la proporción estimada de bolonería y la presencia de materia orgánica; el nivel freático; y la extracción de muestras modificadas representativas para la investigación de laboratorio.(Horna Vigil, 2015)



- "Ensayos de laboratorio con el objeto de conocer las características y usos del material de canteras para la sección proyectada del pavimento" (Horna Vigil, 2015)

6.4. TRABAJOS DE CAMPO

Estas tareas consistieron en la excavación manual de tajos en la modalidad de tajo abierto a una profundidad promedio de 1.80 m, donde se anotó la estratigrafía y profundidad. Luego se tomó una muestra representativa para realizar las pruebas necesarias. (Horna Vigil, 2015)

- Se realizó una evaluación de campo de los materiales para conocer la granulometría integral de los agregados existentes, el tamaño máximo de agregados mayores a 2 pulgadas (bloques y cantos rodados), el porcentaje de grava menor a 2 pulgadas y el porcentaje de arena, en para conocer los rendimientos de cantera para cada uno de sus usos. (Horna Vigil, 2015)
- En el laboratorio, se utilizó el examen granulométrico de las muestras modificadas típicas del pozo de prueba para categorizar el material de menos de 2 pulgadas de diámetro.(Horna Vigil, 2015)

6.5. ENSAYOS DE LABORATORIO

En el laboratorio se realizaron las pruebas de clasificación y calidad de varias dosificaciones hasta obtener un material que cumplía con los requisitos mínimos (60 por ciento de hormigón + 40 por ciento de arcilla), teniendo en cuenta las normas técnicas que se presentan en la siguiente relación, de acuerdo con las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras (EG-2013) del MTC. (Horna Vigil, 2015)

- | | |
|--|----------------|
| - Determinación del Contenido de Humedad | A.S.T.M D-2216 |
| - Análisis Granulométrico Por tamizado | A.S.T.M.D-4318 |
| - Límite Líquido e Índice de Plasticidad | A.S.T.M.D-4318 |



- Clasificación de Suelos Sistema AASHTO A.S.T.M.D-3282
- Clasificación de Suelos Sistema SUCS A.S.T.M.D-2487
- Sales Solubles Totales A.S.T.M D-1888
- Proctor Modificado (compactación) A.S.T.M.D-1557
- Razón de Soporte California C.B.R. A.S.T.M.D-1883
- Abrasión Maquina de los Ángeles A.S.T.M.C-131

6.6. CARACTERISTICAS DE LA CANTERA

Se trata de un depósito de origen fluvial - coluvial.

- Potencia : Mayor de 20,000 m³
- Piedra > 2" : 10%
- Uso y Tratamiento : Base y Sub base
- Rendimiento : 85%,
- Periodo de Útiles. : Todo el año.
- Explotación : Equipo Convencional.
- Propiedad : Terceros.

6.7. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

Suelos identificados en el sistema AASHTO, como A - 2- 6 (1), grava arcillosa. Ubicada a 12.15 km del inicio de la obra.

- Clasificación AASHTO = A-2-6 (1)



- Clasificación SUCS	= GC
- CBR al 100 % M. D.	= 49.10%
- CBR al 95 % M.D.	= 45.60 %
- Máxima Densidad	= 2.204 gr/cm ³
- Humedad Óptima	= 5.67 %
- Límite Líquido	= 32.62 %
- Límite Plástico	= 15.86 %
- Índice Plástico	= 16.75 %
- Humedad Natural	= 8.44 %
- Porcentaje de Sales solubles	= 0.104%
- Abrasión	= 26.20 %



CAPITULO VI

ESTUDIO DEL PAVIMENTO



6.8. GENERALIDADES

Al transmitir las cargas a la subrasante, el pavimento lo hace de forma que distribuye las cargas en un área cónica que va aumentando a medida que se profundiza en el pavimento, hasta el límite marcado por el bulbo de presión, para permitir que la subrasante reciben fuerzas y deformaciones que pueden asimilarlas perfectamente. La función del pavimento es resistir los efectos de abrasión del tráfico y las condiciones climáticas del área que cruza la carretera. (Horna Vigil, 2015)

6.9. CLASIFICACION DE PAVIMENTOS

- Pavimentos Flexibles

Transmiten las cargas a la subrasante solamente en las zonas próximas al punto de aplicación, son los pavimentos de origen asfáltico. (Horna Vigil, 2015)

Este tipo de pavimentos están formados por una capa bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase. No obstante puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de la necesidad particular de cada obra. (Horna Vigil, 2015)

- Pavimentos Rígidos

Transmiten las cargas a la subrasante en un área bastante grande alrededor del punto de aplicación, de una manera uniforme, están constituidos por losas de concreto generalmente. (Horna Vigil, 2015)



Son aquellos fundamentalmente están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa de material seleccionado, la cual se denomina sub base de pavimento rígido. (Horna Vigil, 2015)

- Pavimentos Mixtos

Constituidos por una combinación de los dos tipos de pavimentos anteriores, formado por dos capas: La superior flexible y la inferior rígida. (Horna Vigil, 2015)

- Pavimentos articulados

Los pavimentos articulados están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concreto prefabricados, llamados adoquines, de espesor uniforme e iguales entre sí. Esta puede ir sobre una capa delgada de arena, la cual a su vez se apoya sobre una capa de base granular o directamente sobre la subrasante, dependiendo de la calidad de esta y de la magnitud y frecuencia de las cargas que circulan por dicho pavimento. (Horna Vigil, 2015)

6.10. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE PAVIMENTOS

Para la elección del tipo de pavimento más adecuado, deberá estudiarse los siguientes aspectos:

- "Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito" (Horna Vigil, 2015)
- "Ser resistente ante los agente de intemperismo" (Horna Vigil, 2015)
- Proporcionar una rugosidad superficial adecuada a las velocidades de circulación de los vehículos anteriores, ya que esto tiene un impacto significativo en la seguridad vial. Además. Debe ser duradero contra el



desgaste abrasivo provocado por el desgaste de los neumáticos. (Horna Vigil, 2015)

- En función de las longitudes de onda de las deformaciones y del ritmo de circulación, debe presentar una regularidad superficial tanto en el eje transversal como en el longitudinal que proporcione a los usuarios un nivel de confort suficiente. (Horna Vigil, 2015)
- Debe ser durable.
- "El tráfico que soportará especificando las clases del mismo, así como la intensidad y frecuencia del tránsito pesado" (Horna Vigil, 2015)
- "Las características del suelo de la subrasante especialmente la resistencia y deformación ante las cargas" (Horna Vigil, 2015)
- "Las condiciones climatológicas de la zona, especialmente el balance evaporación - precipitación y las heladas, lo cual servirá para estudiar la posibilidad del drenaje de aguas" (Horna Vigil, 2015)
- El potencial para la construcción, la investigación de posibles problemas con la construcción y el potencial para utilizar los recursos locales.(Horna Vigil, 2015)
- "Período de Diseño, o tiempo que se considera que debe prestar servicios a los usuarios en buenas condiciones" (Horna Vigil, 2015)

Se elegirá un tipo de pavimento con base en el análisis, teniendo en cuenta todos los factores mencionados, y se puede categorizar en uno de los siguientes tres grupos en función de la inversión requerida: (Horna Vigil, 2015)

- **Pavimentos Económicos**

Son suelos naturales que se han estabilizado añadiendo cal, cemento, asfalto, cloruro cálcico, etc. para un tráfico inferior a 400 vehículos diarios. Los tratamientos de superficie también forman parte de esta categoría.

- **Pavimentos de Costo Intermedio**



Se componen de mezclas bituminosas producidas en obra y en fábrica, así como Macadams Bituminosos, que son utilizados por 400 a 1000 coches por día de circulación. (Horna Vigil, 2015)

- Pavimentos Costosos

"Se usan para tráfico de más de 1000 vehículos diarios, comprenden los concretos asfálticos y los concreto de Cemento Portland". (Horna Vigil, 2015)

Después de tener todo en cuenta, podemos observar que la mayoría de los análisis nos llevan a sugerir un pavimento flexible y costoso. (Horna Vigil, 2015)

6.11. PAVIMENTO FLEXIBLE

El pavimento asfáltico, también conocido como pavimento flexible, es una estructura compuesta por varias capas (subbase, base y capa asfáltica) que está diseñada para distribuir las cargas de tránsito de manera eficaz, evitar la infiltración de agua de lluvia, resistir el impacto destructivo de los vehículos en movimiento sin romper el pavimento y ofrecen una superficie de rodadura suave. (Horna Vigil, 2015)

"Se entiende al pavimento como una estructura lisada en una superficie de rodamiento adecuado" (Horna Vigil, 2015)

Conocer la cantidad de tráfico (peso y frecuencia de los vehículos), el tipo de suelo, la resistencia del suelo, las condiciones climáticas de la zona y el calibre de los materiales disponibles para la construcción del pavimento son necesarios para el diseño estructural de un pavimento flexible. (Horna Vigil, 2015)

Se necesitan bases flexibles de gran calibre para subrasantes débiles a fin de mantener las deflexiones de la carga dentro de rangos seguros y evitar fallas en el pavimento. (Horna Vigil, 2015)

6.11.1. Tipos de Pavimentos Flexibles



6.11.1.1. Asfaltó en frío

Se eligen para pavimentación de carreteras y pavimentación en áreas metropolitanas con bajo volumen de tráfico, aunque son pavimentos de menor calidad que los pavimentos de mezcla en caliente. (Horna Vigil, 2015)

La carpeta asfáltica en frío es una mezcla de agregados y asfalto rebajado, se mezcla a la temperatura ambiente (Horna Vigil, 2015)

La mezcla en frío se produce en plantas fábricas puede y colocarse directamente en las carreteras. (Horna Vigil, 2015)

6.11.1.2. Asfaltó en caliente

Los pavimentos asfálticos en caliente se utilizan para pavimentos de mayor calidad, como vías principales con mucho tráfico, aunque son más caros.. (Horna Vigil, 2015)

(Horna Vigil, 2015)

El hormigón asfáltico se refiere a la capa asfáltica calentada. Son mezclas que se forman por peso en plantas centrales o estacionarias, donde el material cementante y los áridos se eligen en cantidad y calidad, se calientan a una temperatura aproximada de 150°C, se mezclan bien y luego se coloca (Horna Vigil, 2015)

6.11.2. Funciones y características de las diferentes capas del pavimento flexible

6.4.2.1 Carpeta de rodadura

(Horna Vigil, 2015)

La alfombra debe dar al pavimento flexible una superficie de apoyo estable que pueda soportar la expansión de la carga directa, la fricción de los neumáticos, los esfuerzos de drenaje, las fuerzas causadas por las fuerzas centrífugas y las colisiones. También debe tener la textura adecuada para que rodar sea seguro y cómodo.

- Carpeta asfáltica sellante



La alfombra debe dar al pavimento flexible una superficie de apoyo estable que pueda soportar la expansión de la carga directa, la fricción de los neumáticos, los esfuerzos de drenaje, las fuerzas causadas por las fuerzas centrífugas y las colisiones. También debe tener la textura adecuada para que rodar sea seguro y cómodo. (Horna Vigil, 2015).

6.4.2.2 Base

El objetivo estructural principal de la base es proporcionar un elemento resistente a los efectos de las cargas del tráfico y capaz de transmitir los esfuerzos resultantes con las intensidades suficientes. (Horna Vigil, 2015)

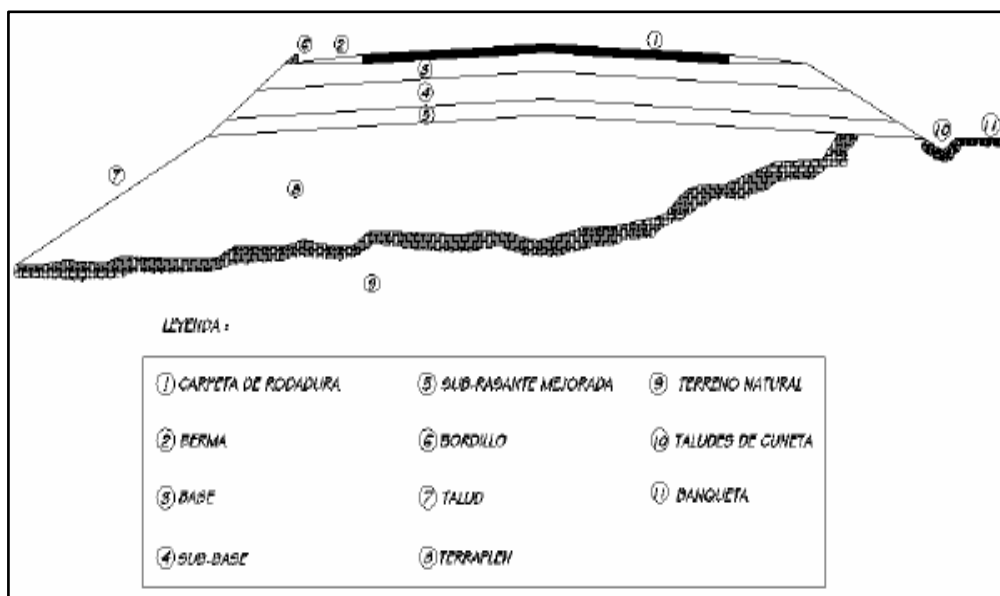
La base también cumple un propósito esencial de drenaje. Debe ser capaz de eliminar de manera rápida y efectiva cualquier agua que se filtre a través de la malla y, al mismo tiempo, limitar el ascenso capilar del agua desde los niveles más bajos. (Horna Vigil, 2015)

6.4.2.3 Subbase

La subbase del pavimento flexible sirve principalmente para fines económicos. Se trata de construir el pavimento con el espesor necesario utilizando el material menos costoso. Mayor espesor se requiere para soportar y transmitir esfuerzos cuanto peor es la calidad del material utilizado. (Horna Vigil, 2015)

Como transición entre el material base, que a menudo es granular grueso, y el material de la subrasante, que tiende a ser considerablemente más fino, la subbase también cumple otro propósito. La subbase funciona como filtro de la base y evita que se incruste en la subrasante. (Horna Vigil, 2015)

Capas del pavimento



6.11.3. Métodos de cálculo de los espesores

Existen numerosos métodos muy distintos para estimar el espesor del pavimento. Sin embargo, el problema es complicado porque requiere que una persona que lo use tenga tanto la experiencia necesaria como el sentido común. (Balarezo Flores, 2019)

La base de los enfoques actuales es en gran parte teórica. Algunos métodos son totalmente empíricos, mientras que otros son parcialmente teóricos y parcialmente empíricos. (Balarezo Flores, 2019)

Especificaciones:



- **Calidad de los materiales a usarse en la base, sub-base y carpeta asfáltica**

Se usará un material granular que cumpla con las especificaciones:

	Especificaciones			
	Base	Sub Base	Base	Sub Base
CBR mínimo	80	20	100	20
L.L. (máx.)	25	25	25	25
I.P. (máx.)	6	6	3	6
Equiv. De arena	30	25	50	25

T.L. T.M - T.P.

Dónde:

T.L. : Tránsito Liviano

T.M. : Tránsito Mediano

T.P. : Tránsito Pesado

- **Recomendaciones de espesores:**

IT<10	:	e=1"	Tránsito Liviano
10≤IT≤100	:	e=1.5"	Tránsito Mediano
IT≥100	:	e=2"	Tránsito Pesado

- **Coeficientes de equivalencia de espesores del método ASTM-D1557**

1" concreto asfáltico = 2" base granular no tratada (BGNT)

1" Concreto asfáltico = 2.7" sub base granular no tratada (SBGNT)

1" BGNT = 1.35" SBGNT



Para periodos mayores a 20 años incrementar el IT en 5% por cada año adicional.

- **Evaluación de la subrasante**

Se debe conocer el valor relativo de soporte california (CBR).

Periodo de diseño: = 20 años.

Índice de crecimiento anual promedio: $i = 3.6\%$

Índice de Tráfico (IT)

"Es el tránsito diario probable durante el periodo de diseño, referido a una carga por eje sencillo de 25,000 kg (55,000 lb.), que se espera para la calzada de diseño" (Balarezo Flores, 2019)

Se calcula según la siguiente expresión:

$$IT = NCEP$$

Dónde:

- N: Número total de vehículos pesados (pesos mayores de 20,000 lbs).
- C: Coeficiente de crecimiento medio en el periodo de análisis (proyecto para un periodo de 20 años).
- E: Coeficiente de equivalencia de carga a ejes simples de 18,000 lbs.
- P: 1% del porcentaje de vehículos que circulan por la vía más cargada.

Procedimiento de diseño del índice de tránsito:



- **Cálculo de "N"**

Según (Balarezo Flores, 2019) , Concluimos de los cálculos que el proyecto es una carretera de tercera clase según lo define la DG-2013 (IMD 400 veh/día), la cual se distribuye de la siguiente manera de acuerdo al cómputo realizado:

TIPO DE VEHÍCULOS	CLASE	Nº DE VEHÍCULOS	DISTRIBUCIÓN (%)
AUTOS	AP	16	21.05
CAMIONETAS	AC	28	36.85
CAMIÓN 2E	C2	21	27.63
CAMIÓN 3E	C3	11	14.47
TOTAL (IMD PROYECTADO)		76	100.00

Tráfico diario proyectado (promedio), según peso de vehículos:

Total de vehículos: 76

Por lo tanto:

N= 32

- **Cálculo de "C"**

$$C = \frac{1 + \left(\frac{i_2}{i_1}\right)}{2}$$

Dónde:

i = 3.6% (índice de crecimiento anual promedio)

i₁ = 100%

i₂ = 100(1+ i)ⁿ = 100 (1+ 0.036)²⁰ = 202.86 %

Por lo tanto:



$$C = \frac{1 + \left(\frac{202.86}{100}\right)}{2} = 1.51$$

$$C = 1.51$$

- Cálculo de "E"

Ver tabla "número de vehículos según carga y conversión a ejes simples de 18,000 lbs".

Tipo de vehi.	Vol. promedio diario proyectado	Factor camión (FC)	EAL
AP	16	0.0005810	0.009295
AC	28	0.0250864	0.702418
C2	21	3.6958545	77.612945
C3	11	2.5603295	28.163625
TOTAL EAL			106.488283

Por lo tanto:

E= Equivalencia / N° total de vehículos.

$$E = 106.488283 / 76 = 1.401$$

$$E = 1.40$$

- Cálculo de "P"

Calculará en función de la siguiente tabla.

Nº DE VÍAS	PORCENTAJE DE TRÁFICO POR VÍA
1	100%
2	50%
4	45% (35-48)
6	40% (25-48)



Como la carretera de diseño es de dos vías se considera el 50% del tráfico.

Por lo tanto:

$$P = 1\% (50) = 0.5$$

Remplazando valores, obtenemos:

$$IT = NCEP = 32 * 1.51 * 1.40 * 0.5 = 32.824$$

$$IT = 33 \text{ veh/día.}$$

Según el índice de tráfico, estamos ante un tipo de tráfico medio para este proyecto, que requiere un espesor de capa asfáltica de al menos 1,5" como minimo. (Balarezo Flores, 2019)

SEGÚN EL INSTITUTO NORTEAMERICANO DEL ASFALTO.

Los ingenieros y las organizaciones emplean con mayor frecuencia esta técnica en nuestro país al construir carreteras. Es una metodología técnico-empírica basada en la investigación realizada en el experimento vial AASHTO y desarrollada por el American Asphalt Institute. (Balarezo Flores, 2019)

El sistema tiene en cuenta el Módulo de Resiliencia ($M_r = 10.3$ CBR en Mpa), la calidad de los materiales base, Sub-base y capa asfáltica que se utilizan, y los procedimientos constructivos a seguir además de la carga por "eje único de 80 KN (18 000 lb), que es la "carga por eje" legal en la mayoría de los estados de EE. UU. (Balarezo Flores, 2019)

Con la ayuda de un parámetro que indica la resistencia y deformabilidad de la capa superior del terraplén, este método calcula el espesor de la estructura del pavimento con base en el volumen de tráfico que se prevé usará la vía. (Balarezo Flores, 2019)



a) Índice medio diario anual proyectado (I.M.D.)

TIPO DE VEHÍCULOS	CLASE	Nº DE VEHÍCULOS	DISTRIBUCIÓN (%)
AUTOS	AP	16	21.05
CAMIONETAS	AC	28	36.85
CAMIÓN 2 EJES	C2	21	27.63
CAMIÓN 3 EJES	C3	11	14.47
TOTAL (IMD PROYECTADO)		76	100.00

b) Determinación del valor EAL.

El porcentaje del tráfico vehicular total en la ruta de diseño se calcula a partir de la tasa diaria promedio esperada, que se determina en 76 vehículos por día. (Balarezo Flores, 2019)

Elegimos el % general para dos carriles de la siguiente tabla donde se considera una calzada. (Balarezo Flores, 2019)

PORCENTAJE DEL TRÁFICO TOTAL DE CAMIONES EN EL CARRIL DE DISEÑO

Nº DE VÍAS	PORCENTAJE DE TRÁFICO POR VÍA
1	100%
2	50%
4	45% (35-48)
6	40% (25-48)

Como el presente proyecto es de dos vías se considerara 50% del tráfico.

$$50\% \cdot 76 = 38 \text{ vehículos.}$$



c) Cálculo del número promedio de cada tipo de vehículo esperado la calzada de diseño en el primer año de servicio.

Calcularemos el número total de vehículos en el carril de diseño para un 42.10%, el cual corresponde al porcentaje de vehículos pesados indicado en el IMD. (Balarezo Flores, 2019)

Número de vehículos = $42.1\% \times 38 = 16 \text{ veh. /día.}$

Lo que significa que el primer año de servicio se tendrá:

Total de vehículos = $16 \times 365 = 5,840 \text{ vehículos.}$

d) Determinación del factor de crecimiento.

Para el cálculo del factor de crecimiento consideraremos un factor promedio para todos los vehículos. (Balarezo Flores, 2019)

Tasa de crecimiento anual = 3.6 %

Periodo de diseño = 20 años.



TASA DE CRECIMIENTO ANUAL

Periodo de diseño	Tasa de crecimiento - Porcentaje "r"							
	Sin Crecimiento	2	4	5	6	7	8	10
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	2.00	2.02	2.02	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.00	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.00	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.00	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.00	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.00	7.43	7.9	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.00	8.58	9.21	9.55	9.9	10.26	10.64	11.44
9	9.00	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.00	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.00	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.00	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.00	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.5	24.52
14	14.00	15.97	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.00	17.29	20.02	21.08	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.00	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.82
17	17.00	20.01	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.00
18	18.00	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	40.88
19	19.00	22.84	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.00	24.30	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28
25	25.00	32.03	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11	90.12
30	30.00	40.57	56.08	66.44	79.06	94.46	113.28	166.15
35	35.00	49.99	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02



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

$$\text{Dónde: } r = \frac{tasa}{100}$$

Remplazando en la fórmula obtenemos:

Factor de crecimiento = 28.57

e) Cálculo del EAL de diseño

CARGAS PARA CADA UNIDAD DE VEHÍCULOS

Tipo de vehículo	Factor camión (FC)	Carga por eje (lbs)				Peso bruto (lbs)	Peso bruto (Tn)
		Eje simple	1º eje	2º eje	3º eje		
AP	0.0005810	2,204.6	2,204.6			4,409.20	2
AC	0.0250864	3,527.30	7,275.10			10,802.40	4.9
C2	3.6958545	15,432.10	24,250.40			39,682.50	18
C3	2.5603295	15,432.10	39,682.50			55,114.60	25



FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA PARA DIFERENTES CONFIGURACIONES DE EJES Y CARGAS.

Axle load (lb)	Equivalent axle load factor			Axle load (lb)	Equivalent axle Load factor		
	Single axles	Tandem axles	Tridem axles		Single axles	Tandem axles	Tridem axles
1000	0.00002			41,000	23.27	2.29	0.540
2000	0.00018			42,000	25.54	2.51	0.597
3000	0.00072			43,000	28.22	2.76	0.658
4000	0.00209			44,000	31.00	3.00	0.723
5000	0.00500			45,000	34.00	3.27	0.793
6000	0.01043			46,000	37.24	3.55	0.868
7000	0.0196			47,000	40.74	3.85	0.948
8000	0.0343			48,000	44.50	4.17	1.033
9000	0.0562			49,000	48.54	4.51	1.12
10,000	0.0877	0.00688	0.002	50,000	52.88	4.86	1.22
11,000	0.1311	0.01008	0.002	51,000		5.23	1.32
12,000	0.189	0.0144	0.003	52,000		5.63	1.43
13,000	0.264	0.0199	0.005	53,000		6.04	1.54
14,000	0.360	0.0270	0.006	54,000		6.47	1.66
15,000	0.478	0.0360	0.008	55,000		6.93	1.78
16,000	0.623	0.0472	0.011	56,000		7.41	1.91
17,000	0.796	0.0608	0.014	57,000		7.92	2.05
18,000	1.000	0.0773	0.017	58,000		8.45	2.20
19,000	1.24	0.0971	0.022	59,000		9.01	2.35
20,000	1.51	0.1206	0.027	60,000		9.59	2.51
21,000	1.83	0.148	0.033	61,000		10.20	2.07
22,000	2.18	0.180	0.040	62,000		10.84	2.85
23,000	2.58	0.217	0.048	63,000		11.52	3.03
24,000	3.03	0.260	0.057	64,000		12.22	3.22
25,000	3.53	0.308	0.067	65,000		12.96	3.41
26,000	4.09	0.364	0.080	66,000		13.73	3.62
27,000	4.71	0.426	0.093	67,000		14.54	3.83
28,000	5.39	0.495	0.109	68,000		15.38	4.05
29,000	6.14	0.572	0.126	69,000		16.26	4.28
30,000	6.97	0.658	0.145	70,000		17.19	4.52
31,000	7.88	0.753	0.167	71,000		18.15	4.77
32,000	8.88	0.857	0.191	72,000		19.16	5.03
33,000	9.98	0.971	0.217	73,000		20.22	5.29
34,000	11.18	1.095	0.246	74,000		21.32	5.57
35,000	12.50	1.23	0.278	75,000		22.47	5.86
36,000	13.93	1.38	0.313	76,000		23.66	6.15
37,000	15.50	1.53	0.352	77,000		24.91	6.46
38,000	17.20	1.70	0.393	78,000		26.22	6.78



39,000	19.06	1.89	0.438	79,000		27.58	7.11
40,000	21.08	2.08	0.487	80,000		28.99	7.45

CÁLCULO DEL EAL DE DISEÑO

CLASE	NUMERO VEHÍCULO POR AÑO	Fi	$((1+r)^n-1)/r$	ESALS
AP	1,229	0.0005810	28.57	20.40072
AC	2,152	0.0250864	28.57	1,542.48709
C2	1,614	3.6958545	28.57	170,435.40838
C3	845	2.5603295	28.57	61,815.01784
TODOS VEHÍCULOS	5,840		TOTAL EAL	233,813.31403

$$EAL = 233,813.31403$$

$EAL = 2.34 \times 10^5$ (aplicaciones de ejes equivalentes durante el periodo de diseño).

f) Selección del módulo de Resiliencia de diseño de la subrasante

- Módulo Resiliencia (Mr.)

Al considerar ciertas propiedades no lineales, el módulo resiliente se refiere al comportamiento de tensión-deformación del material bajo cargas típicas del pavimento. Es una medida de la propiedad elástica de los suelos (tanto el suelo de la subrasante como los materiales de la base y la subbase). (Ramos Fernandez, 2017)

Según (Ramos Fernandez, 2017) , "considerando las limitaciones de la mayor parte de los laboratorios para efectuar este tipo de ensayos, el instituto de asfalto permite correlacionarlo con el CBR mediante la expresión":

$$Mr \text{ (Mpa)} = 10.3 \times \text{CBR}$$



La determinación del Mr. (módulo Resiliente), se hace con el criterio del percentil variable con el nivel del tráfico expresado como EAL. (Ramos Fernandez, 2017)

- **Cálculo de percentil de diseño.**

VALOR PERCENTIL DEL CBR DE DISEÑO

TRÁFICO (EAL)	PORCENTAJE DE ENSAYOS CON CBR IGUAL O MAYOR
10 000 ó menos	60
10 000 a 1 000 000	75
1 000 000 a más	87.5

En vista que nuestro EAL de diseño es del orden de 2.34×10^5 , le corresponde un valor de 75%. (Ramos Fernandez, 2017)

De los ensayos de CBR se tiene:

CALICATA	CBR %	CALICATA	CBR %
Nº 01	45.98	Nº 09	37.58
Nº 02	46.22	Nº 10	18.77
Nº 03	18.48	Nº 11	18.22
Nº 04	5.98		
Nº 05	6.80		
Nº 06	6.56		
Nº 07	6.68		
Nº 08	49.57		

La clasificación de estos valores es de mayor a menor. Se debe tener en cuenta una mejora de la subrasante para los valores de CBR que son inferiores al valor del percentil. (Ramos Fernandez, 2017)



CBR ORDENADO DE MAYOR A MENOR

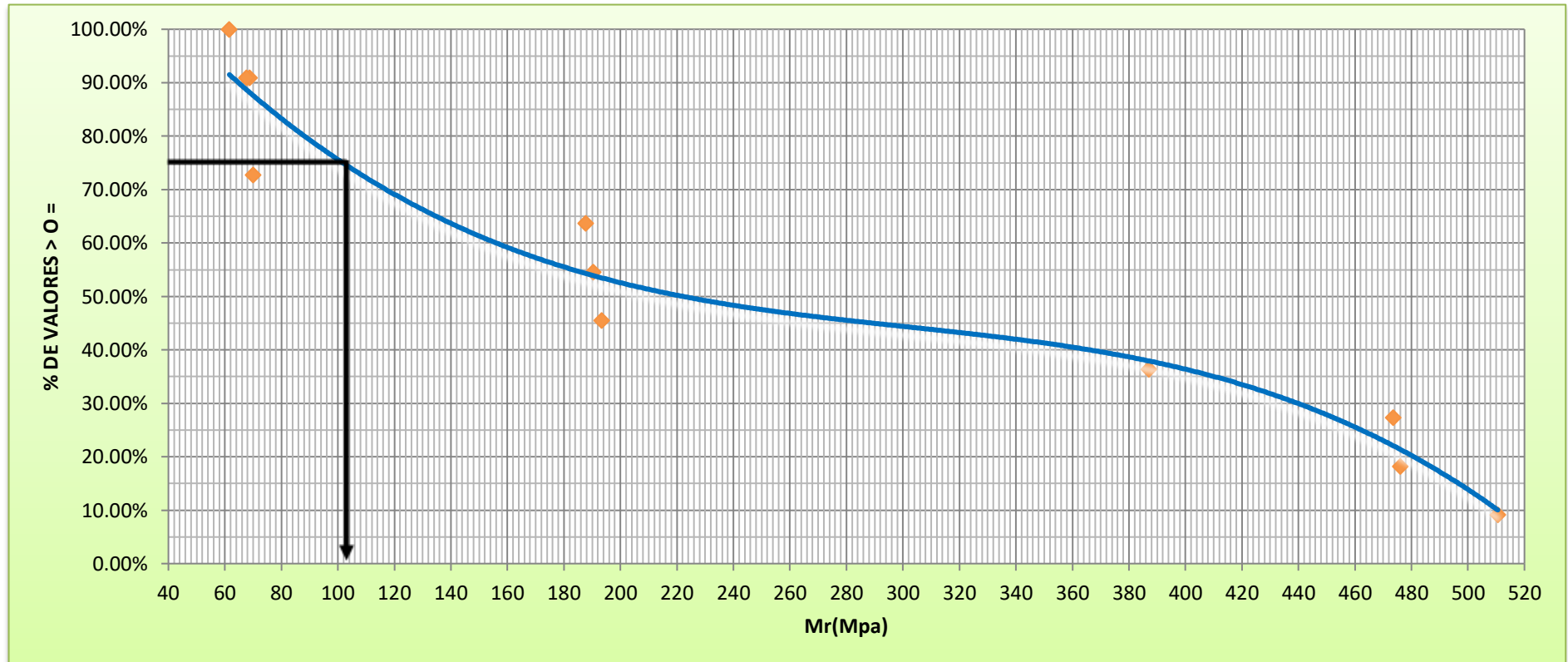
CBR (%)	Mr(Mpa) Mr=10.3*CBR	Nº DE VALORES >Ó=a Mr i	% DE VALORES > ó =
49.57	510.571	1	9.09%
46.22	476.066	2	18.18%
45.98	473.594	3	27.27%
37.58	387.074	4	36.36%
18.77	193.331	5	45.45%
18.48	190.344	6	54.55%
18.22	187.666	7	63.64%
6.80	70.040	8	72.73%
6.68	68.804	10	90.91%
6.56	67.568	10	90.91%
5.98	61.594	11	100.00%

Luego se grafica los valores de Mr y % obtenidos, resultando el gráfico presentado a continuación. (Ramos Fernandez, 2017)

En el gráfico con el percentil de diseño (75%), se encuentra el valor del CBR de diseño de la subrasante. (Ramos Fernandez, 2017)



METODO PERCENTIL



$$M_r = 104 = 10.4 \times 10 \text{ Mpa}$$

Aplicando la siguiente expresión, se obtiene:

$$CBR_{\text{DISEÑO}} = M_r / 10.3 = 104 / 10.3$$



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA

"ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA KM 23 + 960 INTEROCEANICA NORTE - CP. SAN CRISTOBAL,

DISTRITO DE OLMOS, PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION LAMBAYEQUE"



CBR DISEÑO = 10.10 %



g) Cálculo del espesor según el instituto norteamericano del asfalto.

Se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones para el diseño de pavimento para ambos métodos.

- Periodo de diseño : 20 años
- Número de vías : 02
- Clase de carretera : tercera clase.
- Índice medio diario proyectado : 76 Veh. /día.
- CBR de diseño (valor percentil) : 10.10 %

Según el instituto norteamericano del asfalto:

Para:

$$\text{CBR} = 13.11 \%$$

$$\text{EAL} = 2.34 \times 10^5$$

Temperatura media anual del aire (MAAT) = MAAT 24 °C

- Alternativa 1

"De la (Carta de Diseño A-13 MAAT 24° C), encontramos que se requiere una capa de concreto asfáltico de 150 mm. De espesor colocado directamente sobre la subrasante" (Balarezo Flores, 2019)

- Alternativa 2

"De la (Carta de Diseño A-17 MAAT 24° C), encontramos que se requiere una capa de 150 mm. De espesor de base de agregados no tratados y 100 mm de carpeta asfáltica" (Balarezo Flores, 2019)

- Alternativa 3



"De la (Carta de Diseño A-18 MAAT 24° C), encontramos que se requiere una capa de 300 mm. de espesor de base de agregados no tratados y 100 mm de carpeta asfáltica" (Balarezo Flores, 2019)

ESPESORES DADOS POR EL INSTITUTO DEL ASFALTO

CAPAS ESTRUCTURALES	Espesores en milímetros		
	I	II	III
Superficie de rodadura AC	150 mm	100 mm	100 mm
Base CBR> 80%	-	150 mm	150 mm
Sub base CBR > 20%	-	-	150 mm
Total	150 mm	250 mm	400 mm

"Pero sabiendo que la carpeta asfáltica puede reducirse hasta 2" para reducir costos" (Balarezo Flores, 2019)

Aplicando los coeficientes de equivalencias de espesores tenemos:

Alternativa 1

Carpeta Asfáltica = 175 mm = 7"

Espesor Mínimo = 1"

Espesor tomado = 2"

= 7" - 2" = 5" (a distribuir)

Base granular = 5" x 2" = 10"

Entonces tenemos:

Carpeta asfáltica = 2" = 5 cm

Base granular = 10" = 25 cm

Alternativa 2

Carpeta Asfáltica = 100 mm = 4"

Base granular = 150 mm = 6"



Espesor Mínimo = 1"

Espesor tomado = 2"

= 4" - 2" = 2" (a distribuir)

Base granular = 6"

Sub base granular = 2" x 2.7" = 5.4" = 6"

Entonces tenemos:

Carpeta asfáltica = 2" = 5 cm

Base granular = 6" = 15 cm

Sub base granular = 6" = 15 cm

Alternativa 3

Carpeta Asfáltica = 100 mm = 4"

Base granular = 150 mm = 6"

Sub base granular = 150 mm = 6"

Espesor Mínimo = 1"

Espesor tomado = 2"

= 4" - 2" = 2" (a distribuir)

Base granular = 6"

Sub base granular = 6" + 2" x 2.7" = 11.4" = 12"

Entonces tenemos:

Carpeta asfáltica = 2" = 5 cm.

Base granular = 6" = 15 cm.



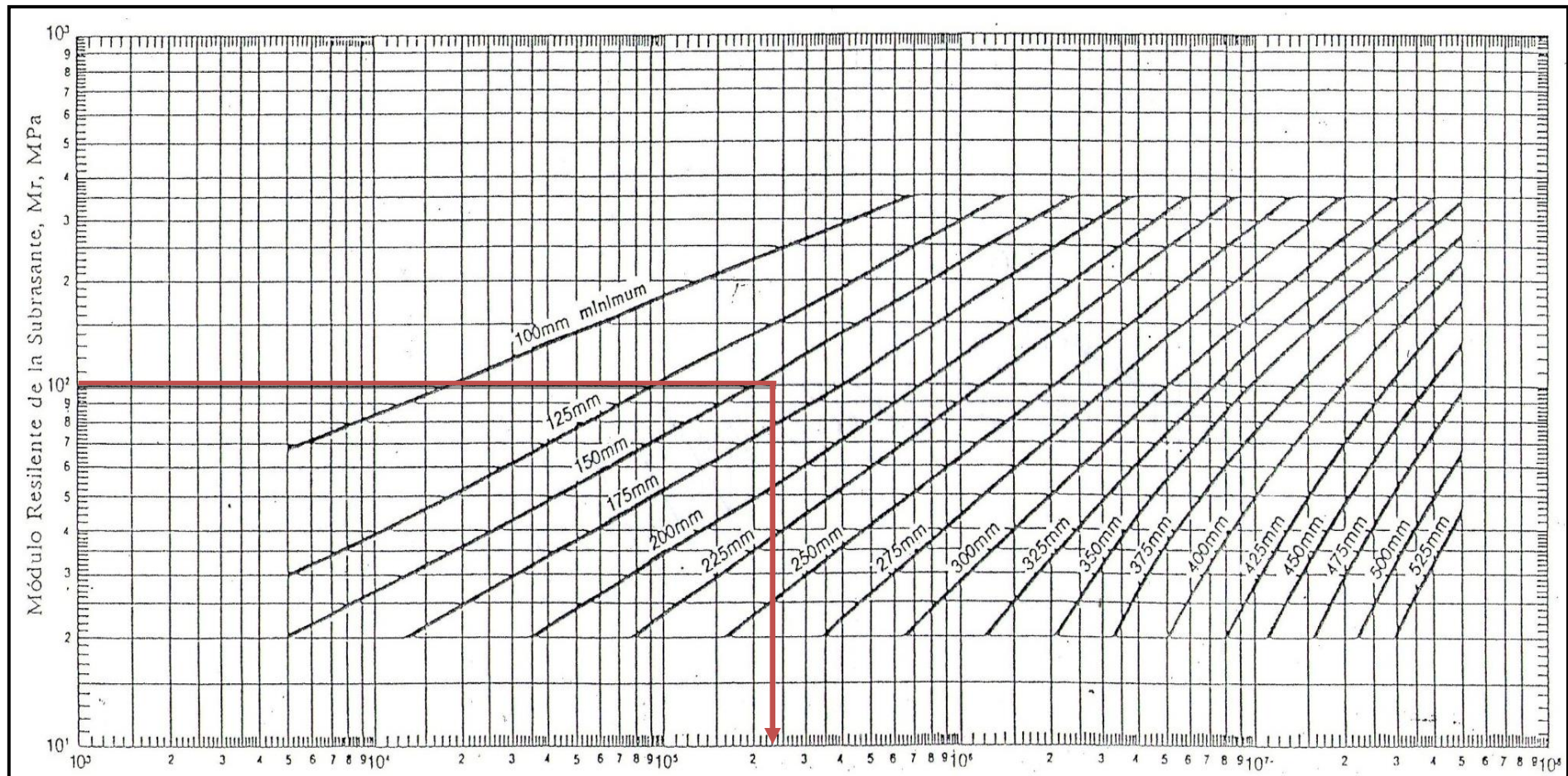
Sub base granular = 12" = 30 cm.

Elegimos la alternativa que sea más económica y funcional por lo que sería la:

ALTERNATIVA 2

CAPAS	Espesor (cm)
Carpeta Asfáltica	5.00
Base Granular	15.00
Sub base granular	15.00

CONCRETO ASFALTICO EN TODO SU ESPESOR (MMAT 24 °C)





UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA

"ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA KM 23 + 960 INTEROCEANICA NORTE - CP. SAN CRISTOBAL,

DISTRITO DE OLMOS, PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION LAMBAYEQUE"

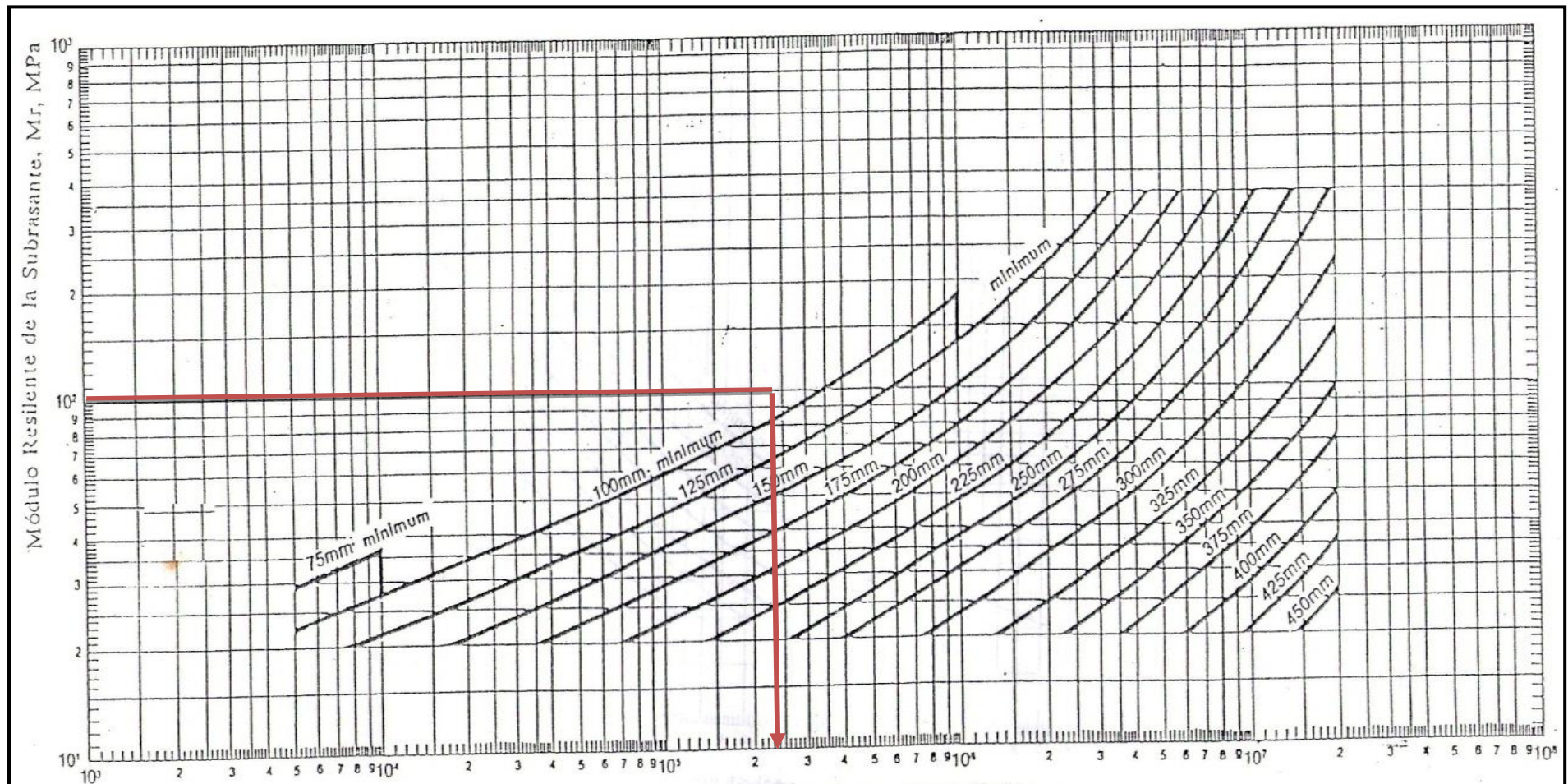


CARGA POR EJE SIMPLE EQUIVALENTE A 80KN (EAL)

CARTA DE DISEÑO A-13



BASE DE AGREGADOS NO TRATADOS DE 150 mm DE ESPESOR (MMAT 24°C)





UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA

"ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA KM 23 + 960 INTEROCEANICA NORTE - CP. SAN CRISTOBAL,

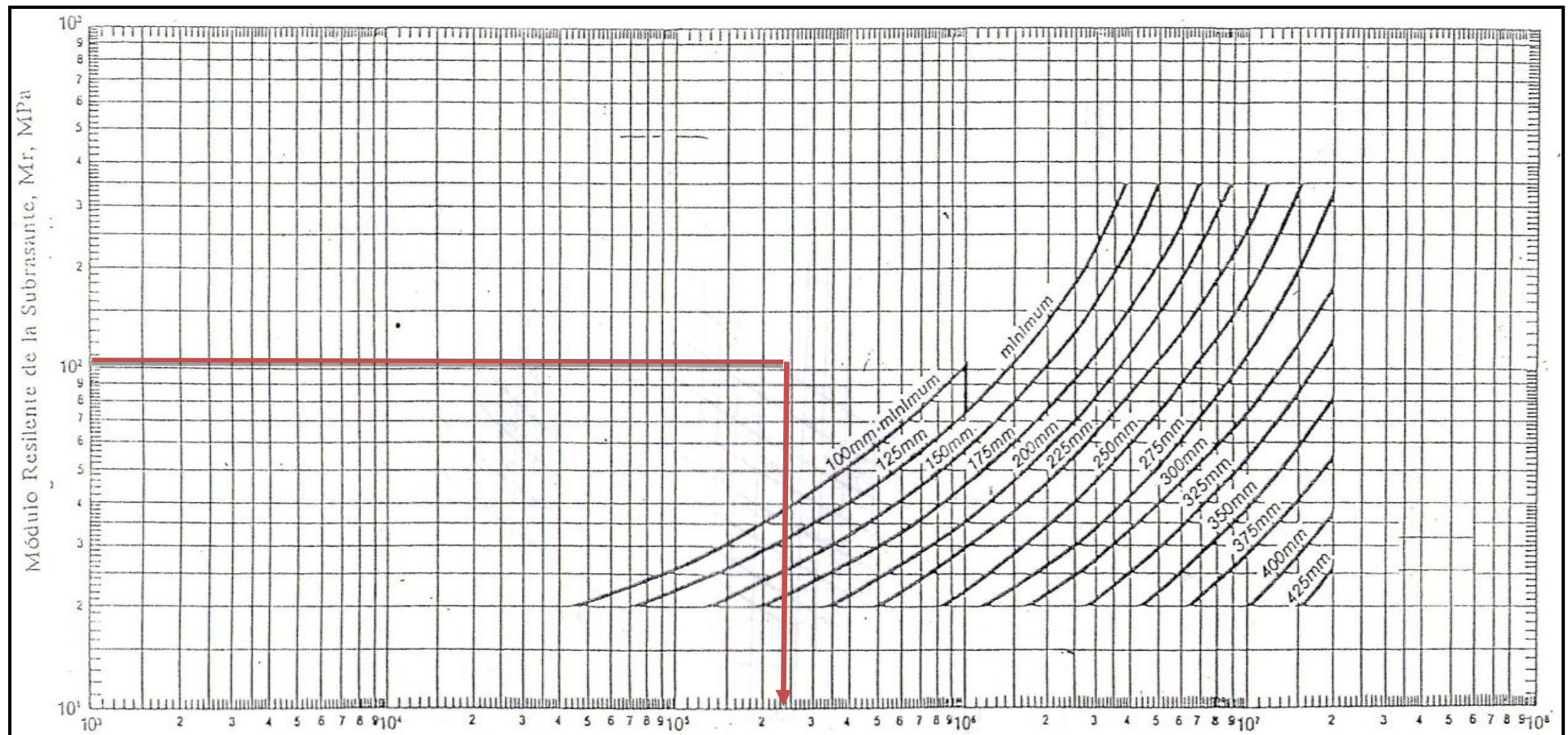
DISTRITO DE OLMOS, PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION LAMBAYEQUE"



CARGA POR EJE SIMPLE EQUIVALENTE A 80KN (EAL)

CARTA DE DISEÑO A-17

BASE DE AGREGADOS NO TRATADOS DE 300 mm DE ESPESOR (MAAT 24°)





UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA

"ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA KM 23 + 960 INTEROCEANICA NORTE - CP. SAN CRISTOBAL,

DISTRITO DE OLMOS, PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION LAMBAYEQUE"



CARGA POR EJE SIMPLE EQUIVALENTE A 80KN (EAL)

CARTA DE DISEÑO A-18



MÉTODO AASHTO (VERSIÓN 1993)

Las versiones 86 y 93 de AASHTO realizan cambios en su técnica, aceptando que se sigue empleando el tráfico de la misma manera mientras que se reemplaza el componente regional utilizado en versiones anteriores por el aporte estructural proporcionado por el coeficiente de drenaje de las capas granulares. , el tipo de suelo de cimentación y su índice de servicio (Módulo Resiliente). (Balarezo Flores, 2019)

El enfoque AASHTO, que produce un número estructural (NE) requerido por el pavimento para soportar satisfactoriamente el volumen de tráfico durante la vida del proyecto, es ampliamente reconocido porque se basa en información experimental útil. (Balarezo Flores, 2019)

EL DISEÑO ESTRUCTURAL

Considera los siguientes factores:

W18 = Al número de aplicaciones de carga por eje simple equivalente a 1800 lb.

Mr = Módulo Resiliente

R = Confiabilidad

So = Desviación estándar total

Pi = Serviciabilidad Inicial

Pt = Serviciabilidad final

a₁ = Coeficiente estructural de Concreto Asfáltico

a₂ = Coeficiente estructural de Base Granular

a₃ = Coeficiente estructural de Sub Base Granular

m₂ = Coeficiente de drenaje de la base Granular

m₃ = Coeficiente de drenaje de la Sub base Granular

CARGA POR EJE SIMPLE EQUIVALENTE (W18)

"El llamado ESAL (Equivalent Single Axle Load), es el número de aplicaciones de un eje simple de 18000 lb (80 KN)" (Balarezo Flores, 2019)



Según (Balarezo Flores, 2019), cada carga por eje debe convertirse en un número equivalente de 18,000 lb de carga por eje simple multiplicándolo por el eje por el factor de equivalencia de carga, que se puede encontrar en la siguiente tabla, para convertir un flujo de tráfico mixto de diferentes cargas por eje y configuraciones a un número de tráfico de diseño.

CÁLCULO DEL EAL

CLASE	NUMERO VEHÍCULO POR AÑO	Fi	$((1+r)^n-1)/r$	ESALS
AP	1,229	0.0005810	28.57	20.40072
AC	2,152	0.0250864	28.57	1,542.48709
C2	1,614	3.6958545	28.57	170,435.40838
C3	845	2.5603295	28.57	61,815.01784
TODOS VEHÍCULOS	5,840		TOTAL EAL	233,813.31403

LÍMITES DE DISEÑO DE LA SUB RASANTE

TRÁFICO (EAL)	PORCENTAJE DE ENSAYOS CON CBR IGUAL O MAYOR
10 000 ó menos	60
10 000 a 1 000 000	75
1 000 000 a más	87.5

FUENTE: Diseño Y Construcción De Pavimentos

MÓDULO RESILIENTE (Mr)

Describe el comportamiento tensión-deformación del material en condiciones de carga típicas y mide las propiedades elásticas de los suelos (tanto del suelo de la subrasante como de los materiales de la base y la subbase). (Balarezo Flores, 2019)

Para el diseño de pavimentos rígidos o compuestos, se eligió el Módulo Resiliente para reemplazar el valor de soporte del suelo utilizado hasta el momento. El Módulo Resiliente se puede utilizar directamente para pavimentos flexibles, pero primero



debe transformarse en un módulo de reacción de la subrasante (valor k). (Balarezo Flores, 2019)

(Balarezo Flores, 2019)

Se han descrito los criterios necesarios que pueden emplearse en la estimación del Sr. a partir de las pruebas del CBR (California Earning Ratio), teniendo en cuenta que muchas naciones, como el Perú, carecen de la capacidad de realizar pruebas para conocer la Módulo resiliente. Para el suelo de cimentación, se usa la siguiente frase para convertir CBR a Mr:

$$Mr \text{ (psi)} = 1500 \text{ CBR}$$

La frase anterior solo se aplica en el caso de subrasantes, de acuerdo con la guía de 1993 AASHTO (Asociación Estadounidense de Oficiales de Autopistas y Transporte Estatales) para la construcción de estructuras de pavimento. (Balarezo Flores, 2019)

"Para el caso de los materiales granulares no ligados, utilizados en base y sub base se usa otras correlaciones e incluso otras notaciones": (Balarezo Flores, 2019)

E_{SB} = Módulo de sub base

E_{BS} = Módulo de base

LÍMITES DE DISEÑO DE LA SUBRASANTE

σ (psi)	Mr (psi)
100	740 x CBR
30	440 x CBR
20	340 x CBR
10	250 x CBR

Donde σ es la suma de los esfuerzos principales.

El estado de las tensiones primarias que se producirán en condiciones de operación está asociado a la resistencia de la base o subbase granular. Dado que la información sobre los esfuerzos no es accesible, se pueden realizar aproximaciones para



determinar el estado de los esfuerzos utilizando la suma de los esfuerzos primarios, que es función del espesor del pavimento, la carga y el módulo resiliente de cada capa. valores de θ para en la siguiente tabla. Depende del módulo resiliente de la subrasante y del espesor del hormigón asfáltico (Balarezo Flores, 2019)

VALORES DE θ

ESPESOR DE CONCRETO ASFÁLTICO (pulg)	MÓDULO RESILIENTE DEL SUELO DE SUB RASANTE (psi)		
	3000	7500	15000
Menos de 2	20	25	30
2 - 4	10	15	20
4 - 6	5	10	15
Mayor de 6	5	5	5

CONFIABILIDAD (R)

La probabilidad, expresada como porcentaje, de que el pavimento propuesto soportaría el tráfico anticipado se conoce como confiabilidad (abreviada "R"). Por lo tanto, es importante lograr un nivel específico de certeza en el proceso de diseño para garantizar que las diferentes alternativas de secciones estructurales que se obtengan durarán al menos durante el plazo de diseño. (Balarezo Flores, 2019)

Los niveles más altos se deben utilizar para vías principales con mayor volumen de tráfico, de acuerdo con el estándar AASHTO actual para el diseño de pavimentos flexibles, que sugiere valores que van del 50 al 99,9 % con varias categorías funcionales. (Balarezo Flores, 2019)

NIVELES DE CONFIABILIDAD R (%) SEGÚN LAS CLASES DE VÍAS.



CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	NIVEL DE CONFIABILIDAD RECOMENDADO	
	URBANO	RURAL
Interestatales y otras autopistas	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-95
Colectoras	80-95	75-95
Locales o vecinales	50-80	50-80

DESVIACIÓN ESTÁNDAR TOTAL (S_o)

Se debe considerar el efecto combinado de la variación en todos los factores de diseño, teniendo en cuenta la probabilidad de variaciones en el tráfico proyectado y las diferencias en el comportamiento previsto del pavimento para un EAL específico. Se debe tener en cuenta la desviación estándar total, así como la confiabilidad. (Balarezo Flores, 2019)

"Los criterios que se toman en cuenta para la selección de la desviación estándar total son": (Balarezo Flores, 2019)

- La desviación estándar estimada para el caso donde la variancia del tráfico futuro proyectado es considerada como 0.39 para pavimentos rígido y 0.49 para pavimento flexible. (Balarezo Flores, 2019)
- La desviación estándar total estimada para el caso de la variancia del tráfico futuro es considerada 0.34 para pavimento rígido y 0.44 para pavimento flexibles. (Balarezo Flores, 2019)
- En general el rango de S_o se puede considerar entre: (Balarezo Flores, 2019)

0.30 - 0.40 pavimentos rígidos

0.40 - 0.50 pavimentos flexibles



ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO

"Se debe elegir un nivel de servicio inicial y terminal para el diseño del pavimento"
(Balarezo Flores, 2019)

"El nivel de servicio inicial P_o es una estimación inmediatamente después de terminada la construcción (generalmente 4.2 para pavimento flexible y 4.5 para pavimentos rígidos)" (Balarezo Flores, 2019)

"El nivel de servicio terminal p_t es el nivel aceptable más bajo antes de que sea necesario de pavimentar el pavimento (para vías importantes se recomienda 2.5-3.0 y 2.0 para las vías de bajo volumen)" (Balarezo Flores, 2019)

El cambio en la calidad de servicio, se puede calcular como:

$$\Delta PSI = p_o - p_i$$

ΔPSI = Diferencia entre los índices de servicio inicial y terminal

p_o = Índice de servicio inicial (4.5 para pavimentos rígidos y 4.2 para pavimentos rígidos)

p_i = Índice de servicio terminal

"Se hace notar que aún en la versión actual, AASHTO no ha modificado la escala del índice de servicio original de 0 a 5 para caminos intransitables hasta carreteras perfectas, respectivamente" (Balarezo Flores, 2019)

COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE LA CAPA a_i

Para convertir los espesores y capas en el NE, se asigna un valor de este coeficiente a cada capa de material en la construcción del pavimento. Estos coeficientes, que son medidas de la capacidad relativa del material para servir como componente estructural del pavimento, expresan una relación empírica entre NE y espesor para cada capa. (Balarezo Flores, 2019)



"La forma de estimar estos coeficientes se separa en 5 categorías dependiendo del tipo y la función del material de cada capa estos son": (Balarezo Flores, 2019)

- Concreto Asfáltico (CA)
- Base Granular (BG)
- Sub Base Granular (SBG)
- Base tratada con Cemento (BTC)
- Base Tratada con Asfalto (BTA)

"El coeficiente de cada capa de la base granular (a_2) se obtiene con la siguiente relación": (Balarezo Flores, 2019)

$$a_2 = 0.249 \times \log (E_{BS}) - 0.977$$

Dónde:

E_{BS} : módulo Resiliente de la base

"Para la obtención del coeficiente estructural de la capa de la sub base granular se emplea la siguiente relación": (Balarezo Flores, 2019)

$$a_3 = 0.227 \times \log (E_{SB}) - 0.839$$

Dónde:

E_{SB} : módulo Resiliente de la sub base

COEFICIENTE DE DRENAJE (m_i)

El drenaje se maneja teniendo en cuenta cómo el agua afecta la integridad estructural de las capas de pavimento y sus efectos sobre las cualidades de las capas de pavimento. En el diseño, el impacto del drenaje se tiene en cuenta cambiando el coeficiente de la capa estructural en función de: (Balarezo Flores, 2019)

- La calidad del drenaje (el tiempo requerido por el pavimento para drenar)



- El porcentaje de tiempo que la estructura del pavimento estará expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación.

Las siguientes tablas, se utilizan para seleccionar los coeficientes de drenaje para las capas de Base y Sub Base no tratadas (Balarezo Flores, 2019)

CALIDAD DEL DRENAJE	TIEMPO DE REMOCIÓN DEL AGUA
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
malo	Agua no tratada

CALIDAD DEL DRENAJE	% DEL TIEMPO EN QUE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ESTÁ EXPUESTA A NIVELES CERCANOS A LA SATURACIÓN			
	Menor a 1%	1 – 5 %	5 – 25 %	Mayor a 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

Para seleccionar un valor mínimo de capas de concreto asfáltico, base o sub base AASHTO recomienda la Tabla de espesores mínimos. (Balarezo Flores, 2019)

ESPEORES MÍNIMOS (PULGADAS)

TRÁFICO ESALS	CONCRETO ASFÁLTICO	BASE DE AGREGADOS
MENOS DE 50,000	1.0 (ó tratamiento superficial)	4
50,001-150,000	2	4
150,000-500,000	2.5	4
500,001-2'000,000	3	6
2'000,000-7'000,000	3.5	6



MAYOR QUE 7'000,000

4

6

CÁLCULO DEL ESPESOR

Según el método de AASHTO (versión 1993)

DATOS:

ANCHO DE LA SUPERFICIE DE RODADURA	: 6.60 m
ANCHO DE BERMA	: 0.90 m
TIPO DE VÍA	: CARRETERA DE TERCERA CLASE
TIPO DE PAVIMENTO	: FLEXIBLE- ASFALTO EN FRÍO
TIPO DE TRATAMIENTO DE BERMAS	: CARPETA ASFÁLTICA EN FRÍO
VELOCIDAD DIRECTRIZ	: 60 km/h
RADIO MÍNIMO	: 125 m
PERIODO DE DISEÑO	: 20 años

INFORMACIÓN DISPONIBLE:

TRÁNSITO TOTAL (PROYECTADO)

CLASE	Nº DE VEHÍCULOS
AP	16
AC	28
C2	21
C3	11
TOTAL	76

INCREMENTO ANUAL DEL TRÁNSITO	: 3.6 %
CBR _{DISEÑO} (SUBRASANTE)	: 10.10 %
CALIDAD DEL DRENAJE (BUENO)	: 1 - 5 (%) zona seca
Mr DEL ASFALTO	: 450000 Psi
Mr BASE	: 25000 Psi
Mr SUB BASE	: 12000 Psi



SOLUCIÓN

A. DETERMINACIÓN DEL NÚMERO ESTRUCTURAL (SN)

- Tránsito futuro estimado (w18)

CLASE	NUMERO VEHÍCULO POR AÑO	Fi	$((1+r)^n-1)/r$	ESALS
AP	1,229	0.0005810	28.57	20.40072
AC	2,152	0.0250864	28.57	1,542.48709
C2	1,614	3.6958545	28.57	170,435.40838
C3	845	2.5603295	28.57	61,815.01784
TODOS VEHÍCULOS	5,840		TOTAL EAL	233,813.31403

$$EAL = ESALS = 2.34 \times 10^5$$

- Confiabilidad (R)

Local- rural **0.80**

- Desviación Estándar (So)

Según guía ASSTHO - 93 entre 0.4 y 0.5 tomamos $So = 0.45$

- Módulo resiliente efectivo del material de fundación

Relación de Heukelom y Klomp

$$Mr \text{ (psi)} = MR = 1,500 * (CBR) = 15,146 \text{ psi}$$

- Pérdida de serviciabilidad de diseño Δpsi

Pavimentos flexibles (Po) = 4.2

Selección del PSI (PresentServiceabilityIndex), más bajo permisible o índice de serviciabilidad terminal (Pt)

Pt = 2 para carretas con menores volúmenes de tráfico



Entonces:

$$\Delta PSI = P_o - P_t = 2.2$$

- **Obtención del número estructural (sn)**

$$\begin{aligned} W18 &= 2.34 \times 10^5 \\ R &= 80.00\% \\ S_o &= 0.45 \\ M_r &= 15,146 \text{ psi} \\ \Delta PSI &= 2.2 \end{aligned}$$

SEGÚN LA FORMULA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES SE OBTIENE EL NÚMERO ESTRUCTURAL DE DISEÑO

$$SN = 1.91$$

- **Selección de los espesores de capa**

$$SN = a_1 m_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3$$

a₁, a₂, a₃ coeficiente de capa representativa de la superficie capa base y sub base.

m₁, m₂, m₃ coeficientes para las capas de la superficie capa base y sub base.

D₁, D₂, D₃ espesores reales en pulg. De la superficie capa base y sub base.

Cálculo del a (1, 2,3)

De la carta para estimación del coeficiente estructural de capa de concreto asfáltico de gradación densa basado en el módulo elástico Resiliente

$$\begin{aligned} a_1 &= 0.44 \\ a_2 &= 0.249 \cdot \log 25000 - 0.977 = 0.118 \\ a_3 &= 0.227 \cdot \log 12000 - 0.839 = 0.087 \end{aligned}$$



Cálculo del m (1, 2,3)

$$m_1 = 1$$

$$m_2 = 1.2$$

$$m_3 = 1.2$$

CÁLCULO DE LOS ESPESORES MÍNIMOS

TRÁFICO ESALS	CONCRETO ASFÁLTICO	BASE DE AGREGADOS
MENOS DE 50,000	1.0 (ó tratamiento superficial)	4
50,001-150,000	2	4
150,000-500,000	2.5	4
500,001-2'000,000	3	6
2'000,000-7'000,000	3.5	6
MAYOR QUE 7'000,000	4	6

CÁLCULO DE ESPESORES

Se hace el análisis de diseño por capas

Con:

$$E_b = 25,000 \text{ PSI}$$

$$R = 80.00\%$$

$$W_{18} = 2.34 \times 10^5$$

$$\Delta \text{PSI} = 2.2$$

$$S_o = 0.45$$

$$a_1 = 0.44$$

Utilizando el programa

$$SN_1 = 1.57$$

Con:

$$E_b = 12,000 \text{ PSI}$$

$$R = 80.00\%$$

$$W_{18} = 2.34 \times 10^5$$



$$\Delta PSI = 2.2$$

$$S_o = 0.45$$

$$a_2 = 0.118$$

Utilizando el programa

$$SN_2 = 2.09$$

$$E \text{ subrasante} = 15,146 \text{ PSI}$$

$$a_3 = 0.087$$

Utilizando el programa

$$SN_3 = 1.91$$

ANÁLISIS POR CAPA

$$D'_1 = \frac{SN_1}{a_1 m_1} = 3.57 = 4.00 \text{ Pulg}$$

$$SN' = a_1 * D'_1 = 1.76$$

$$D'_2 = \frac{SN_2 - SN'_1}{a_2 m_2} = 2.33 = 3.00 \text{ Pulg}$$

$$SN'_2 = a_2 * D'_2 = 0.352$$

$$SN'_1 + SN'_2 \geq SN_2$$

$$2.11 \geq 2.09 \text{ ok}$$

Finalmente:

$$D'_3 = \frac{SN_3 - (SN'_1 + SN'_2)}{a_3 m_3}$$

$$D'_3 = -2 \text{ pulg} = 0 \text{ pulg}$$



$$SN'_3 = a_3 * D'_3$$

$$SN'_3 = -0.17$$

CAPAS	ESPESOR CALCULADO	ESPESOR PLANTEADO	
	en Pulgadas	en Pulgadas	en Cm
Carpeta Asfáltica	4 "	2 "	5.00
Base Granular	3 "	3 "	7.50
Sub base granular	0 "	5.40 "	13.50

**PERO COMO LA BASE GRANULAR Y SUB BASE GRANULAR DEBEN SER
MÍNIMO 15 cm POR EL PROCESO CONSTRUCTIVO tenemos:**

CAPAS	ESPESOR PLANTEADO
	en Cm
Carpeta Asfáltica	5.00
Base Granular	15.00
Sub base granular	15.00



ÁBACOS DE DISEÑO - MÉTODO AASHTO 1993

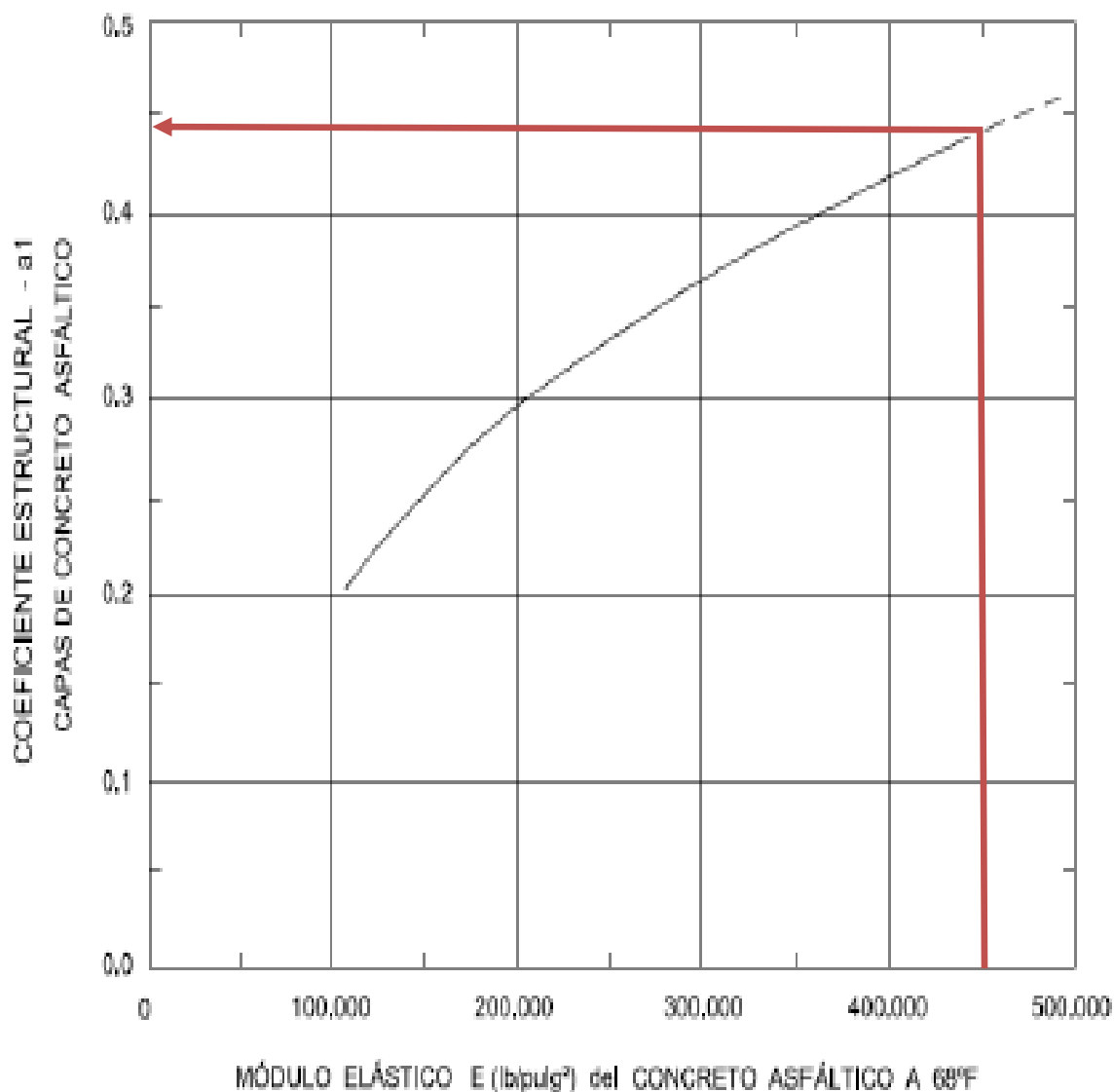
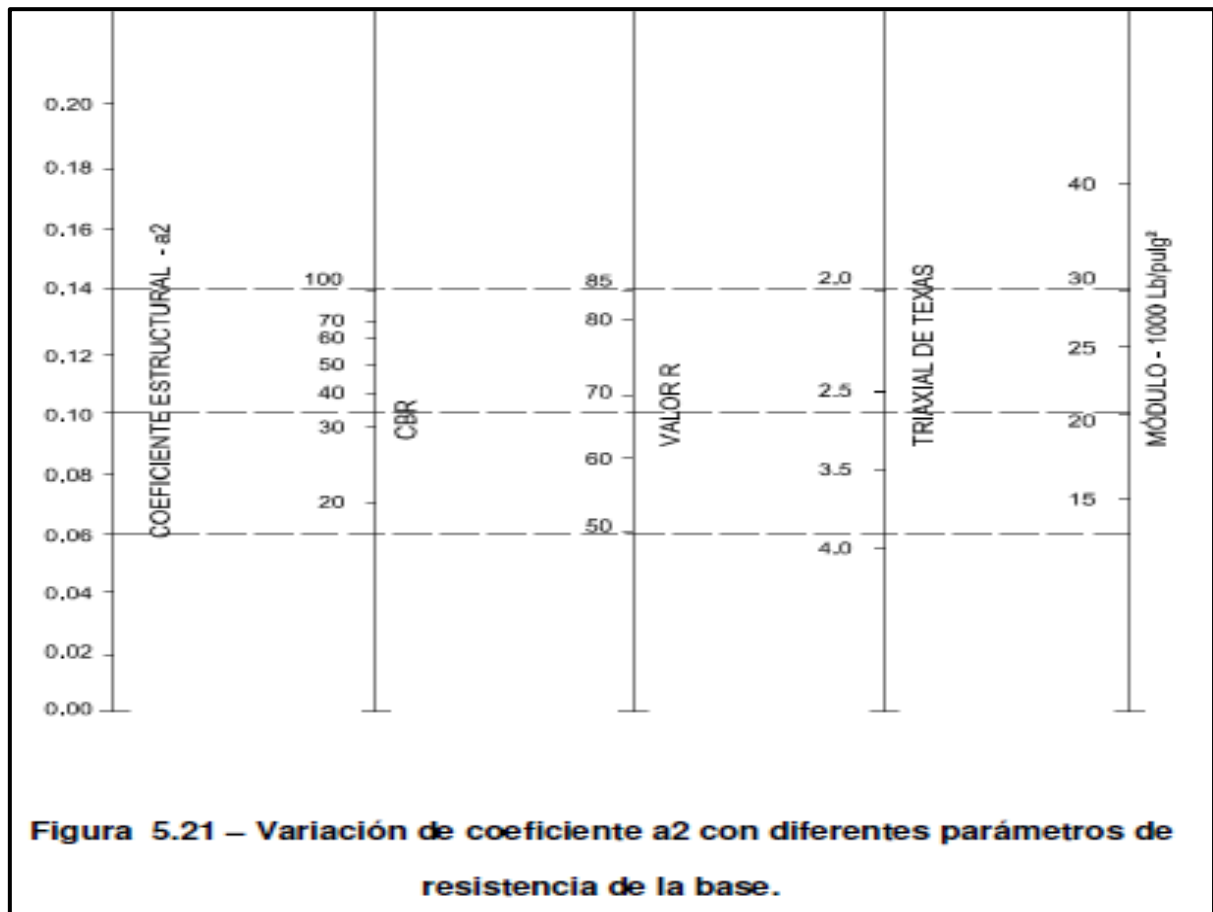
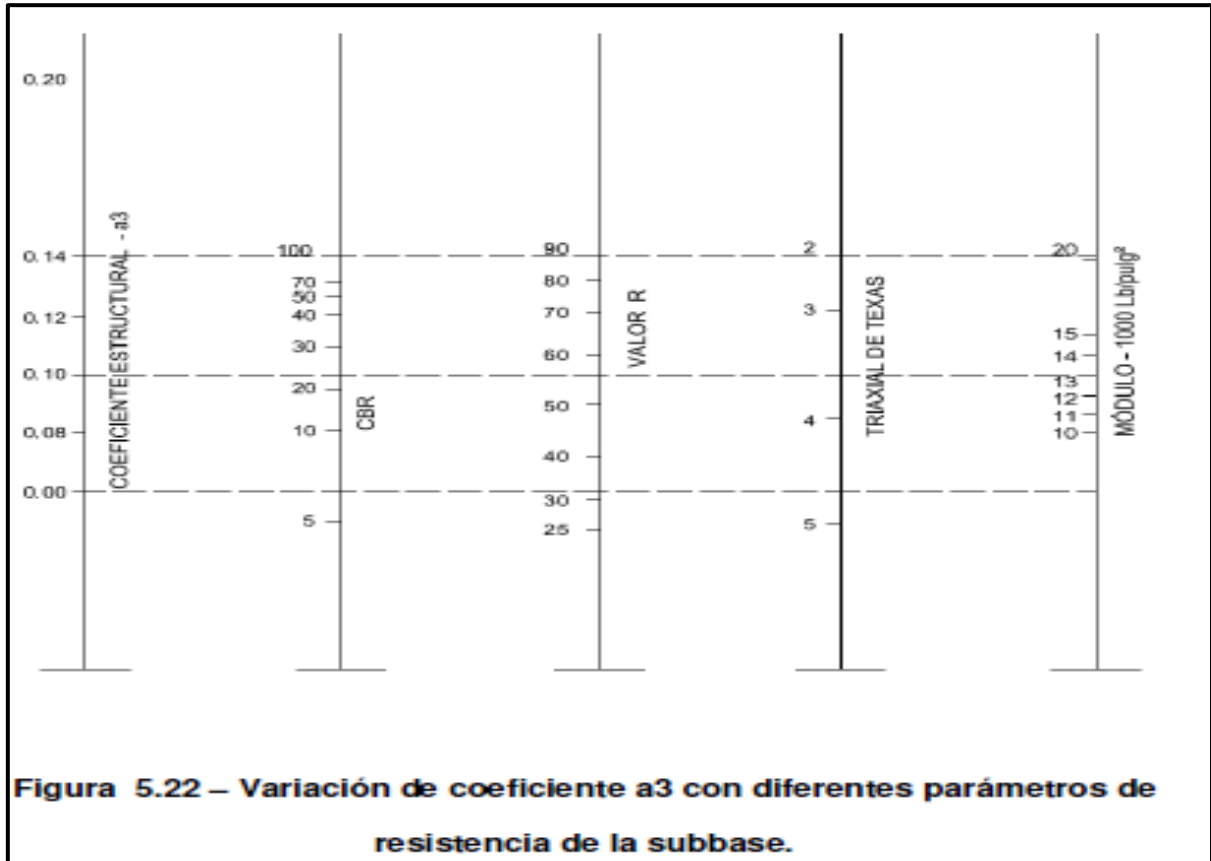


Figura 5.20 – Gráfica para hallar a_1 e función del módulo resiliente del concreto asfáltico.





PROGRAMA PARA EL CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento
☒ Pavimento flexible ☐ Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
 80 % Zr=-0.841 So 0.45

Serviciabilidad inicial y final
 PSI inicial 4.2 PSI final 2

Módulo resiliente de la subrasante
 Mr 15146 psi

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi) Coeficiente de transmisión de carga - (J)

Módulo de rotura del concreto - Sc (psi) Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis
☒ Calcular SN ☐ Calcular W18

W18 = 233813.3140

Número Estructural
 SN = 1.91

Calcular Salir

$$\log_{10}(W_{18}) = Zr * So + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 2.0} \right]}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10}(MR) - 8.07$$

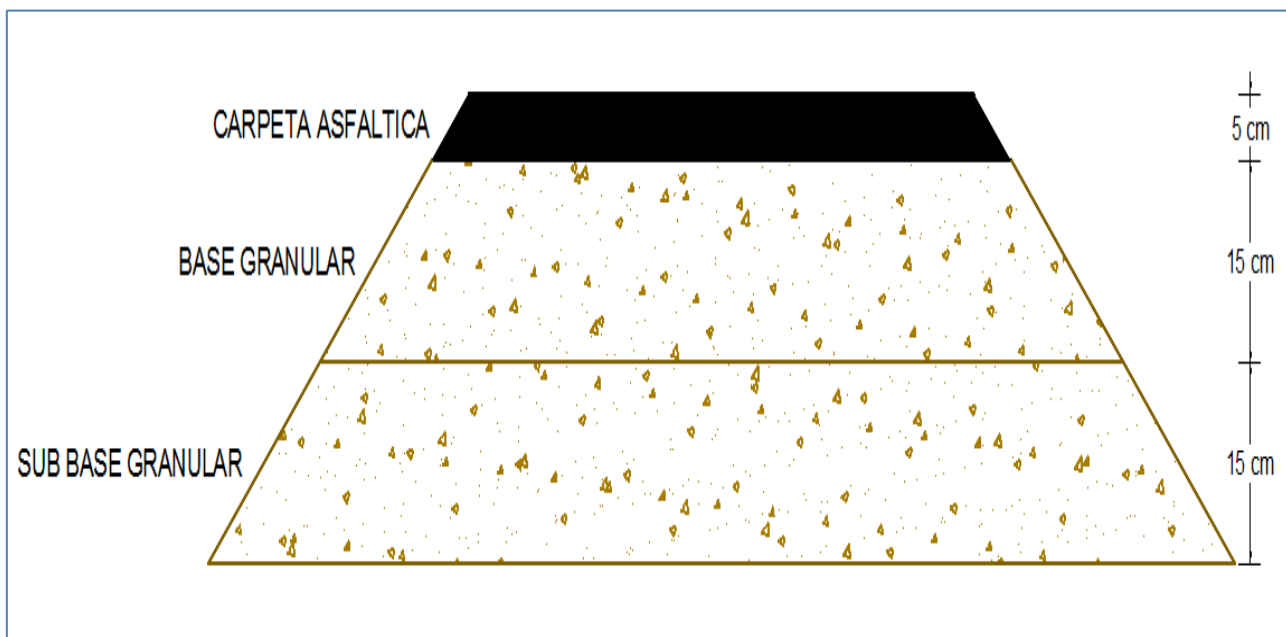
COMPARANDO AMBOS MÉTODOS

CAPAS	INST. ASFALTO	AASHTO - 93
	Espesor (Cm)	Espesor (Cm)
Carpeta Asfáltica	5.00	5.00
Base Granular	15.00	15.00
Sub base granular	15.00	15.00

Ambos métodos nos da como resultado los mismos espesores planteados, tomando como resultado final los siguientes espesores:

CAPAS	ESPESOR (cm)
Carpeta Asfáltica	5.00
Base Granular	15.00
Sub base granular	15.00

ESPESORES DE CARPETA, BASE Y SUB BASE A UTILIZAR





Se concluye que el espesor del pavimento planteado para CBR percentil regirá para todo el tramo.

6.11.4. Mezclas asfálticas - Diseño - Índice de Bitumen:

6.11.4.1. Generalidades

Las mezclas de asfalto generalmente constan de dos componentes: betún (asfalto) y el agregado, que puede ser agregado grueso, agregado fino, relleno o polvo mineral. (Chiroque Nima, 2016)

La granulometría del material pétreo y el porcentaje de asfalto a utilizar deben gestionarse correctamente en la creación de una mezcla asfáltica. Además, los agregados deben estar bien graduados y tener una buena resistencia a la abrasión (menos del 40%, según la prueba de máquina de Los Ángeles). El tipo de asfalto y la combinación a utilizar determinarán la granulometría, la cual debe estar compuesta por material pétreo. (Chiroque Nima, 2016)

La mayoría de los aceites en solución contienen asfalto de forma natural; el crudo se destila para separar sus partes constituyentes y recuperar el asfalto. Procesos similares han tenido lugar en depósitos naturales, donde el asfalto a veces se libera fácilmente de materiales extraños y otras veces se mezcla con proporciones variables de minerales, agua y otras sustancias. (Chiroque Nima, 2016)

"Las rocas porosas saturadas de asfaltos que se encuentran en algunos yacimientos naturales se conocen con el nombre de rocas asfálticas" (Chiroque Nima, 2016)

Debido a que es un aglutinante fuerte, altamente adhesivo, altamente impermeable y duradero, el asfalto es un material de gran interés para los ingenieros. También es una sustancia plástica que permite flexibilidad para manejar las mezclas de áridos con las que se suele utilizar. Aunque es una sustancia sólida o semisólida a temperatura ambiente, puede licuarse rápidamente por la aplicación de calor, por la acción de solventes de variada volatilidad o por emulsificación. También es muy resistente a la mayoría de los ácidos, álcalis y sales. (Chiroque Nima, 2016)



6.11.4.2. Terminología del asfalto

El asfalto se puede utilizar como mitigador de polvo en tratamientos de superficie, como aglutinante de asfalto y como aglutinante para unir las partículas de agregado. Los siguientes tipos de asfalto se utilizan con frecuencia en la pavimentación flexible: (Chiroque Nima, 2016)

- **Asfalto de petróleo**

Asfalto de la destilación del crudo del petróleo (Chiroque Nima, 2016)

- **Asfalto natural (nativa)**

"Asfalto que se da en la naturaleza y que se ha producido a partir de evaporación de las fracciones volátiles; dejando las asfálticas". (Chiroque Nima, 2016)

- **Betún asfáltico (cemento asfáltico o asfalto de penetración)**

"Asfalto refinado para satisfacer las especificaciones establecidas para materiales empleados en pavimentación" (Chiroque Nima, 2016)

- **Asfalto oxidado o soplado (asfalto industrial sólido con solvente: asfalto industrial líquido)**

Para propósitos espaciales particulares, como la producción de materiales para techos, revestimiento de tuberías, inyección debajo de pavimentos de concreto hidráulico, membranas de cerramiento y aplicaciones hidráulicas, se necesita asfalto que haya tenido aire bombeado a través de su masa a una temperatura. (Chiroque Nima, 2016)

- **Asfalto solido o duro (brea dura)**



"Asfalto cuya penetración a temperatura ambiente es menos que 10" (Chiroque Nima, 2016)

- **Asfalto en polvo**

2Asfalto solido o duro (brea dura) machacado o molido hasta un fino estado de subdivisión". (Chiroque Nima, 2016)

- **Asfalto fillerizado**

"Asfalto que contiene materias minerales finamente molidas que pasan por el tamiz n° 200". (Chiroque Nima, 2016)

- **Asfalto líquido**

Materiales hechos de asfalto que son demasiado blandos o fluidos para ser probados mediante la prueba de penetración, que tiene un límite máximo de 300 pies. (Chiroque Nima, 2016)

Son asfaltos líquidos los siguientes productos: (Chiroque Nima, 2016)

Cut - Backs

"Betún asfáltico que ha sido fluidificado mezclándolo con disolvente de petróleo. Entre los **Cut - Backs** tenemos los siguientes": (Chiroque Nima, 2016)

- ✓ **Asfalto curado lento (SC):** asfalto líquido compuesto de betún asfáltico y aceite relativamente poco volátil. (Chiroque Nima, 2016)
- ✓ **Asfalto de curado medio (MC):** asfalto líquido compuesto de betún asfáltico y un disolvente tipo kerosene de volatilidad media. (Chiroque Nima, 2016)
- ✓ **Asfalto de curado rápido (RC):** asfalto líquido compuesto de betún asfáltico y un disolvente tipo nafta o gasolina de volatilidad media. (Chiroque Nima, 2016)
- ✓ **Nomenclatura para los asfaltos líquidos o Cut Backs.**



Cut –Backs de curado rápido: RC-30; RC-70; RC-300

Cut –Backs de curado medio: MC-30; MC-70; MC-300

Cut –Backs de curado lento: SC-30; SC-70; SC-300

Asfalto Emulsificado

Emulsión bituminosa en agua con agentes emulsionantes en pequeñas concentraciones. Dependiendo del tipo de agente emulsionante utilizado, los asfaltos emulsionantes pueden ser catódicos o de amonio. (Chiroque Nima, 2016)

Pintura Asfáltica

"Producto asfáltico líquido que hay veces contiene pequeñas cantidades de otros materiales como negro de humo, polvo de aluminio y de pigmentos minerales" (Chiroque Nima, 2016)

- Gilsonita

Tipo de asfalto duro y quebradizo que se presenta en grietas de rocas o filones de los que se extrae (Chiroque Nima, 2016)

6.11.4.3. Materiales pétreos o agregados para mezclas asfálticas

(Vílchez Montenegro & Vílchez Montenegro, 2015)

Con el fin de crear mezclas para una variedad de usos, se mezclan diferentes tipos de asfalto con áridos o áridos para pavimentos bituminosos. Dado que los agregados normalmente constituyen el 90 % o más de estas mezclas en peso, sus características afectan en gran medida el resultado final. Arena, grava triturada o natural, piedra partida y escoria, así como arena y cargas minerales, son los áridos más utilizados.

"En la construcción de pavimentos asfálticos el control de las propiedades de los áridos es tan importante como en la del asfalto" (Vílchez Montenegro & Vílchez Montenegro, 2015)



El tamiz No. 10 retuvo una fracción de los agregados gruesos. Se compone de piedra triturada O grava natural (grava, grava de río, grava de mina, etc.). El pavimento utiliza agregados de menos de una pulgada de espesor. (Vílchez Montenegro & Vílchez Montenegro, 2015)

"Agregado fino, porción que pasa por el tamiz N° 10 y queda retenido en el tamiz N°200; puede ser arena natural (arena de duna, lago, etc.) o artificiales (chancado de grava o piedra)" (Vílchez Montenegro & Vílchez Montenegro, 2015)

El relleno o carga mineral, puede ser roca finamente pulverizada, cemento Portland u otros materiales naturales o artificiales triturados. La mayor parte pasa por el filtro No. 200. En mezclas calentadas, se emplea.(Vílchez Montenegro & Vílchez Montenegro, 2015)

"Áridos graduados con una amplia distribución de tamaños de los más gruesos a los más finos, siendo el tamaño mayor mucho más grande que el pequeño" (Vílchez Montenegro & Vílchez Montenegro, 2015)

Requisitos que deben cumplir los materiales pétreos

- "No deben emplearse agregados pétreos que contengan materia orgánica en forma perjudicial o arcilla en grumos" (Vílchez Montenegro & Vílchez Montenegro, 2015)
- "No deben tener más del 20% de fragmentos suaves" (Vílchez Montenegro & Vílchez Montenegro, 2015)
- "Los agregados pétreos deben emplearse de preferencia seca o cuanto mucho con una humedad igual a la de absorción de este material. En caso contrario debe emplearse un adicionamiento en el asfalto" (Vílchez Montenegro & Vílchez Montenegro, 2015)
- "El tamaño máximo del agregado no será mayor de 2/3 partes de la carpeta asfáltica" (Vílchez Montenegro & Vílchez Montenegro, 2015)



- "El desgaste determinado con la máquina "Los Ángeles" no debe ser mayor de 40%" (Vílchez Montenegro & Vílchez Montenegro, 2015)
- "La absorción del material pétreo no debe ser mayor del 5%" (Vílchez Montenegro & Vílchez Montenegro, 2015)
- "El material pétreo deberá tener una adherencia con el asfalto" (Vílchez Montenegro & Vílchez Montenegro, 2015)
- "El agregado deberá cumplir con requisitos de granulometría de acuerdo al siguiente cuadro" (Vílchez Montenegro & Vílchez Montenegro, 2015)

**EXIGENCIAS PARA LOS AGREGADOS DE CARPETAS ASFÁLTICAS
COMÚNMENTE USADOS**

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA		
	ASFALTO EN FRÍO		ASFALTO EN CALIENTE
	ESPESOR = 1"	ESPESOR= 2"	ESPESOR =2"
1"	100	100	100
3/4"	95-100	-	80-100
1/2"	75-90	75-90	-
3/8"	67-85	-	60-80
N°04	50-65	50-70	48-65
N° 08	-	-	-
N° 10	-	35-50	35-50
N° 16	-	-	-
N° 40	15-25	20-30	-
N° 50	-	-	13-23
N° 100	-	-	-
N° 200	3-5	0-3	2-8

- **Combinación De Los Áridos Para Producir Una Granulometría Determinada**



Con frecuencia es importante mezclar una variedad de tipos de agregados cuando se proyectan mezclas asfálticas para lograr una granulometría específica. Ejemplos de combinaciones típicas de agregados son los agregados estabilizados y los cimientos de concreto asfáltico. (Ramos Fernandez, 2017)

(Ramos Fernandez, 2017)

Dependiendo de la disponibilidad, se deben utilizar de dos a cinco materiales diferentes para lograr la granulometría correcta. Si los agregados utilizados pueden producir tal combinación, la proporción necesaria para que cada material genere una granulometría particular se calcula una vez que se determina la granulometría de los materiales. Es preferible producir una granulometría al crear estas combinaciones que sea lo más cercana posible al tamaño de las limitaciones especificadas.

Debido a esto, es muy importante que los ingenieros cuenten con un método que sea rápido, simple y que tenga la precisión y aproximación adecuadas para producir una granulometría balanceada. Obviamente, existen varias composiciones que producirán buenos resultados, pero una será menos costosa porque utilizará la menor cantidad de asfalto, que es el ingrediente más costoso. (Ramos Fernandez, 2017)

6.11.4.4. Pavimentos asfálticos

"Los pavimentos asfálticos son combinados de agregados minerales y material asfáltico de varios espesores y tipos" (Ramos Fernandez, 2017)

"La carga de las ruedas para las que un pavimento se proyecta, determina el espesor del mismo y el tipo de construcción a emplearse" (Ramos Fernandez, 2017)

La carga se transmite a través de los agregados, independientemente del espesor o estilo de los pavimentos asfálticos; el asfalto solo actúa como agente cementante para fijar los agregados en las posiciones correctas para transmitir las cargas correctas y se aplica a las cargas más bajas donde la carga finalmente se disipa. (Ramos Fernandez, 2017)



- Clasificación

Los diversos tipos de pavimentos asfálticos flexibles se dividen en dos amplios grupos, con variadas subdivisiones para cada uno de ellos. (Ramos Fernandez, 2017)

Clase I: mezcla en planta

- a. Hormigón asfáltico en caliente.
- b. Hormigón asfáltico en frío.
- c. Mezcla en carreteras y en planta móvil.

Clase II: sistema de penetración y estratificación

- a. Tratamiento asfáltico superficial, incluyendo riegos de sellados.
- b. Tratamiento superficial multicapa
- c. Macadam Asfáltico.

"La clase I incluye todos los pavimentos asfálticos en el que los áridos se envuelven en asfalto y mezclado mecánico" (Ramos Fernandez, 2017)

Todos los pavimentos que se construyen colocando asfalto y agregados en varios tiempos o en varios espesores se clasifican como Clase II. Son sistemas en capas, pero solo en el sentido de que se usaron diferentes capas para construirlos. Es posible utilizar estos pavimentos tanto para tráfico ligero como pesado. (Ramos Fernandez, 2017)



En el presente proyecto, el pavimento asfáltico es de clase I específicamente HORMIGÓN ASFÁLTICO EN FRIO.

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA

A. Material pétreo o agregado

Para la elaboración de la mezcla asfáltica se tomó en consideración el material de la cantera cercana al río Cascajal. Del examen mecánico por tamizado se descubrió que era necesario modificar la combinación natural de los agregados, por lo que se aplicó el método del triángulo. (CASTOPE CAMACHO, 2017)

El proceso es sencillo porque sólo se requiere conocer el porcentaje retenido-acumulado en luz de malla No. 10 y el porcentaje que pasa la luz de malla No. 200, quedando cualquier material representado por un punto y las especificaciones por un cuadrilátero. Como resultado, la piedra, la arena y las especificaciones estarán todas representadas en el triángulo. (CASTOPE CAMACHO, 2017)

ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO DE LA CANTERA RIO CASCAJAL

TIPO DE MATERIAL		NATURAL			AGREGADO GRUESO O PIEDRA			AGREGADO FINO O ARENA		
P. ORIGINAL		5030.00			1817.12			2982.84		
PERD. LAVADO		230.04			0.00			0.00		
P. TAMIZADO		4799.96			1817.12			2982.84		
ABERT. MALLA		PESO			PESO			PESO		
Pulg.	mm	gr	% RET	%PASA	gr	% RET	%PASA	gr	% RET	%PASA
3"	75	0	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00		0.00	100
2"	50	0	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00		0.00	100.00
1 1/2"	38.1	0	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00		0.00	100.00
1"	25	0	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00		0.00	100.00
3/4"	19	496.14	9.86	90.14	496.14	27.30	72.70		0.00	100.00
1/2"	12.5	430.25	8.55	81.58	430.25	23.68	49.02		0.00	100.00



3/8"	9.5	652.27	12.97	68.62	652.27	35.90	13.12		0.00	100.00
Nº 4	4.75	238.46	4.74	63.87	238.46	13.12	0.00		0.00	100.00
Nº 10	2	762.05	15.15	48.72		0.00	0.00	762.05	25.55	74.46
Nº 20	0.85	615.47	12.24	36.49		0.00	0.00	615.47	20.63	53.83
Nº 40	0.425	498.37	9.91	26.58		0.00	0.00	498.37	16.71	37.12
Nº 50	0.3	264.15	5.25	21.33		0.00	0.00	264.15	8.86	28.26
Nº 100	0.15	582.43	11.58	9.75		0.00	0.00	582.43	19.53	8.73
Nº 200	0.074	125.24	2.49	7.26		0.00	0.00	125.24	4.20	4.53
PLATILLO		135.13	7.26	0.00	0.00	0.00		135.13	4.53	
SUMATORIA PLAT.		135.13			0.00			135.13		
SUMA TOTAL		4799.96			1817.12	100.00		2982.84	100.00	

Del agregado de la cantera se tiene:

	PIEDRA	ARENA
Material grueso retenido en la malla nº 10	100 %	25.55%
Limo y arcilla que pasa la malla Nº 200	0.00%	4.53%

De las especificaciones para carpeta asfáltica en Frío de espesor 2"

	PIEDRA	ARENA
Material grueso retenido en la malla nº 10	65%	50%
Limo y arcilla que pasa la malla Nº 200	0%	3%

"Se observa que los agregados a utilizar no cumplen las especificaciones de granulometría por lo tanto se decide calcular las proporciones de mezcla" (Ramos Fernandez, 2017)

EN EL TRIÁNGULO EQUILÁTERO:

a) **MALLA Nº 10:** % retenido acumulado

Piedra : 100%

Arena : 25.54%



b) MALLA N° 200: % que pasa

Piedra : 0%

Arena : 4.53%

Los puntos A y B quedan determinados por:

A (100,0) y B (25.54, 4.53)

Las especificaciones quedan determinadas en el triángulo, por cuatro líneas:

Material grueso: 50% y 65% y Limo Arcilla: 0% y 3% (Ramos Fernandez, 2017)

En el gráfico se muestra el triángulo equilátero donde se une el punto **A** con el punto **B**, se toma un punto **M** que queda dentro del cuadrilátero de las especificaciones, donde: (Ramos Fernandez, 2017)

\overline{AM} : % de arena

\overline{BM} : % de piedra

Si:

$$\overline{AMB} = 72.33 \text{ m}$$

$$\overline{AM} = 41.77 \text{ m}$$

$$\overline{BM} = 30.56 \text{ m}$$

Luego:

$$\text{PIEDRA} = \frac{\overline{BM}}{\overline{AMB}} \times 100$$

$$\text{PIEDRA} = \frac{30.56}{72.33} \times 100 = 42.25 \% = 42.00\%$$

$$\text{ARENA} = \frac{\overline{AM}}{\overline{AMB}} \times 100$$

$$\text{ARENA} = \frac{41.77}{72.33} \times 100 = 57.75\% = 58.00\%$$



Entonces: {

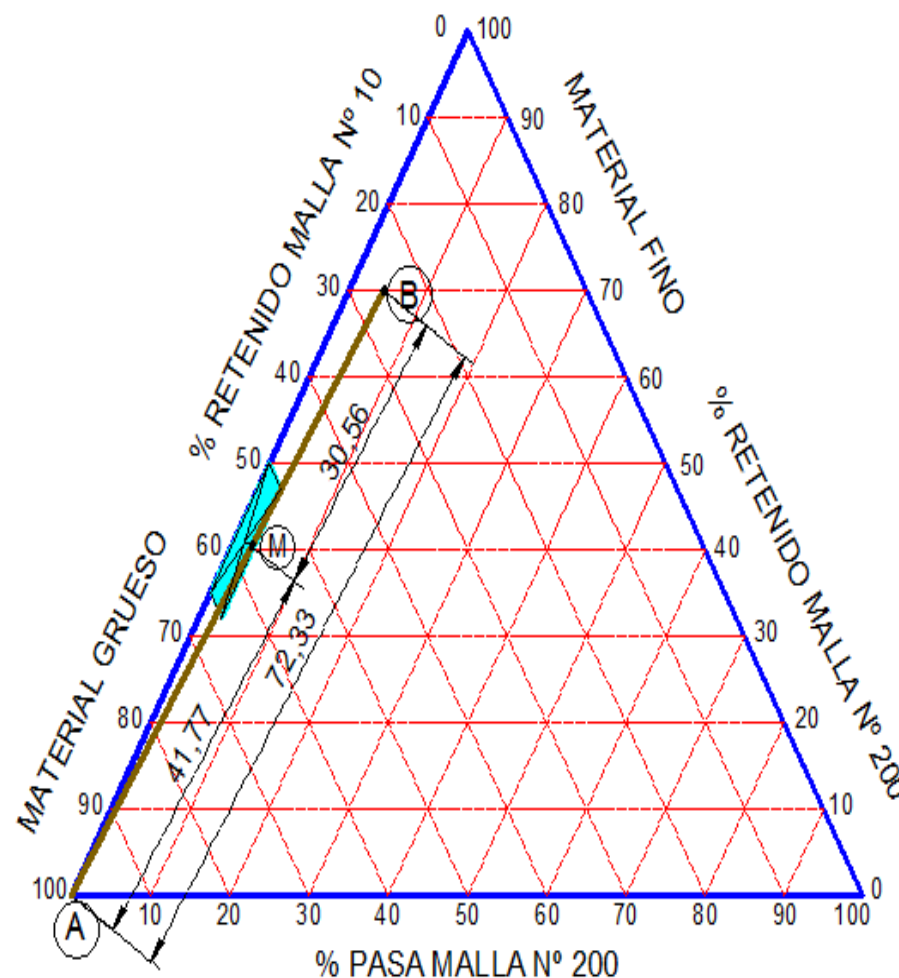
- PIEDRA = 42.00%
- ARENA = 58.00%

En la tabla se efectúa la verificación de los porcentajes de agregados en la mezcla.

VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LAS ESPECIFICACIONES PARA LA MEZCLA PLANTEADA

MALLA O TAMIZ	PIEDRA % RETENIDO	ARENA % RETENIDO	42% DE PIEDRA	58% DE ARENA	% RETENIDO EN MEZCLA	% QUE PASA	% QUE PASA ESPECIFICACIONES
1 1/2"						100.00	
1"	0.00		0.00		0.00	100.00	100.00
3/4"	27.30		11.47		11.47	88.53	
1/2"	23.68		9.94		9.94	78.59	75 - 90
3/8"	35.90		15.08		15.08	63.51	
Nº 4	13.12		5.51		5.51	58.00	50 - 70
Nº 10	0.00	25.55		14.82	14.82	43.18	35 - 50
Nº 20	0.00	20.63		11.97	11.97	31.21	
Nº 40	0.00	16.71		9.69	9.69	21.52	20 - 30
Nº 50	0.00	8.86		5.14	5.14	16.39	
Nº 100	0.00	19.53		11.33	11.33	5.06	
Nº 200	0.00	4.20		2.44	2.44	2.63	0 - 3
PLATILLO	0.00	4.53		2.63	2.63	0.00	
Σ	100.00	100.00			100.00		

METODO DEL TRIANGULO EQUILATERO PARA OPTENER UNA MEZCLA DE AGREDOS DESEADA



DATOS:

A = (100.00% , 0.00%)

B = (25.54% , 4.53%)

M = (57.50% , 1.50%)

RESULTADOS:

AMB = 72.33m

AM = 41.77m

BM = 30.56m



$$\%CA = \frac{25.76 * 0.0015 * 2.65}{2.57} * 100 = 3.98\%$$

Para MC - 30 con 20% de solvente (certificado de calidad), de carpeta asfáltica en Frío.

$$MC - 30 = 3.98 / 0.80 = 4.98\%$$

ENTONCES SE CONSIDERA:

Material Pétreo: se tomara el 95.02% en peso

Asfalto MC - 30: se tomara el 4.98%, sumado ambos da el 100%.

B. Cálculo del volumen absoluto de la mezcla asfáltica

Empleando la siguiente fórmula:

$$VOLUMEN\ ABSOLUTO = \frac{P}{S\gamma_w}$$

Donde:

P= peso de cada uno de los componentes de la mezcla

S= peso específico

γ_w = densidad del agua

Por facilidad de uso, se elige una mezcla con un peso de 100 kg; esto quiere decir que el material pétreo pesará el 95,02% del total y el asfalto el 5,98%. Además, se cree que cuando se tritura o se enrolla una combinación, se obtendrá una mezcla sin huecos. (CASTOPE CAMACHO, 2017)

"El volumen absoluto de la mezcla será la suma de los volúmenes absolutos de cada uno de sus componentes" (CASTOPE CAMACHO, 2017)

AGREGADO GRUESO	: 0.42*(95.02) = 39.91%
AGREGADO FINO	: 0.58*(95.02) = 55.11%
ASFALTO	: 4.98%



TOTAL : 100%

VOLUMEN ABSOLUTO PARA 100 KG MEZCLA

VOLUMEN DEL AG = $39.91/2.68$ = 0.01489 m³

VOLUMEN DEL AF = $55.11/2.50$ = 0.02204 m³

VOLUMEN DEL ASFALTO = $4.98/1$ = 0.00498 m³

VOLUMEN ABSOLUTO DE LA MEZCLA = 0.0419 m³

Este número indicará el volumen teórico, libre de vacíos, de una mezcla bien compactada de 100 kilogramos. La cantidad requerida de materiales componentes ahora se determinará en kilogramos. se debe obtener un m³ de mezcla asfáltica (Ramos Fernandez, 2017)

AGREGADO GRUESO	: $39.91/0.0419$	= 952.51Kg/m ³
AGREGADO FINO	: $55.11/0.0419$	= 1315.27 Kg/m ³
ASFALTO	: $4.98/0.0419$	= 118.85 Kg/m ³
TOTAL		= 2386.63 Kg/m³

El valor calculado previamente representa su peso unitario teórico o densidad, pero de hecho, incluso las mejores mezclas laminadas no pueden alcanzar este valor. Por lo tanto, se elige 2200 Kg/m³ como el valor más alto posible, y luego se ajustan los pesos previamente descubiertos. (Ramos Fernandez, 2017)

AGREGADO GRUESO:	$952.51 \cdot 2200/2386.63$	= 878.03 Kg/m ³
AGREGADO FINO	: $1315.27 \cdot 2200/2386.63$	= 1212.41 Kg/m ³
ASFALTO	: $118.85 \cdot 2200/2386.63$	= 109.56 Kg/m ³
TOTAL		= 2200 Kg/m³

C. Cálculo en peso de cada componente en m² de mezcla asfáltica

Se multiplica en primer lugar, por el espesor de la carpeta asfáltica planteada (2"= 5cm) a los pesos específicos corregidos en el paso anterior.

AGREGADO GRUESO:	$878.03 \cdot 0.05$	= 43.90 Kg/m ²
AGREGADO FINO	: $1212.41 \cdot 0.05$	= 60.62 Kg/m ²



ASFALTO : $109.56 \times 0.05 = 5.48 \text{ Kg/m}^2$ (1.45 gal/m²)

(1 GALÓN AMERICANO= 3.785 lt.)

D. Materiales en volumen por m² de carpeta asfáltica

AGREGADO GRUESO: $43.90/1450 = 0.030 \text{ m}^3/\text{m}^2$

AGREGADO FINO : $60.62/1390 = 0.044 \text{ m}^3/\text{m}^2$

ASFALTO : $5.48/1000 = 0.00548 \text{ m}^3/\text{m}^2$

TOTAL = 0.07947 m³/m²

Especificaciones generales para las carpetas asfálticas:

"Se trata de una mezcla de agregado mineral (agregado grueso y agregado fino) y asfalto líquido" (CREATIVE COMMONS, 2015)

- Agregado grueso

La parte del agregado retenida en el tamiz No. 10 será el agregado grueso. Debe estar libre de materia biológica y otros materiales peligrosos que estén libres o adheridos al agregado, y debe estar compuesto por pedazos resistentes de piedra triturada, limpia y de calidad uniforme. (CREATIVE COMMONS, 2015)

(CREATIVE COMMONS, 2015)

Cuando se someta al ensayo "LOS NGELES", la piedra de la que se extraerá el árido deberá tener una abrasión no superior a 40, y deberá haber sido triturada de manera que al menos el 90% de sus partículas tengan la cara aplastada. No se aceptarán piezas planas o largas. El porcentaje máximo de pérdida será del 12 % cuando se utilice sulfato de sodio para probar la durabilidad.

El porcentaje mantenido debe ser superior al 95% cuando se ensaya con el método de ensayo propuesto para revestimientos y desprendimientos en mezclas de betunes y áridos. De lo contrario, se debe utilizar una mezcla que haya sido autorizada por el ingeniero supervisor. (CREATIVE COMMONS, 2015)



La materia orgánica, los terrones de arcilla, las partículas de arcilla adheridas y otras sustancias que puedan inhibir la impregnación completa en el producto bituminoso deben estar ausentes del material. (CREATIVE COMMONS, 2015)

- **Agregado fino**

Será la fracción del agregado que pasa por el tamiz de malla No. 10 y se mantiene en el tamiz de malla No. 200, y estará hecho de tamices duraderos, de arena o piedra naturales y libres de arcilla u otros elementos dañinos. (CREATIVE COMMONS, 2015)

"El porcentaje de pérdida en la prueba de durabilidad al sulfato de sodio después de 5 ciclos no será mayor del 15%" (CREATIVE COMMONS, 2015)

- **Asfalto líquido MC-30**

El asfalto líquido de rápido medio (MC-30) deberá cumplir con las siguientes condiciones: (CREATIVE COMMONS, 2015)

Pruebas de material asfáltico

Punto de inflamación (capa abierta de Tag), °C mínimo	27
Viscosidad Saybolt- Furol: a 60°C, segundos	250-500
Destilación: % del total destilado a 360°C hasta 45°C, mínimo	25
Residuo de la destilación a 360°C	
% del volumen total por diferencia mínimo	73
Agua por destilación: % máx.	0.20

Pruebas al residuo a la destilación

Penetración grados	80 – 120
Ductilidad en centímetros	100
Solubilidad en tetra cloruro de carbono: %min.	99.5

El asfalto líquido MC-30 estará libre de agua y no mostrará separación o grumos antes de usarse.

Cuando se dosifica adecuadamente, la graduación de cada componente dará como resultado una mezcla que se ajuste a los límites de graduación que se muestran en la siguiente tabla: (CREATIVE COMMONS, 2015)

REQUISITOS DE GRANULOMETRÍA PARA AGREGADO MINERAL MEZCLADO

TAMAÑO DE LA MALLA (ABERTURA CUADRADA)	ASFALTO EN FRÍO
	AGREGADO COMBINADO TOTAL QUE PASA PARA EL PORCENTAJE
1"	100
1/2"	75-90
N°04	50-70
N° 10	35-50
N° 40	20-30
N° 200	0-3
ESPESOR DE LA CARPETA	2"

El ingeniero supervisor especificará y aprobará la mezcla sujeta a las siguientes condiciones:

- ✓ Estará entre los límites de gradación de tipo especificado (CREATIVE COMMONS, 2015)
- ✓ La gradación de la mezcla se aproximará lo más posible al término medio del % que pasa por cada tamaño del tamiz del tipo de mezcla seleccionada. (CREATIVE COMMONS, 2015)
- ✓ La mezcla al ser compactada por métodos del laboratorio tendrá una densidad no menor del 95% de la densidad calculada de una mezcla sin vacíos compuestos de materiales similares en iguales proporciones. (CREATIVE COMMONS, 2015)



El ingeniero supervisor debe aprobar la fórmula de trabajo documentada del contratista, la cual debe especificar % de agregado bituminoso, grueso y fino. Ante la presentación de una nueva fórmula de trabajo, el ingeniero deberá aprobar cualquier cambio en la fuente de suministro de los materiales. (CREATIVE COMMONS, 2015)

RESULTADO DE ENSAYOS EN LABORATORIO DE PAVIMENTOS

Kilometraje		0 + 010	1 + 015	3 + 010	5 + 010
Próctor Modificado	Humedad óptima (gr/cm3)	6.57	7.47	6.12	9.75
	Densidad Seca %	2.13	2.12	2.23	1.95
CBR	95% para 1"	45.98	46.22	18.48	5.98

Kilometraje		7 + 010	8 + 015	10 + 010	12 + 020
Próctor Modificado	Humedad óptima (gr/cm3)	11.96	15.37	9.83	7.06
	Densidad Seca %	1.93	1.85	1.85	2.18
CBR	95% para 1"	6.80	6.56	6.68	49.57

Kilometraje		14 + 025	16 + 005	17 + 321
Próctor Modificado	Humedad óptima (gr/cm3)	9.93	5.76	10.20
	Densidad Seca %	2.08	2.23	2.01
CBR	95% para 1"	37.58	18.77	18.22



CAPITULO VII

ESTUDIOS HIDRÁULICOS





1. Ubicar la ruta lo más alejada posible de lugares húmedos o pantanosos, zonas de deslizamientos significativos, áreas con torrentes esporádicos, áreas con corrientes de agua subterránea, áreas inestables y/o fuertes pendientes. (Horna Vigil, 2015)
 2. Evite en lo posible la proximidad de embalses y cursos de agua actuales, ya sean naturales o artificiales, especialmente si pueden contribuir a la erosión de la plataforma de la carretera. (Horna Vigil, 2015)
- b. En la etapa de diseño del sistema de drenaje; (Horna Vigil, 2015)
1. Mantener al máximo en los taludes, la vegetación natural existente. (Horna Vigil, 2015)
 2. No afectar o reconstruir, perfeccionando, el drenaje natural del territorio (cursos de agua). (Horna Vigil, 2015)
 3. Canalizar el agua superficial proveniente de lluvias sobre la explanación de la carretera hacia cursos de agua existentes fuera de la carretera evitando que tenga velocidad erosiva. (Horna Vigil, 2015)
 4. Bajar la napa freática de aguas subterráneas a niveles que no afecten la carretera. (Horna Vigil, 2015)
 5. Proteger la carretera contra la erosión de las aguas. (Horna Vigil, 2015)

La aplicación de estos criterios lleva al diseño de soluciones de ingeniería que, por su naturaleza, se agrupan en la forma siguiente:

- Drenaje superficial.
- Drenaje subterráneo.

13.2. DRENAJE SUPERFICIAL

13.2.1. Consideraciones Generales

a) Finalidad del Drenaje Superficial



El objetivo del drenaje superficial es desviar el agua de las carreteras para que no comprometa su estabilidad, resistencia o uso.

Para evitar la destrucción total o parcial de una carretera y disminuir los efectos ambientales desfavorables causados por el cambio de escorrentía a lo largo de ella, es crucial un drenaje adecuado.

El drenaje superficial comprende:

La recolección de las aguas procedentes de la plataforma y sus taludes.

La evacuación de las aguas recolectadas hacia cauces naturales

La restitución de la continuidad de los cauces naturales interceptados por la carretera.

b) Criterios Funcionales

Los elementos del drenaje superficial se elegirán teniendo en cuenta criterios funcionales, según se mencionan a continuación:

- Las soluciones técnicas disponibles
- La facilidad de su obtención y así como los costos de construcción y mantenimiento.
- Los daños que eventualmente producirán los caudales de agua correspondiente al PERÍODO de retorno, es decir los máximos del PERÍODO de diseño.

Para que pase el caudal de diseño, el cual se seleccionó en base al PERÍODO de retorno y teniendo en cuenta la posibilidad de obstrucción de los elementos de drenaje, se deben cumplir los siguientes requisitos:

- En los elementos de drenaje superficial, la velocidad del agua será tal que no se produzca daños por erosión ni por sedimentación.
- El máximo nivel de la lámina de agua dentro de una alcantarilla será tal que siempre se mantenga un borde libre no menor de 0.10 m.

c) Período de Retorno

La decisión sobre el caudal de diseño que se debe proyectar para un elemento de drenaje superficial se basa en la probabilidad o el riesgo de que este caudal se supere durante el período de tiempo para el que se planifica la vía. (CASTOPE CAMACHO, 2017)

En general, se toleran mayores riesgos cuando la probabilidad de que se produzcan daños, ante un caudal superior a los caudales de diseño, es menor. Por el contrario, cuando la probabilidad de que ocurran daños es mayor, los riesgos aceptables deben ser muy modestos. (Horna Vigil, 2015)

La frecuencia histórica de su ocurrencia o el período de retorno están relacionados con el riesgo o posibilidad de exceder un caudal en un período de años. (Horna Vigil, 2015)

Los valores de riesgo de exceder el caudal de diseño a lo largo de la vida útil del elemento de drenaje para varios periodos de retorno se muestran en la tabla adjunta. (Horna Vigil, 2015)

RIESGO DE EXCEDENCIA (%) DURANTE LA VIDA ÚTIL PARA DIVERSOS PERIODOS DE RETORNO

Período de retorno (años)	Años de vida útil				
	10	20	25	50	100
10	65.13%	87.84%	92.82%	99.48%	99.99%
15	49.84%	74.84%	82.18%	96.82%	99.90%
20	40.13%	64.15%	72.26%	92.31%	99.41%
25	33.52%	55.80%	63.96%	87.01%	98.31%
50	18.29%	33.24%	39.65%	63.58%	86.74%
100	9.56%	18.21%	22.22%	39.50%	63.40%
500	1.98%	3.92%	4.88%	9.3%	18.14%
1000	1.00%	1.98%	2.47%	4.88%	9.52%



10000	0.10%	0.20%	0.25%	0.50%	0.75%
-------	-------	-------	-------	-------	-------

Para zanjas y alcantarillas de alivio, se recomienda adoptar periodos de retorno de al menos 10 años. El período de retorno sugerido para las alcantarillas pasantes es de 50 años. (Horna Vigil, 2015)

El Período de Retorno no será inferior a 100 años para pantalanos y puentes. El Período de Retorno puede ser de 500 años o más cuando se anticipa que pueden resultar daños catastróficos por exceder los flujos de diseño. (Horna Vigil, 2015)

En el siguiente cuadro, se indican Periodos de retorno aconsejables según el tipo de obra de drenaje.

PERÍODOS DE RETORNO PARA DISEÑO DE OBRAS DE DRENAJE EN CAMINOS DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO

TIPO DE OBRA	Periodo de Retorno en años
Puentes y pontones	100 (mínimo)
Alcantarillas de paso y badenes	50
Alcantarilla de alivio	10 – 20
Drenaje de la plataforma	10

d) Riesgos de Obstrucción

La obstrucción de los elementos de drenaje superficial por cuerpos arrastrados por el río puede alterar su funcionamiento.

Debido a la presencia de objetos flotantes y/o sedimentación del material entregado por el agua, el riesgo es particularmente mayor en sumideros y colectores enterrados entre los componentes del drenaje superficial de la plataforma. Para evitarlo se requiere un diseño adecuado, cierto sobredimensionamiento y una conservación y mantenimiento eficientes.

Se pueden utilizar las siguientes categorías para categorizar el peligro de obstrucción de las obras de drenaje transversal (alcantarillas de flujo natural), que es causado principalmente por la vegetación arrastrada por el río, dependiendo de las características de los cauces y zonas de inundación:

- **Riesgo Alto:** Existe peligro de que la corriente arrastre árboles y rocas u objetos de tamaño parecido.
- **Riesgo Medio:** Pueden ser arrastradas cañas, arbustos ramas y objetos de dimensiones similares en cantidades importantes.
- **Riesgo Bajo:** No es previsible el arrastre de objetos de tamaño en cantidad suficiente como para obstruir el desagüe.

Si el riesgo es alto, se debe cuidar que las obras de drenaje transversal no se realicen en tramos completos, dejando un borde libre entre la cubierta del elemento y el nivel superior del espejo de agua para el nivel máximo de agua, con un abrigo mínimo de 1,5 m, mantenida en un ancho de al menos 12 m.

Los números antes mencionados podrían reducirse a la mitad si el peligro fuera moderado. Si no se cumplen estos parámetros, es necesario tener en cuenta la sobreelevación del nivel del agua que podría resultar en un bloqueo y reducir la sección de drenaje teórica en los cálculos.

Además, podrá crear aparatos para mantener el material flotante río arriba y lo suficientemente lejos. Esto siempre que se asegure un mantenimiento adecuado.

13.3. CAUDAL DE ESCORRENTÍA

Para el cálculo del caudal de escorrentía, existen varios métodos entre los cuales se mencionan: (Ramos Fernandez, 2017)

13.3.1. Métodos Racionales

13.3.1.1. Método Racional

Consiste en emplear una fórmula que indica que el gasto es igual a un porcentaje de la precipitación pluvial multiplicada por el área tributaria, y se expresa así: (Ramos Fernandez, 2017)

$$Q = 27.52C I A$$

Siendo:

Q = Gasto en litros por Segundo

C= Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad de la precipitación, correspondiente al tiempo de concentración, en centímetros por hora.

A = Área a drenar en hectáreas.

Esta fórmula está basada en ciertas hipótesis como:

- “La proporción del escurrimiento resultante, de cualquier intensidad de lluvia, es un máximo cuando esta intensidad de lluvia dura al menos tanto como el tiempo de concentración” (Ramos Fernandez, 2017)
- “El máximo escurrimiento resultante de una intensidad de lluvia con duración igual o mayor que el tiempo de concentración es una fracción de esa precipitación: o sea que se supone una relación lineal entre Q e I, dando como consecuencia que Q sea igual a cero cuando I sea igual a cero” (Ramos Fernandez, 2017)
- “El coeficiente de escorrentía es el mismo para todas las lluvias en una cuenca dada y para lluvias de diversas frecuencias² (Ramos Fernandez, 2017)
- “La relación entre máxima descarga y tamaño del área de drenaje es la misma que la relación entre duración e intensidad de precipitación” (Ramos Fernandez, 2017)

Como puede verse, la técnica racional supone que el caudal es el mismo, por lo que no tiene en cuenta las diferencias en la intensidad de las lluvias en la región a lo largo



del período de concentración ni el impacto del almacenamiento en la cuenca que se necesita drenar restando toda la retención de la cuenca, a la precipitación. (Ramos Fernandez, 2017)

"La fórmula del método racional siempre sobrestima el escurrimiento, con errores apreciables a crecer el tamaño del área a drenar". (Ramos Fernandez, 2017)

"La aplicación del mismo deberá circunscribirse a áreas de drenaje relativamente pequeñas, hasta 200 acres (104 Has) conforme a la F.H.A. (Federal Highway Administration)" (Ramos Fernandez, 2017)

COEFICIENTES DE ESCURRIMIENTO QUE SE UTILIZAN EN EL MÉTODO RACIONAL

TIPO DE ÁREA DE DRENAJE	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO
Pavimentación de concreto bituminoso	0.80-0.90
Caminos de grava textura abierta	0.40-0.60
Tierra desnuda	0.20-0.80
Praderas de césped	0.10-0.40
Campos cultivados	0.20-0.40
Arenas de bosques	0.10-0.20
Ligeramente permeables	0.15-0.40
Suelos permeables	0.05-0.10

Cuando se proyecta una alcantarilla mediante el método de comparación o el método empírico, el área se recupera inmediatamente del alcantarillado, lo que permite proyectar la forma, la pendiente, etc. (Ramos Fernandez, 2017)

Se requiere calcular el área hidráulica de la propia alcantarilla para contabilizar ese costo porque ya sea que se utilice la técnica de Sección y Talud, el método de Precipitación o el método racional, lo que se logra es la tasa Q que llega a la alcantarilla. (Ramos Fernandez, 2017)

El espacio hidráulico generalmente se proporciona cuando se planifican proyectos de drenaje, y de esta manera, nunca funcionan como un conducto completo, ya que al hacerlo, aumentaría el nivel del agua en la entrada del alcantarillado, inundando los terraplenes cercanos. (Ramos Fernandez, 2017)

13.3.1.2. Método Racional ARMCO

Este Método es utilizado con resultados satisfactorios en drenaje de aeropuertos durante los últimos 35 años. Plantea la siguiente ecuación: (Ramos Fernandez, 2017)

$$Q = AIR / 36f$$

Siendo:

Q = Gasto de escurrimiento superficial.

I = Factor de Escurrimiento superficial o Impermeabilidad Relativa.

A = Área drenada en hectáreas.

R = precipitación (cm/hora).

f = Factor para compensar la pendiente de la superficie.

FACTOR “ f ” APLICADO EN EL MÉTODO RACIONAL ARMCO

PENDIENTES	FACTOR “ f ”
≤ 0.5	3.0
0.5 % a 1.0 %	2.5
≥ 1.0 %	2.0

VALORES DE “I” PARA APLICACIÓN EN MÉTODO RACIONAL ARMCO

TIPO DE ÁREA DE DRENAJE	FACTOR DE ESCURRIMIENTO “I”
--------------------------------	------------------------------------



CALLES	
Asfalto	0.70-0.95
Concreto	0.80-0.95
Adoquín	0.70-0.85
Aceras y andadores	0.75-0.85
Techos	0.75-0.95
CAMINOS	
Pavimento de macadam	0.30-0.45
Pavimento asfaltico	0.85-0.95
Grava, textura abierta	0.40-0.60
Tierra desnuda	0.02-0.80

13.3.2. Métodos Experimentales

13.3.2.1. Método de la Precipitación Pluvial

– Fórmula de Burkli–Ziegler

(Ramos Fernandez, 2017)

Se trata de ampliar el alcantarillado para dar cabida a una cantidad de agua que está determinada por la probable escorrentía de las lluvias. Se debe conocer la precipitación pluvial, el área a drenar, su topografía y el tipo de suelo en dicha área para poder utilizar las fórmulas para calcular el costo de este método. Los tres últimos datos se pueden encontrar allí donde se necesiten en cada momento, pero no la precipitación pluvial, que debe conocerse para establecer su valor máximo a lo largo de un número significativo de años.

Luego se discutirá la fórmula de Burkli-Zegler para determinar la descarga máxima de la alcantarilla causada por un fuerte aguacero en un área tributaria pequeña definida (menos de 250 Has). La fórmula se expresa de la siguiente manera: (Ramos Fernandez, 2017)

$$Q = 0.022 C A I (S/A)^{(1/4)}$$



Dónde:

Q = Gasto de la alcantarilla en (m³/seg), aportado por la cuenca tributaria.

A = Área tributaria de la cuenca en Has.

I = Precipitación pluvial en centímetros por hora, correspondiente al aguacero más intenso (de 10 minutos de duración en total).

S = Pendiente promedio de la inclinación de la cuenca en metros por Kilómetro (m/Km).

COEFICIENTE "C" PARA APLICACIÓN EN LA FÓRMULA DE BURKLI – ZIEGLER

CLASE DE SUELO	"C"
Para calles pavimentadas y distritos comerciales	0.75
Para calles ordinarias de la ciudad	0.625
Para parques y calles con macadam	0.30
Para terrenos de cultivo	0.25

– Fórmula de Dickens

Se trata de ampliar el alcantarillado para dar cabida a una cantidad significativa de agua. Se utiliza para determinar el caudal máximo, o 0,25 km², que se puede producir en un alcantarillado como consecuencia de un temporal de lluvia de 24 horas en una gran zona tributaria. Esta ecuación dice: (CASTOPE CAMACHO, 2017)

$$Q = 0.01386 C(A)^{1/4}$$

Dónde:

Q = Esguerrimiento o gasto que tomará la alcantarilla o puente ($m^3/seg.$) aportado por toda el área.

A = Área tributaria (Km^2)

C = Coeficiente que depende de la clase de terreno y de la altura total de lluvia en 24 horas.

VALORES DE COEFICIENTE "C" PARA APLICACIÓN EN FÓRMULA DE DICKENS

CLASE DE TERRENO	Años de vida útil	
	10 cm en 24 horas	15 cm en 24 horas
Terreno plano	200	300
Terreno suave	250	325
Mucho lomerío	300	350

13.3.3. Métodos Empíricos

(Ramos Fernandez, 2017)

Estas técnicas son particularmente útiles cuando no hay obras de arte existentes, no hay información sobre la descarga máxima de la corriente y no hay información sobre la precipitación pluvial. Estas técnicas, que son relativamente comunes, consisten en calcular el área hidráulica utilizando algunas fórmulas empíricas basadas en el área drenada y las características topográficas de la curva que se debe drenar.

(Ramos Fernandez, 2017)

Los números descubiertos con la fórmula de Talbot son los que más se parecen al promedio de los valores adquiridos usando las fórmulas. Al calcular el área hidráulica mediante las fórmulas empíricas, ya sean de Talbot, de Peck o de Meyers, se ha visto que los resultados difieren bastante entre sí. La fórmula de Talbot generalmente se utiliza con más frecuencia que la fórmula de Peck o Meyers debido a lo mencionado anteriormente.

Se desconoce con certeza la intensidad máxima medida, pero se supone que fue de 100 mm/hora. La fórmula de Talbot se basa en una gran cantidad de observaciones en el medio oeste de los Estados Unidos y no tiene en cuenta la tasa de lluvia

(mm/hora), la velocidad de escorrentía u otros parámetros razonables. (Ramos Fernandez, 2017)

La velocidad de escurrimiento fue variable, algo menos de 3 m/s.

La fórmula de Talbot da directamente el área de la alcantarilla requerida:

$$Q = 0.183 C (A)^{3/4}$$

Dónde:

a = área libre del tubo o área hidráulica (m²)

A = Área que se desea drenar (Ha)

C = Coeficiente que depende de la topografía del suelo

VALORES DE "C" PARA APLICACIÓN EN FÓRMULA DE TALBOT

TOPOGRAFIA DEL SUELO	"C"
Para terrenos con suelo rocosos y pendiente abruptas	1.00
Para terrenos quebrados con pendientes moderadas	2/3
Para valles irregulares muy anchos en comparación con su largo	1/2
Para terrenos agrícolas ondulados, en los que el largo del valle es 3 ó 4 veces el ancho	1/4
Para zonas a nivel, no afectadas por acumulación de nubes o inundaciones fuertes.	1/5

C se reduce en un 50% para propiedades con drenaje subterráneo o en condiciones más favorables, pero se eleva para pendientes con pendientes pronunciadas o cuando la parte superior del valle tiene una pendiente mucho mayor que el canal de alcantarillado. (Ramos Fernandez, 2017)

13.3.4. Métodos Directos

13.3.4.1. Método de Sección Pendiente



(Ramos Fernandez, 2017)

Implica calcular el caudal del canal utilizando secciones hidráulicas claramente definidas y la pendiente del arroyo. Para hacer esto, se requiere utilizar las trazas de nivel máximo de agua en el área donde se instalará la alcantarilla para determinar la sección y pendiente del canal en el cruce, así como en dos porciones específicamente designadas donde los bancos son altos y superiores al nivel de las crecidas máximas.

Para calcular el caudal máximo se utilizará el área hidráulica, el perímetro mojado, la pendiente y un coeficiente de rugosidad basado en las paredes del canal. (Ramos Fernandez, 2017)

Con la ayuda de estos componentes y el método de Manning, podemos calcular la velocidad, que multiplicada por el área hidráulica correspondiente, nos da una idea de cuánto costará en promedio el alcantarillado. Aunque hay un cauce bien definido, sucede con frecuencia que el agua no deja huellas. En estas situaciones, es ventajoso deducir el costo a través del proceso de lluvia. (Ramos Fernandez, 2017)

El caudal se calcula mediante la fórmula de Manning que está en función del área hidráulica, Radio Hidráulico, pendiente y coeficiente de rugosidad, su fórmula es: (Ramos Fernandez, 2017)

$$Q = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} A$$

Dónde:

Q = Gasto en m³/seg.

n = Coeficiente de rugosidad de Manning.

R = Radio Hidráulico en metros, éste igual al área de la sección transversal del flujo (m²) dividido por el perímetro mojado (m).

S = Pendiente del cauce promedio (m/m).

V = Velocidad media del flujo (m/s).



13.4. CÁLCULO HIDRÁULICO

Los datos de lluvia son el tipo de datos necesarios para este proyecto. La precipitación es importante para los ingenieros porque afecta la cantidad de agua almacenada, la forma en que se descargan los ríos y, en particular, la cantidad de escorrentía superficial que se produce. (Ramos Fernandez, 2017)

La altura media del agua en milímetros que cae uniformemente y el volumen son las dos formas en que se expresa la precipitación sobre el área drenada en meteorología e hidrología. (Ramos Fernandez, 2017)

El ciclo hidrológico es la secuencia de cambios que sufre el agua en la naturaleza y, por definición, la hidrología es la ciencia que examina la regulación y actividad de las aguas superficiales. (Ramos Fernandez, 2017)

(Ramos Fernandez, 2017)

Varios elementos, incluidos la atmósfera, el viento, la evaporación, la precipitación, la temperatura, la infiltración y la radiación solar, tienen un papel en el ciclo hidrológico. Estos aspectos influyen de alguna manera en el comportamiento estructural de la obra a proyectar, por lo que la elección de los parámetros de diseño por parte del proyectista está fuertemente influenciada por el examen de estos factores.

Podemos concluir que los estudios hidrológicos persiguen los siguientes propósitos: (Ramos Fernandez, 2017)

- a. Determinar la avenida máxima que pueda ocurrir en la zona de estudio, con una frecuencia probable.
- b. Determinar la cantidad, frecuencia y naturaleza de las descargas de agua, que ocurra en la zona de estudio.

PRECIPITACIÓN REGISTRADA EN LA ZONA



Las precipitaciones son registradas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). (Ramos Fernandez, 2017)

Las estaciones pluviométricas a ser analizadas se ubican en la cuenca del río Olmos. (Ramos Fernandez, 2017)

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA PRECIPITACIÓN

A. INTENSIDAD

Viene a ser la precipitación referida a una hora para cada intervalo de tiempo. Este valor se mide en milímetros por hora (mm/h) o en centímetros por hora (cm/h). (Ramos Fernandez, 2017)

$$I_{\text{máx.}} = P/T$$

Dónde:

P : Precipitación en altura de agua, mm.

T : Lapso de tiempo considerado; horas

$I_{\text{máx.}}$: Intensidad máxima; mm/hora

En realidad, la intensidad de diseño para una determinada frecuencia (período de retorno) debe determinarse analizando los datos de un pluviómetro y las curvas INTENSIDAD - FRECUENCIA - DURACIÓN PERIODO; sin embargo, en ausencia de este conocimiento, se ha aplicado el Método Gumbel, utilizando métodos



probabilísticos que proporcionan una aproximación preferible. (Ramos Fernandez, 2017)

Para este trámite se requiere la precipitación máxima diaria determinada por el SENAMHI. Una estimación de la intensidad de diseño se obtiene probabilísticamente utilizando estos datos y el enfoque descrito. Este valor se utiliza en conjunto con otros factores para calcular el caudal de escorrentía para el diseño de obras hidráulicas utilizando la Fórmula Racional. (Ramos Fernandez, 2017)

B. PERÍODO DE DURACIÓN

Es otro aspecto crucial de la precipitación que registra un pluviógrafo. La duración se refiere a una cantidad de tiempo específica, medida en minutos u horas, que cae dentro de la duración total de la tormenta. (Horna Vigil, 2015)

El intervalo de tiempo o período de duración para una intensidad máxima no se puede calcular en el área de estudio porque allí no se han realizado estudios de lluvia. Es importante tener en cuenta que la intensidad disminuye al aumentar la duración. (Horna Vigil, 2015)

C. FRECUENCIA

Es la frecuencia, generalmente medida en años, de ocurrencias de tormentas con características específicas de severidad y duración. El Período de Retorno es el inverso de la Frecuencia, también conocida como Probabilidad de Excedencia. (Horna Vigil, 2015)

"El Período de Retorno es aquel para el cual la estructura soportará, dentro de los límites de seguridad, los efectos para los cuales que se diseña" (Horna Vigil, 2015)

Existen diversas fórmulas para determinar frecuencias; se presentan algunas:

California (1923) : m/N

Hazen (1930) : $(2m-1)/2N$



Weibull (1939) : $m/(N+1)$

Dónde:

N: Total de valores de la muestra

m: Número de orden de los valores, ordenados de mayor a menor.

PARA EL PRESENTE PROYECTO SE HA USADO LA FÓRMULA DE WEIBULL POR TENER MEJOR ACEPTACIÓN.

El tiempo de concentración de las partículas de agua, hasta el cauce de una cuenca, se determina mediante la fórmula siguiente: (CASTOPE CAMACHO, 2017)

$$T = 0.3 (L/J^{1/4})^{3/4}$$

Dónde:

T = Tiempo de concentración en horas

L = Longitud del cauce principal en km.

J = Pendiente media

Cuando se disponga de información directa sobre los niveles o calidades de la avenida, se recomienda comparar los resultados obtenidos del análisis con esta información directa. (CASTOPE CAMACHO, 2017)

EL CAUDAL DE DISEÑO QUE APORTA UNA CUENCA PEQUEÑA SE OBTENDRÁ MEDIANTE LA FÓRMULA RACIONAL

$$Q = C I A / 3.6$$

Dónde:

Q =Caudal m^3/seg (Para cuencas pequeñas) en la sección en estudio.

I =Intensidad de la precipitación pluvial máxima, previsible, correspondiente a una duración igual al tiempo de concentración y a un PERÍODO de retorno dado, en mm/h.

A = Área de la cuenca en km^2

C = Coeficiente de escorrentía.

La familia de curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) es un componente necesario del proceso lógico para la previsión de caudales. Es un desafío elaborar estas curvas en nuestra nación debido a la cantidad limitada de datos de lluvia a los que se puede acceder. (Horna Vigil, 2015)

(Horna Vigil, 2015)

Dado que la precipitación máxima generalmente solo dura 24 horas, la intensidad de la lluvia máxima generalmente se calcula multiplicando la precipitación máxima durante 24 horas por un coeficiente de duración. La siguiente tabla enumera los coeficientes de duración que van desde 1 hora hasta 48 horas y se pueden usar para calcular la intensidad cuando no se dispone de mejores datos.

COEFICIENTE DE DURACIÓN LLUVIAS ENTRE 48 HORAS Y UNA HORA

Duración de la precipitación en horas	Coeficiente
1	0.25
2	0.31
3	0.38
4	0.44
5	0.50
6	0.56
8	0.64
10	0.73
12	0.79
14	0.83
16	0.87
18	0.90



20	0.93
22	0.97
24	1.00
48	1.32

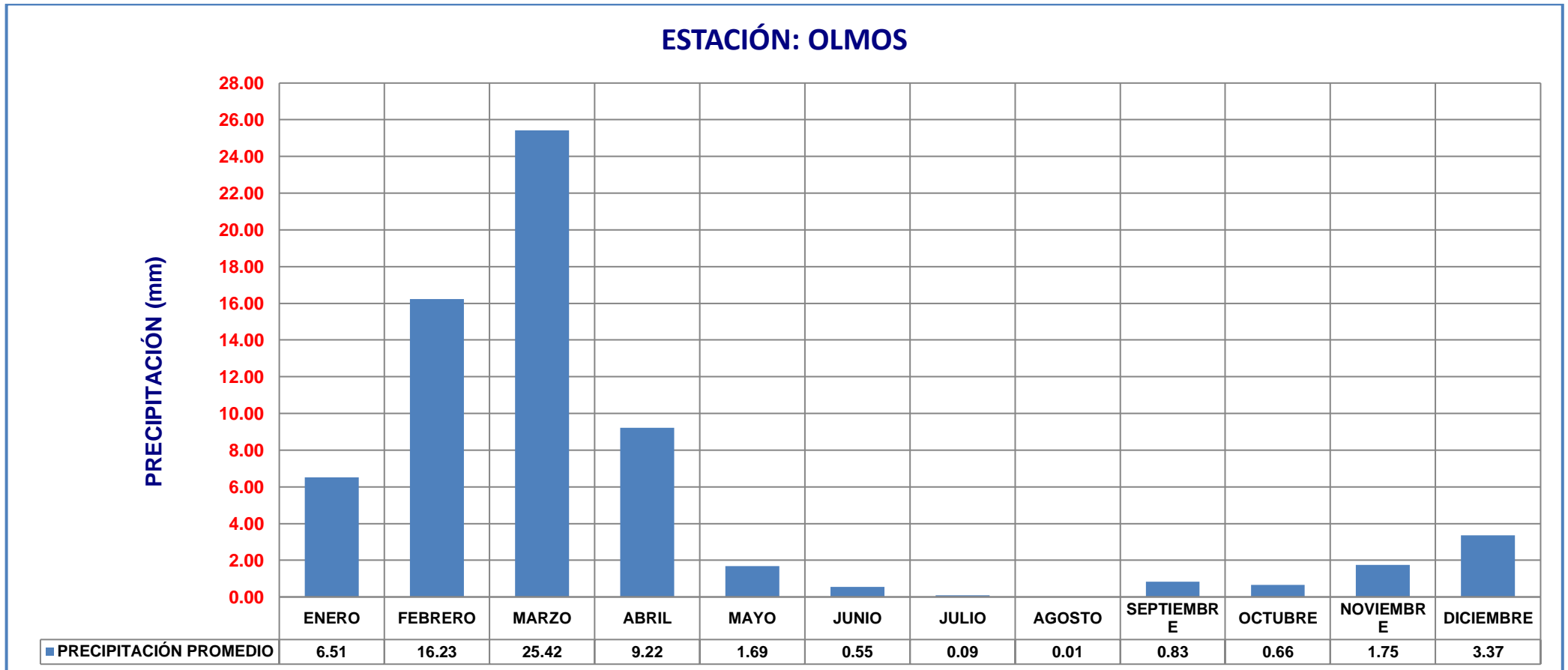
Fuente: Manual de Carreteras Hidrología, Hidráulica y Drenaje - MTC

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA DE LA ESTACIÓN OLMOS

Estación :	Olmos	Latitud :	04° 24' 41" S	Departamento :	Lambayeque
N° :	334	Longitud :	80° 31' 43" O	Provincia :	Lambayeque
Categoría :	CO	Altitud :	175.00 msnm	Distrito :	Olmos
Parámetro :	Precipitación Máxima en 24 h (mm)				

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MAX. ANUAL
1986	6.20	0.00	5.10	3.50	0.00	0.00	0.00	0.20	0.10	0.00	0.00	0.20	6.20
1987	3.40	7.90	19.30	13.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.20	0.00	19.30
1988	3.80	8.00	0.60	0.90	5.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.40	0.60	8.00
1989	4.50	4.50	9.50	4.60	3.20	0.00	0.00	0.00	1.40	2.00	0.00	0.00	9.50
1990	0.00	1.10	1.20	2.80	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	8.50	1.20	8.50
1991	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	5.00	5.00
1992	5.40	0.50	14.00	12.10	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.50	14.00
1993	1.00	3.20	19.80	10.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.40	19.80
1994	1.80	4.20	39.50	2.60	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.20	1.80	39.50
1995	6.70	11.50	0.80	0.00	4.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	3.00	11.50
1996	0.00	2.10	5.50	4.70	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	0.00	0.00	0.00	5.50
1997	0.00	1.20	2.60	10.40	0.00	0.00	0.00	0.00	2.40	0.00	9.00	29.50	29.50
1998	83.20	151.60	142.00	32.00	8.20	0.80	0.00	0.00	3.70	0.50	0.50	1.80	151.60
1999	0.00	45.30	5.90	11.20	8.20	7.20	0.00	0.00	7.00	3.50	2.20	4.90	45.30
2000	2.90	9.80	55.20	19.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.20	55.20
2001	9.30	18.60	88.60	18.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.90	0.20	88.60
2002	0.00	38.50	61.70	37.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	1.70	0.00	61.70
2003	7.20	25.60	0.00	3.70	0.70	0.50	0.00	0.00	0.00	0.30	0.60	3.20	25.60
2004	0.30	0.30	24.90	6.00	0.00	0.00	1.80	0.00	0.70	2.20	0.00	1.80	24.90
2005	1.00	5.00	18.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	1.50	0.00	3.60	18.50
2006	0.00	2.00	19.20	1.90	0.70	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.50	2.80	19.20
PROMEDIO	6.51	16.23	25.42	9.22	1.69	0.55	0.09	0.01	0.83	0.66	1.75	3.37	31.76
MÁXIMO	83.20	151.60	142.00	37.00	8.20	7.20	1.80	0.20	7.00	3.50	9.00	29.50	151.60
MÍNIMO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00

PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS ANUALES DE LOS AÑOS 1995 – 2015 – ESTACIÓN OLMOS



DETERMINACION DE PARAMETROS ESTADISTICOS

Nº de orden (m)	Precip. (mm) (X)	$\left(\frac{X}{\bar{X}} - 1\right)^3$	$Y = \log(X)$	$\left(\frac{Y}{\bar{Y}} - 1\right)^3$
1	151.60	53.741798	2.180699	0.288944
2	88.60	5.734604	1.947434	0.112973
3	61.70	0.838215	1.790285	0.048116
4	55.20	0.402260	1.741939	0.034930
5	45.30	0.077554	1.656098	0.017882
6	39.50	0.014494	1.596597	0.010103
7	29.50	-0.000359	1.469822	0.001711
8	25.60	-0.007288	1.408240	0.000384
9	24.90	-0.010067	1.396199	0.000256
10	19.80	-0.053377	1.296665	-0.000002
11	19.30	-0.060357	1.285557	-0.000009
12	19.20	-0.061823	1.283301	-0.000011
13	18.50	-0.072749	1.267172	-0.000042
14	14.00	-0.174822	1.146128	-0.002046
15	11.50	-0.259544	1.060698	-0.007082
16	9.50	-0.344258	0.977724	-0.016628
17	8.50	-0.392776	0.929419	-0.024906
18	8.00	-0.418657	0.903090	-0.030397
19	6.20	-0.521210	0.792392	-0.062293
20	5.50	-0.565221	0.740363	-0.082906
21	5.00	-0.598129	0.698970	-0.102223
Σ	666.90	57.268289	27.568792	0.186754

Promedio:

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} = 31.76$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y}{N} = 1.31$$

Desviación estándar:

$$\sigma_X = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N - 1}} = 34.92$$

$$\sigma_Y = \sqrt{\frac{\sum(Y_i - \bar{Y})^2}{N - 1}} = 0.41$$

Coefficiente de variación:

$$CV_X = \frac{\sigma_X}{\bar{X}} = 1.10$$

$$CV_Y = \frac{\sigma_Y}{\bar{Y}} = 0.31$$

Coefficiente de sesgo:

$$CS_X = \frac{N \sum \left(\frac{X}{\bar{X}} - 1 \right)^3}{(N - 1)(N - 2)CV_X} = 2.877$$

$$CS_Y = \frac{N \sum \left(\frac{Y}{\bar{Y}} - 1 \right)^3}{(N - 1)(N - 2)CV_Y} = 0.033$$

MÉTODO DE GUMBEL TIPO I

Este método tiene la siguiente función

$$f(x) = e^{-a-y}$$

La técnica de variables reducidas, los mínimos cuadrados y los momentos se pueden utilizar para resolver el método de Gumbel Tipo I. En esta situación se aplicará el enfoque de variable reducida. (CASTOPE CAMACHO, 2017)

Donde a y X_0 se obtienen según sea:



Para muestras infinitamente grandes:

$$x_0 = x - 0.45\sigma_x$$

$$a = \frac{1.282555}{\sigma_x}$$

Para muestras limitadas:

$$\bar{X}_0 = \bar{X} + \frac{\bar{Y}N}{\sigma_N}(\sigma_x) \quad \text{Moda}$$

$$a = \frac{\sigma_N}{\sigma_x} \quad \text{Parámetro de dispersión}$$

Como $y = a(x - x_0)$ y reemplazando los valores de X_0 y a se obtiene:

$$x = \bar{X} + \frac{\bar{\sigma}x}{\sigma_N}(y - \bar{Y} \cdot N)$$

RELACION ENTRE PRECIPITACION MAXIMA VERDADERA Y LA PRECIPITACION EN INTERVALOS

NUMERO DE LECTURA/DIA	FACTOR
1	1.13
2	1.04
3 - 4	1.03
5 - 8	1.02
9 - 24	1.01



MEDIDAS ESPERADAS Y DESVIACION STANDARS DE EXTREMOS REDUCIDOS

Nº	YN	n	Nº	YN	n
1	0.3665	0.0000	16	0.5157	1.0316
2	0.4043	0.4984	17	0.5181	1.0411
3	0.4286	0.6435	18	0.5202	1.0493
4	0.4458	0.7315	19	0.5220	1.0566
5	0.4588	0.7928	20	0.5236	1.0628
6	0.4690	0.8388	21	0.5252	1.0695
7	0.4774	0.8749	22	0.5268	1.0755
8	0.4843	0.9043	23	0.5282	1.0812
9	0.4902	0.9288	24	0.5296	1.0865
10	0.4952	0.9496	25	0.5309	1.0915
11	0.4996	0.9373	26	0.5320	1.0961
12	0.5053	0.9833	27	0.5332	1.1004
13	0.5070	0.9972	28	0.5343	1.1047
14	0.5100	1.0095	29	0.5353	1.1086
15	0.5128	1.0206	30	0.5362	1.1124

VALORES DE $f(y) = P$ PARA LA CONSTRUCCION DEL PAPEL DE PROBABILIDADES EN FUNCION DE LA VARIABLE REDUCIDA w GUMBEL (TIPO I)

$f(Y)$	w	$f(Y)$	w	$f(Y)$	w
0.0006	-2.00	0.3200	-0.13	0.8700	1.97
0.0012	-1.90	0.3400	-0.08	0.8800	2.06
0.0023	-1.80	0.3600	-0.02	0.8900	2.16
0.0041	-1.70	0.3800	0.03	0.9000	2.25
0.0050	-1.67	0.4000	0.09	0.9100	2.36
0.0100	-1.53	0.4200	0.14	0.9200	2.49
0.0120	-1.50	0.4400	0.20	0.9300	2.62
0.0200	-1.36	0.4600	0.25	0.9400	2.78



0.0300	-1.25	0.4800	0.31	0.9500	2.97
0.0400	-1.17	0.5000	0.37	0.9550	3.08
0.0500	-1.10	0.5200	0.42	0.9600	3.20
0.0600	-1.03	0.5400	0.48	0.9650	3.33
0.0650	-1.00	0.5600	0.55	0.9700	3.49
0.0700	-0.98	0.5800	0.61	0.9800	3.90
0.0800	-0.93	0.6000	0.67	0.9820	4.00
0.0900	-0.88	0.6200	0.74	0.9840	4.13
0.1000	-0.83	0.6400	0.81	0.9860	4.26
0.1100	-0.79	0.6600	0.88	0.9880	4.42
0.1200	-0.75	0.6800	0.95	0.9900	4.60
0.1300	-0.71	0.7000	1.03	0.9920	4.82
0.1400	-0.68	0.7200	1.11	0.9940	5.11
0.1500	-0.64	0.7400	1.20	0.9960	5.52
0.1600	-0.61	0.7600	1.29	0.9970	5.81
0.1700	-0.57	0.7800	1.39	0.9980	6.21
0.1800	-0.54	0.8000	1.50	0.9985	6.50
0.2000	-0.48	0.8100	1.56	0.9990	6.91
0.2200	-0.41	0.8200	1.62	0.9991	7.01
0.2400	-0.36	0.8300	1.68	1.0000	
0.2600	-0.30	0.8400	1.75		
0.2800	-0.24	0.8500	1.82		
0.3000	-0.19	0.8600	1.89		

Fuente: probability tables for the analysis of extreme value data. National bureau of standard, applied math series, 22(1953)

ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS

Valores:

$$\bar{X} = 31.76$$

$$\sigma_x = 34.92$$

De la tabla N° 7.12

$$n = 1.0695$$

$$Y_n = 0.5252$$

Remplazando:

$$P = 31.76 + \frac{34.92}{1.0695} (y - 0.5252)$$

$$P = 14.6118 + 32.6508y$$

Se obtiene:

PRECIPITACIÓN MÁXIMA MÉTODO DE GUMBEL TIPO I

Tr (años)	P (%) P=100- (1/Tr)x100	W=y Tabla N° 8.14	P. Max. (mm) P=14.6118+32.6508y
2	50	0.37	26.69
5	80	1.50	63.59
10	90	2.25	88.08
25	96	3.20	119.09
50	98	3.90	141.95
100	99	4.60	164.81
200	99.5	5.32	188.31
500	99.8	6.21	217.37
1000	99.9	6.91	240.23
10000	99.99	7.81	269.61

MÉTODO LOG NORMAL

"Este método asume una distribución más o menos normal de los log de la variable X. tiene la siguiente fórmula" (CASTOPE CAMACHO, 2017)

$$f(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\alpha}^z e^{-z^2} dz$$

Dónde:

$$z = a \log(x - x_0) + b$$

Remplazando la variable X por la variable transformada $y = \log X$, se obtiene la función:

$$f(y) = \frac{1}{\sigma_y \sqrt{2\pi}} \int_{\alpha}^y \frac{(y - \mu_y)^2}{2y} dy$$

Dónde:

$\mu_y - \sigma_y$ Son los parámetros de la variable transformada $y = \log x$.

Resolviendo la función donde el valor de K es:

$$k = \frac{y - \mu_y}{\sigma_y}$$

El cual toma la siguiente ecuación.

$$Y = \mu_y + \sigma_y * K$$

Donde k está en función del coeficiente de sesgo transformado para diferentes Periodos de Retorno.

**VALORES DEL FACTOR DE FRECUENCIA k PARA LA DISTRIBUCION LOG NORMAL
PROBABILIDAD EN PORCENTAJE "IGUAL A" o "MAYOR QUE" LA VARIABLE DADA**

CS _y	PERÍODOS DE RETORNO								
	1.0101	1.0526	1.25	2	5	20	100		
	PROBABILIDAD MAYOR O IGUAL QUE P (x)								
	99 (-)	95 (-)	80 (-)	50 (-)	20 (+)	5 (+)	1 (+)	0.1 (+)	0.01 (+)
0.00	2.33	1.65	0.84	0.00	0.84	1.64	2.33	3.09	3.72
0.10	2.25	1.62	0.85	0.02	0.84	1.67	2.40	3.22	3.95
0.20	2.18	1.59	0.85	0.04	0.83	1.70	2.47	3.39	4.18
0.30	2.11	1.56	0.85	0.06	0.82	1.72	2.55	3.56	4.42



0.40	2.04	1.53	0.85	0.07	0.81	1.75	2.62	3.72	4.70
0.50	1.98	1.49	0.85	0.09	0.80	1.77	2.70	3.88	4.96
0.60	1.91	1.46	0.85	0.10	0.79	1.79	2.77	4.05	5.24
0.70	1.85	1.43	0.85	0.11	0.78	1.81	2.84	4.21	5.52
0.80	1.79	1.40	0.84	0.13	0.77	1.82	2.90	4.37	5.81
0.90	1.74	1.37	0.84	0.14	0.76	1.84	2.97	4.55	6.11
1.00	1.68	1.34	0.84	0.15	0.75	1.85	3.03	4.72	6.40
1.10	1.83	1.31	0.83	0.16	0.73	1.86	3.09	4.87	6.71
1.20	1.58	1.29	0.82	0.17	0.72	1.87	3.15	5.04	7.02
1.30	1.54	1.26	0.82	0.18	0.71	1.88	3.21	5.19	7.31
1.40	1.49	1.23	0.81	0.19	0.69	1.88	3.26	5.35	7.62
1.50	1.45	1.21	0.81	0.20	0.68	1.89	3.31	5.51	7.92
1.60	1.41	1.18	0.80	0.21	0.67	1.89	3.36	5.66	8.26
1.70	1.38	1.16	0.79	0.22	0.65	1.89	3.40	5.80	8.58
1.80	1.34	1.14	0.78	0.22	0.64	1.89	3.44	5.96	8.86
1.90	1.31	1.12	0.78	0.23	0.63	1.89	3.48	6.10	9.20
2.00	1.28	1.10	0.77	0.24	0.61	1.89	3.52	6.25	9.51
2.10	1.25	1.08	0.76	0.24	0.60	1.89	3.55	6.39	9.79
2.20	1.22	1.06	0.76	0.25	0.59	1.89	3.59	6.51	10.12
2.30	1.20	1.04	0.75	0.25	0.58	1.88	3.62	6.65	10.43
2.40	1.17	1.02	0.74	0.26	0.57	1.88	3.65	6.77	10.72
2.50	1.15	1.00	0.74	0.26	0.56	1.88	3.67	6.90	10.95
2.60	1.12	0.99	0.73	0.26	0.55	1.87	3.70	7.02	11.25
2.70	1.10	0.97	0.72	0.27	0.54	1.87	3.72	7.13	11.55
2.80	1.08	0.96	0.72	0.27	0.53	1.86	3.74	7.25	11.80
2.90	1.06	0.95	0.71	0.27	0.52	1.86	3.76	7.36	12.10
3.00	1.04	0.93	0.71	0.28	0.51	1.85	3.78	7.47	12.36
3.20	1.01	0.90	0.69	0.28	0.49	1.84	3.81	7.65	12.85
3.40	0.98	0.88	0.68	0.29	0.47	1.83	3.84	7.84	13.36
3.60	0.95	0.86	0.67	0.29	0.46	1.81	3.87	8.00	13.83
3.80	0.92	0.84	0.66	0.29	0.44	1.80	3.89	8.16	14.23
4.00	0.90	0.82	0.65	0.29	0.42	1.78	3.91	8.30	14.70
4.50	0.84	0.78	0.63	0.30	0.39	1.75	3.93	8.60	15.62
5.00	0.80	0.74	0.62	0.30	0.37	1.71	3.95	8.86	16.45

ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS

Valores:

$$\bar{Y} = 1.31$$

$$\sigma_Y = 0.41$$

$$CS_Y = 0.033$$

Remplazando:

$$Y = \bar{Y} + \sigma_Y k$$

$$P = 1.31 + 0.41k$$

Se obtiene:

PRECIPITACIÓN MÁXIMA MÉTODO LOG NORMAL

Tr (años)	P (%) P=100- (1/Tr)x100	k (CSy) tabla Nº 8.15	P. Max. (mm) $10^{(1.31+0.41k)}$
2	50	0.01	20.61
5	80	0.84	45.12
10	90	1.37	74.42
25	96	1.68	99.72
50	98	1.81	112.75
100	99	2.30	179.06
200	99.5	2.38	193.11
500	99.8	2.43	202.44
1000	99.9	2.45	206.30
10000	99.99	2.46	208.26

MÉTODO LOG PEARSON III

"Esta función de distribución de frecuencia utiliza la variable transformadora $y=\log x$ "
(CASTOPE CAMACHO, 2017)

$$f(x) = Y_0 \cdot e^{cx} \left(1 - \frac{x}{a}\right)^{ca}$$

Dónde:

$$x = 10^y$$



Y_0 , a , c =son parámetros de la función "y" se determinara de acuerdo a las siguientes relaciones.

$$c = \frac{2\sigma^2}{\delta}$$

$$a = \frac{2\sigma^4}{\delta} - \frac{\delta}{2\sigma^2}$$

σ y δ es la desviación estándar y la inclinación de la serie empírica.

En este caso las variables se calculan en función de $y = \log x$

$$y_0 = \frac{c}{(ac + 1)} \cdot \frac{(ac)^{ac}}{ac} \int_{\alpha}^{-\alpha} y \cdot dx$$

El área del integral se toma generalmente igual a la unidad. La función $y=f(x)$, se resuelve integrando mediante aproximaciones y para diferentes probabilidades en donde: (CASTOPE CAMACHO, 2017)

$$Ag = \frac{\delta}{\sigma^3}$$

Por consiguiente u_y , T_{cuy} y Y son parámetros de serie empírica de las variable transformada $Y = \log(x)$. (CASTOPE CAMACHO, 2017)

Resolviendo la ecuación obtenemos la función Log Pearson III

$$Y = \mu_y + \sigma_y * K$$

Donde k está en función del coeficiente de sesgo transformado para diferentes Periodos de Retorno.

VALORES DEL FACTOR DE FRECUENCIA k PARA LA DISTRIBUCION LOG NORMAL PROBABILIDAD EN PORCENTAJE "IGUAL A" o "MAYOR QUE" LA VARIABLE DADA

CS_y	PERÍODOS DE RETORNO										
	1.01	1.053	1.111	1.25	2	5	10	25	50	100	200
	PROBABILIDAD IGUAL O MAYOR QUE $P(x)$										
	99	95	90	80	50	20	10	4	2	1	0.5



3.00	-0.666	-0.665	-0.660	-0.636	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.015	4.970
2.90	-0.690	-0.688	-0.681	-0.651	-0.390	0.440	1.195	2.277	2.134	4.013	4.909
2.80	-0.714	-0.711	-0.702	-0.666	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973	4.847
2.70	-0.740	-0.736	-0.724	-0.681	-0.376	0.479	1.224	2.272	3.093	3.932	4.783
2.60	-0.769	-0.762	-0.747	-0.696	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889	4.718
2.50	-0.799	-0.790	-0.771	-0.711	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845	4.652
2.40	-0.832	-0.819	-0.795	-0.725	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.033	3.800	4.584
2.30	-0.867	-0.850	-0.819	-0.739	-0.341	0.555	1.274	2.248	2.997	3.753	4.515
2.20	-0.905	-0.882	-0.844	-0.752	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705	4.444
2.10	-0.946	-0.914	-0.869	-0.765	-0.319	0.592	1.294	2.230	2.942	3.656	4.372
2.00	-0.990	-0.949	-0.895	-0.777	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.208
1.90	-1.037	-0.984	-0.920	-0.788	-0.294	0.627	1.310	2.207	2.881	3.553	4.223
1.80	-1.087	-1.020	-0.945	-0.799	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147
1.70	-1.140	-1.056	-0.970	-0.808	-0.268	0.660	1.324	2.179	2.815	3.444	4.069
1.60	-1.197	-1.093	-0.994	-0.817	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990
1.50	-1.256	-1.131	-1.018	-0.825	-0.240	0.690	1.333	2.146	2.743	3.330	3.910
1.40	-1.318	-1.168	-1.041	-0.832	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.716	3.271	3.828
1.30	-1.383	-1.206	-1.064	-0.838	-0.210	0.719	1.339	2.108	2.666	3.211	3.745
1.20	-1.449	-1.243	-1.086	-0.844	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661
1.10	-1.518	-1.280	-1.107	-0.848	-0.180	0.745	1.341	2.066	2.585	3.087	3.575
1.00	-1.588	-1.317	-1.028	-0.852	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489
0.90	-1.660	-1.353	-1.047	-0.854	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401
0.80	-1.733	-1.388	-1.166	-0.856	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891	3.312
0.70	-1.806	-1.423	-1.183	-0.857	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223
0.60	-1.880	-1.458	-1.200	-0.857	-0.090	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.123
0.50	-1.955	-1.491	-1.216	-0.856	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.311	2.686	3.041
0.40	-2.029	-1.524	-1.231	-0.855	-0.060	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949
0.30	-2.104	-1.555	-1.245	-0.853	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856
0.20	-2.178	-1.586	-1.258	-0.850	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763
0.10	-2.252	-1.616	-1.270	-0.846	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.400	2.670
0.00	-2.326	-1.645	-1.282	-0.842	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576

ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS

Valores:

$$\bar{Y} = 1.31$$

$$\sigma_Y = 0.41$$

$$CS_Y = 0.033$$

Remplazando:

$$Y = \bar{Y} + \sigma_Y k$$

$$P = 1.31 + 0.41k$$

Se obtiene:

PRECIPITACIÓN MÁXIMA MÉTODO LOG PEARSON III

Tr (años)	P (%) $p=100- (1/Tr) \times 100$	k (CSy) tabla N° 7.15	P. Max. (mm) $10^{(1.31+0.41k)}$
2	50	0.005	20.51
5	80	0.843	45.25
10	90	1.278	68.23
25	96	1.961	130.02
50	98	2.188	161.09
100	99	2.302	179.40
200	99.5	2.359	189.32
500	99.8	2.393	195.49
1000	99.9	2.404	197.53
10000	99.99	2.415	199.60

RESULTADO DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS

Tr (años)	GUMBEL TIPO I	LOG NORMAL	LOG PEARSON III
2	26.69	20.61	20.51
5	63.59	45.12	45.25
10	88.08	74.42	68.23
25	119.09	99.72	130.02
50	141.95	112.75	161.09
100	164.81	179.06	179.40
200	188.31	193.11	189.32
500	217.37	202.44	195.49
1000	240.23	206.30	197.53
10000	269.61	208.26	199.60



Tr =10 años (para Cunetas y alcantarillas de alivio)

Precipitación máxima: 88.08 mm

Tr =50 años (para alcantarillas de paso y badenes)

Precipitación máxima: 161.09 mm

CÁLCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

$$T = 0.3 \left(\frac{L}{J^{1/4}} \right)^{3/4}$$

L (Km)	0.10 km	0.20 km	0.30 km	0.40 km	0.50 km	1.00 km	1.50 km
J (%)	10.000%	10.000%	10.000%	10.000%	20.000%	20.000%	33.333%
T (horas)	0.08 horas	0.14 horas	0.19 horas	0.23 horas	0.24 horas	0.41 horas	0.50 horas

"Como los tiempos de concentración son menores a una hora y la intensidad de la lluvia no es constante se toma para una hora la intensidad" (CASTOPE CAMACHO, 2017)

COEFICIENTE DE DURACIÓN DE LLUVIAS ENTRE 1 Y 48 HORAS

Precipitación en horas	Coeficiente
1	0.25
2	0.31
3	0.38
4	0.44
5	0.50
6	0.56
8	0.64
10	0.73
12	0.79
14	0.83
16	0.87
18	0.90
20	0.93
22	0.97
24	1.00
48	1.32

"Multiplicando la precipitación máxima para un determinado tiempo de retorno de 10 y 50, años en un tiempo de concentración de una hora obtenemos las siguientes intensidades de diseño": (CASTOPE CAMACHO, 2017)

Intensidad de diseño = 22.02 mm/hora (Tr = 10 años)

Intensidad de diseño = 40.27 mm/hora (Tr = 50 años)

"El caudal de diseño que aporta una cuenca pequeña se obtendrá mediante la fórmula racional": (CASTOPE CAMACHO, 2017)

$$Q = C I A / 3.6$$

Dónde:

Q= Caudal m³/seg. (Para cuencas pequeñas) en la sección en estudio.

A= Área de la cuenca en km².

C= Coeficiente de escorrentía.

I = Intensidad de la precipitación pluvial máxima, previsible, correspondiente a una duración igual al tiempo de concentración y a un Período de retorno dado, en mm/h.

Entonces el valor de I será:

I = 22.02 mm/hora (para alcantarillas de alivio y cunetas)

I = 40.27 mm/hora (para alcantarillas de paso y badenes)

Los valores de C y A se definirán de acuerdo a cada caso.

13.5. DISEÑO DE OBRAS DE ARTE



De acuerdo con la topografía del terreno, el estudio hidrológico, el estudio de suelos, las canteras de áridos, etc. y los factores especificados en los términos de referencia, teniendo en cuenta la selección de una alternativa técnico-económica viable, las soluciones adoptadas para la se establecieron los diseños de las obras de arte. (CASTOPE CAMACHO, 2017)

Las obras de arte consideradas en el presente estudio son:

- a. Alcantarillas tipo Marco.
- b. Badén de concreto

13.5.1. ALCANTARILLAS

13.5.1.1. Definición

Son las denominadas Obras de Arte de drenaje transversal. Dado que normalmente pasan por debajo de la superficie de la carretera y están destinados a permitir que el agua fluya de un lado de la carretera al otro, deben construirse para soportar tanto el peso del relleno como las cargas resultantes de la conducción. (CASTOPE CAMACHO, 2017)

Se colocarán en todas las quebradas, en los desagües de cunetas y en todos los tramos bajos de la carretera que pasen por rellenos para evitar encharcamientos de agua y el consiguiente daño al terraplén. Su forma puede ser rectangular o circular, y deben permitir la rápida evacuación del agua que les llega. (CASTOPE CAMACHO, 2017)

13.5.1.2. Tipos de alcantarilla

– Alcantarillas de Tubo

“Pueden ser de concreto simple reforzado, de metal corrugado, de barro vitrificado, de fierro fundido” (CASTOPE CAMACHO, 2017)



– **Alcantarillas de Cajón o de Marco**

"Son de concreto reforzado y pueden ser sencillas o múltiples" (CASTOPE CAMACHO, 2017)

– **Alcantarilla de Bóveda**

"Son de concreto simple o de mampostería. Pueden ser sencillas o múltiples" (CASTOPE CAMACHO, 2017)

– **Alcantarillas de Losa**

"Consta de dos muros laterales de concreto ciclópeo o mampostería sobre los cuales descansa una losa de concreto reforzado" (CASTOPE CAMACHO, 2017)

13.5.2. BADENES

Además de permitir el flujo de un arroyo que cruza la carretera, los badenes son depresiones en el perfil de la carretera que sirven tanto como un breve tramo de la carretera como un segmento del canal. La reducción de la velocidad que experimentan los vehículos cuando atraviesan la estructura es una desventaja del badén. El mayor beneficio es que permite el paso del material arrastrado transportado por la corriente de agua, especialmente si es considerable. Para garantizar que el terreno natural apenas cambie, la joroba debe tener aproximadamente el mismo ancho que el canal. (CASTOPE CAMACHO, 2017)

La principal ventaja del Badén es que es más económico que la alcantarillas, pontones o puentes, y no son susceptibles de obstruirse.

DESCRIPCION DE OBRAS DE ARTE EXISTENTES Y PROYECTADAS

KM 0 + 000 – KM 17 + 321

N°	UBICACIÓN (PROGRESIVA)	DESCRIPCION	CAUSAS DEL PROBLEMA	ALTERNATIVA DE SOLUCION
01	1 + 550.81	Alcantarilla C.A. Tipo Marco 1.30 x 1.20, en	Alcantarilla medianamente colmatada	Limpieza general de alcantarilla.



		buen estado de conservación.		
02	1 + 959.10	Alcantarilla C.A. Tipo Marco 0.60 x 0.90, proyectada.	No existe obra de arte	Construcción de la obra de arte.
03	3 + 034.54	Alcantarilla C.A. Tipo Marco 0.60 x 0.90, proyectada.	No existe obra de arte	Construcción de la obra de arte.
04	5 + 822.27	Alcantarilla C.A. Tipo Marco 1.20 x 1.0, en regular estado de conservación.	Alcantarilla medianamente colmatada	Limpieza general de alcantarilla.
05	8 + 272.90	Alcantarilla C.A. Tipo Marco 0.60 x 0.90, proyectada.	No existe obra de arte	Construcción de la obra de arte.
06	9 + 217.38	Alcantarilla C.A. Tipo Marco 1.20 x 1.10, en buen estado de conservación.	Alcantarilla medianamente colmatada	Limpieza general de alcantarilla.
07	10 + 872.34	Alcantarilla C.A. Tipo Marco 0.60 x 0.90, proyectada.	No existe obra de arte	Construcción de la obra de arte.
08	12+ 185.51	Alcantarilla C.A. Tipo Marco 1.20 x 1.0, en buen estado de conservación.	Alcantarilla medianamente colmatada	Limpieza general de alcantarilla.
09	13+ 238.19	Alcantarilla C.A. Tipo Marco 0.60 x 0.90, proyectada.	No existe obra de arte	Construcción de la obra de arte.
10	14 + 012.56	Alcantarilla C.A. Tipo Marco 1.10 x 1.0, en buen estado de conservación.	Alcantarilla medianamente colmatada	Limpieza general de alcantarilla.
11	14 + 676.54	Alcantarilla C.A. Tipo Marco 1.10 x 1.0, en buen estado de conservación.	Alcantarilla medianamente colmatada	Limpieza general de alcantarilla.

12	15 + 888.18	Construcción de badén De 60m de longitud	No existe obra de arte	Construcción de la obra de arte
13	16 + 958.65	Alcantarilla C.A. Tipo Marco 0.60 x 0.90, proyectada.	No existe obra de arte	Construcción de la obra de arte.

ANALISIS DE LAS SECCIONES HIDRAULICAS DE LAS ALCANTARILLAS

EXISTENTES

ALCANTARILLA N°	UBICACIÓN	Qmicrocuenca (m³/s)	Qriego (m³/s)	Qdiseño (m³/s)
1	1 + 550.81	0.36	1.50	1.86
2	5 + 822.27	0.30	1.00	1.30
3	9 + 217.38	0.22	1.00	1.22
4	12+ 185.51	0.33	1.50	1.83
5	14 + 012.56	0.15	1.00	1.15
6	14 + 676.54	0.19	1.00	1.19

VERIFICACIÓN DE SECCIÓN HIDRAULICA DE ALCANTARILLAS 1.20 m X

1.0 m (Menor sección hidráulica vs Mayor caudal de diseño)

CAUDAL DE DISEÑO

$$Q_{\text{diseño}} = 1.86 \text{ m}^3/\text{s}$$

VERIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD DE EVACUACIÓN DE LA ALCANTARILLA AL 75%.

Ancho de alcantarilla = 1.20 m

Alto de alcantarilla = 1.00 m

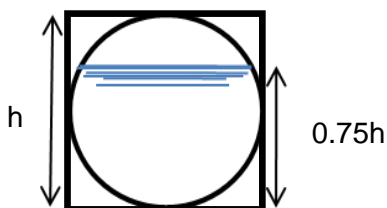
Área de alcantarilla = 1.20 m²

Área efectiva de alcantarilla = 0.90 m²

P: perímetro mojado = 2.70 m

S: pendiente de la alcantarilla = 0.02

n : rugosidad de la alcantarilla = 0.015



$$Q = \frac{A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n}$$

$$Q_{\text{max}} = 4.49 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{max}} > Q_{\text{diseño}}$$

4.49 >

1.86

CUMPLE



Si la sección hidráulica menor cumple con el máximo caudal de diseño, las demás secciones no tendrán ningún problema.

CAPITULO VIII

SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL

DEFINICIÓN

Se denominan Dispositivos para el Control del Tránsito, a las señales, marcas, semáforos y cualquier otro dispositivo que se coloca sobre o adyacentes a las carreteras, con el objetivo de prevenir, regular y guiar a los usuarios de las mismas. (Ramos Fernandez, 2017)

NORMATIVIDAD VIGENTE

El Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, mediante Resolución Ministerial R.M. N° 210-2000 MTC/15.12 del 03 de Mayo del 2000, aprobó el Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en calles y carreteras, de acuerdo con el Manual Interamericano, que reemplaza al Manual de Señalización de 1966 y a cualquier otro manual en uso, con la finalidad de definir el diseño y utilización de los dispositivos de control del tránsito (señales, marcas en el pavimento, semáforos y dispositivos auxiliares), destinados a obtener la necesaria e

imprescindible uniformidad de ellos en el país, contribuyendo al mejoramiento en el control y ordenamiento de tránsito en calles y caminos del Perú. (Ramos Fernandez, 2017)

21.1. FUNCIÓN DE LAS SEÑALES DE TRÁNSITO

Es la de controlar la operación de los vehículos en una vía proporcionando el ordenamiento del flujo del tránsito e informando a los conductores de todo lo que se relaciona con el camino que recorren. (Ramos Fernandez, 2017)

21.2. CLASIFICACIÓN DE LAS SEÑALES DE TRÁNSITO

- Señales Reguladoras o de Reglamentación.
- Señales Preventivas.
- Señales de Información.

21.2.1. Señales reguladoras o de reglamentación

21.2.1.1. Definición

Las señales reglamentarias tienen por objeto poner en conocimiento de los usuarios las restricciones o limitaciones que rigen en el uso de la vía y cuya infracción tiene como consecuencia el incumplimiento de las leyes de tránsito vehicular. (Ramos Fernandez, 2017)

21.2.1.2. Clasificación

Las señales de Reglamentación se dividen en:

- Señales relativas al derecho de paso.
- Señales prohibitivas o restrictivas.
- Señales de sentido de circulación.

21.2.1.3. Forma

- a) Señales relativas al derecho de paso:
 - Señal de "PARE" (R-1) de forma octogonal.
 - Señal de "CEDA EL PASO" (R-2) de forma triangular (Equilátero) con el vértice en la parte inferior.
- b) Señales prohibitivas o restrictivas de forma circular pudiendo llevar aparte una placa adicional rectangular con la leyenda explicativa del mensaje que encierra la simbología utilizada.
- c) Señales de sentido de circulación de forma rectangular y con su mayor dimensión horizontal (R-14).

21.2.1.4. Colores

- a) Señales relativas al derecho de paso:
 - Señal PARE (R-1) de color rojo, letras y marco blanco.
 - Señal CEDA EL PASO (R-2) de color blanco con franja perimetral roja.
- b) Señales de prohibición o restricción, de color blanco con símbolo y marco negro; el círculo rojo y la franja oblicua que representa la prohibición que se dibuja desde el cuadrante superior izquierdo al inferior derecho.
- c) Flechas blancas sobre señales de tráfico negras. La leyenda tendrá letras negras si se usa. Los colores coincidirán con lo sugerido en las instrucciones.

21.2.1.5. Dimensiones

- Señal de PARE (R-1): octágono de 0,75m x 0,75m
- Señal de CEDA EL PASO (R-2): triángulo equilátero de lado 0,90m
- Señales prohibitivas: círculo de diámetro 0,60m, cuadrado de 0,60m de lado, placa adicional de 0,60m x 0,40m.

El tamaño de los símbolos corresponderá a la disposición de cada uno de los signos reglamentarios representados en el citado documento.

Para señalar la prohibición se utilizará la diagonal que forme un ángulo de 45° con la vertical, y su ancho será igual al diámetro del círculo.

21.2.1.6. Ubicación

"Deberán colocarse a la derecha en el sentido del tránsito, en ángulo recto con el eje del camino, en el lugar donde exista la prohibición o restricción". (GUERRERO OBANDO, 2016)

21.2.1.7. Relación de Señales Restrictivas o de Reglamento

"Se muestran algunas señales que serán empleadas en el proyecto". (GUERRERO OBANDO, 2016)

– (R-1) Señal de pare

"Se usará exclusivamente para indicar a los conductores que deberán efectuar la detención de su vehículo" (GUERRERO OBANDO, 2016)

Esta señal generalmente se apoya con marcas en el pavimento que corresponden a la línea de alto y los pasos de peatones. Se colocará donde los vehículos deban detenerse a una distancia no inferior a 2 m del borde más próximo de la vía interceptada. (GUERRERO OBANDO, 2016)

– (R-2) Señal de ceda el paso

Se utilizará para señalar al conductor que está ingresando a un camino preferido y debe ceder el paso a los automóviles que circulan por ese camino; sólo se utiliza en situaciones en las que los sentidos de circulación son convergentes, no cuando se cruzan. (GUERRERO OBANDO, 2016)

De forma triangular con su vértice hacia abajo de color blanco con marco rojo.

Debe estar situado justo donde el automóvil que se aproxima debe detenerse o reducir la velocidad para ceder el paso al tráfico en movimiento en la carretera. (GUERRERO OBANDO, 2016)

– **(R-12) Señal prohibido cambiar de carril**

“De forma y colores correspondientes a las señales prohibitivas. Se utiliza para indicar al conductor que no debe cambiar de carril por donde circula y se colocará al comienzo de la zona de prohibición” (GUERRERO OBANDO, 2016)

– **(R-15) Señal mantenga su derecha**

Esquemas de forma y color que coinciden con los signos que son prohibitivos o restrictivos. Esta señal se utilizará para indicar la posición que debe ocupar el vehículo en determinadas zonas de la calzada en las que los coches deben circular respetando rigurosamente la derecha por la presencia de determinadas condiciones. Además, se empleará en situaciones en las que el automovilista vire con frecuencia a la izquierda. (GUERRERO OBANDO, 2016)

– **(R-16) Señal de prohibido adelantar**

Esquemas de forma y color que coinciden con las señales de advertencia. Se utilizará para informar al automovilista de que no está permitido rebasar a otro vehículo, generalmente debido a problemas de visión. Estará situado al inicio de las zonas de restricción. (GUERRERO OBANDO, 2016)

– **(R-30) Señal de velocidad máxima**

Esquemas de forma y color que coinciden con los signos que son prohibitivos o restrictivos. Se aplicará para indicar la velocidad máxima a la que se permiten los vehículos en movimiento. Se suele utilizar para recordar al usuario la importancia de la velocidad legal y las ocasiones en las que es necesario restringir la velocidad debido a la geometría de la vía o la proximidad a lugares específicos (urbanos, escuelas). (GUERRERO OBANDO, 2016)

– **(R-32) Señal peso máximo**

Esquemas de forma y color que coinciden con las señales de advertencia. Se utilizará para informar al usuario de la tonelada métrica de peso máximo permitido por vehículo. Se colocará en los tramos de vía donde se requiera conocer el peso total

máximo que puede soportar la infraestructura de vía. El círculo mostrará el valor correspondiente. (GUERRERO OBANDO, 2016)

– **(R-36) Señal ancho máximo permitido**

Esquemas de forma y color que coinciden con los signos que son prohibitivos o restrictivos. Se utilizará para indicar el ancho máximo que se permite que tengan los vehículos de carretera. Se colocará en aquellas zonas de la calzada donde las características geométricas impidan el paso de vehículos de mayor anchura que la indicada. (GUERRERO OBANDO, 2016)

21.2.2. Señales Preventivas

21.2.2.1. Definición

Cuando una condición de la carretera se acerca o ya está presente y hay una señal de advertencia, implica un peligro real o potencial que se puede evitar tomando las precauciones adecuadas. (CASTOPE CAMACHO, 2017)

21.2.2.2. Forma

Exceptuando las señales escolares, que serán de forma pentagonal, las señales especiales de "ZONA DE PROHIBICIÓN DE PASO", que serán de forma triangular, tipo banderola horizontal, las señales de curva "CHEVRON", que serán de forma rectangular, y las de "PASO A NIVEL DE FERROCARRIL". (Cruz de San Andrés), que tendrá forma cuadrada con uno de sus vértices hacia abajo formando un rombo que tendrá un diseño único. (CASTOPE CAMACHO, 2017)

21.2.2.3. Color

- Fondo y borde: Amarillo caminero
- Símbolos, letras y marco: Negro

21.2.2.4. Dimensiones

"Las dimensiones de las señales preventivas deberán ser tales que el mensaje transmitido sea fácilmente comprendido y visible, variando su tamaño de acuerdo a lo siguiente" (CASTOPE CAMACHO, 2017)

- Carreteras, avenidas y calles: 0,60m x 0,60m
- Autopistas, Caminos de alta velocidad: 0,75m x 0,75m

"En casos excepcionales y cuando se estime necesario llamar preferentemente la atención como consecuencia de alto índice de accidentes, se utilizará señales de 0,90m x 0,90m" (CASTOPE CAMACHO, 2017)

21.2.2.5. Ubicación

Deben colocarse lo suficientemente lejos del punto de colisión para dar al conductor tiempo suficiente para reducir la velocidad. La distancia se elegirá para asegurar la máxima eficiencia del dispositivo tanto de día como de noche, teniendo en cuenta el estado de la carretera. (CASTOPE CAMACHO, 2017)

Se ubicarán a la derecha en ángulo recto frente al sentido de circulación.

En general las distancias recomendadas son:

- En zona urbana 60 m - 75 m
- En zona rural 90 m - 180 m
- En autopista 300 m - 500 m

21.2.2.6. Relación de Señales Preventivas

Se mencionan las que se serán aplicadas en este proyecto:

- **(P-1A) Señal curva pronunciada a la derecha**
- **(P-1B) A la izquierda**

"Se usará para prevenir la presencia de curvas de radio menor de 40m y para aquellas de 40 a 80m de radio cuyo ángulo de deflexión sea mayor de 45°" (Horna Vigil, 2015)

– **(P-2A) Señal curva a la derecha, (p-2b) a la izquierda**

Se utilizará para evitar la presencia de curvas con radios entre 40 y 300 m y menos de 45° de ángulo de deflexión, así como curvas con radios entre 80 y 300 m y más de 45° de ángulo de deflexión. (Horna Vigil, 2015)

– **(P-3A) Señal curva y contra curva pronunciadas a la derecha, (p-3b) a la izquierda**

Para el empleo de la señal (P-I), se utilizarán para indicar la presencia de dos curvas orientadas en oposición y separadas entre sí por una tangente inferior a 60 metros. (Horna Vigil, 2015)

– **(P-4A) Señal de curva y contra curva a la derecha, (p-4b) a la izquierda**

"Se empleará para indicar la presencia de dos curvas de sentido contrario, con radios inferiores a 300 m y superiores a 80 m, separados por una tangente menor de 60m" (Horna Vigil, 2015)

– **(P-5A) Señal camino sinuoso a la derecha (p-5b) a la izquierda**

Para minimizar la necesidad de señales de curvas repetidas, se utilizará para indicar una serie de tres o más curvas. La señal de velocidad máxima (R-30) a menudo debe usarse para agregar una indicación adicional del límite de velocidad. (Horna Vigil, 2015)

– **Señales de cruce**

Estas señales de "cruce de caminos" se colocan en carreteras, en regiones rurales y, en raras circunstancias, en áreas metropolitanas para alertar a los conductores sobre la presencia inminente de un cruce, cruce o bifurcación. Los símbolos muestran

claramente las características geométricas de la intersección, el cruce o la bifurcación, y la ruta preferida se indica con un trazo más grueso. (Horna Vigil, 2015)

Estos letreros deben colocarse en todas las carreteras que se cruzan o contiguas para alertar a los conductores sobre las condiciones en la intersección, bifurcación o cruce. (Horna Vigil, 2015)

– **(P-8) Señal bifurcación en “y”**

“Se utilizarán para indicar la proximidad de una bifurcación en Y”. (Horna Vigil, 2015)

– **(P-14A) Señal de intersección en ángulo agudo con vía lateral secundaria derecha**

“Se utilizará para prevenir al conductor de la existencia de una intersección en ángulo agudo con vía lateral secundaria. Se colocará a una distancia de 100 m a 200 m de la intersección” (Horna Vigil, 2015)

– **(P-14B) Intersección en ángulo agudo con vía lateral secundaria izquierda**

Se utilizará para alertar al conductor de la presencia de una intersección con un camino lateral secundario que forma un ángulo agudo. Estará situado entre 100 y 200 metros del cruce. (Horna Vigil, 2015)

– **(P-48) Señal cruce de peatones**

“Se utilizará para advertir la proximidad de cruces peatonales. Los cruces peatonales se delimitarán mediante marcas en el pavimento” (Horna Vigil, 2015)

– **(P-49) Zona escolar**

"Se utilizará para indicar la proximidad de una zona escolar. Se empleará para advertir la proximidad de un cruce escolar". (Horna Vigil, 2015)

– **(P-51) Señal paso de maquinaria agrícola**

"Esta señal se utilizará para advertir la proximidad, en una carretera, de una zona de cruce o tránsito eventual de este tipo de vehículos" (Horna Vigil, 2015)

– **(P-53) Señal cuidado animales en la vía**

"Se utilizará para advertir la proximidad de zonas donde el conductor pueda encontrar animales en la vía" (Horna Vigil, 2015)

– **(P-56) Señal zona urbana**

"Se utilizará para advertir al conductor de la proximidad de un poblado con el objeto de adoptar las debidas precauciones" (Horna Vigil, 2015)

"Se colocará a una distancia de 200 m a 300 m antes del comienzo del centro poblado, debiéndose complementar con la señal R-30 de la Velocidad máxima que establezca el valor que corresponde al paso por el centro poblacional" (Horna Vigil, 2015)

– **(P-59) Aproximación a señal ceda el paso**

"Se utilizará ante la proximidad de una señal Ceda el Paso, la cual no es visible a la distancia suficiente para permitir al conductor detener su vehículo en la señal apropiada" (Horna Vigil, 2015)

– **(P-61) Señal chevron**

2Se utilizará como auxiliar en la delineación de curvas pronunciadas, colocándose solas o detrás de las guardavías" (Horna Vigil, 2015)

21.2.3. Señales de Información

21.2.3.1. Definición

El propósito de las señales de información es dirigir al conductor de un vehículo a lo largo de un camino específico para que pueda llegar a su destino. Junto con la identificación de puntos de referencia famosos como pueblos, ríos y sitios históricos, su propósito es proporcionar información que ayudará en el uso adecuado de la carretera. (Horna Vigil, 2015)

21.2.3.2. Clasificación

Las señales de información se agrupan de la siguiente manera:

A. Señales de Dirección

- Señales de destino
- Señales de destino con indicación de distancia
- Señales de indicación de distancia

B. Señales Indicadoras de Ruta

C. Señales de Información General

- Señales de información
- Señales de servicios auxiliares

El propósito de las señales de dirección es dirigir a los conductores a su destino final o a cualquier ubicación intermedia.

Los indicadores de ruta se utilizan para mostrar el número de ruta de la carretera, lo que facilita que los conductores los reconozcan mientras planifican su ruta de viaje.

La ubicación de los sitios de interés y los servicios públicos primarios conectados a las carreteras (Servicios Auxiliares) se indican al usuario mediante los Carteles de Información General.

21.2.3.3. Forma

La forma de las señales informativas será la siguiente:

- Las Señales de Dirección y Señales de Información General, a excepción de las señales auxiliares, serán de forma rectangular con su mayor dimensión horizontal.
- Las Señales Indicadores de Ruta serán de forma especial, tal como lo indica el Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para calles y carreteras.
- Las Señales de Servicios Auxiliares serán rectangulares con su mayor dimensión vertical, se utilizarán placas de dimensiones mínimas de 0,60 x 0,45 m. en el área urbana y de 0,90 x 0,60 m en el área rural.

21.2.3.4. Colores

- Señales de orientación. El fondo será verde con letras, flechas y un marco blanco para caminos rurales y carreteras grandes. El letrero tendrá un fondo blanco con letras negras y flechas en las rutas secundarias. Para distinguir las carreteras en el entorno urbano, las letras, flechas y marco blanco estarán sobre fondo azul en las carreteras y avenidas significativas.
- Señales Indicadores de Ruta.- Similar a las Señales de Dirección.
- Señales de Información General: Similar a las señales de Dirección a excepción de las señales de Servicios Auxiliares.
- Señales de Servicios Auxiliares: Serán de fondo azul con recuadro blanco, símbolo negro y letras blancas. La señal de Primeros Auxilios Médicos llevará el símbolo correspondiente a una cruz de color rojo sobre fondo blanco.

21.2.3.5. Dimensiones

Letreros que indican la dirección y la distancia: el tamaño del letrero dependerá principalmente de la longitud, la altura y el patrón de letras del mensaje utilizado para lograr la legibilidad adecuada.



Señales Indicadoras de Ruta: Son de proporciones especiales y están diseñadas de acuerdo al manual antes descrito.

Señales de Información General: En autovías y vías principales, serán de 0,80 x 1,20 m; en el resto de recorridos serán de 0,60 x 0,90 m. Los rótulos de Servicios Auxiliares serán de 0,90 x 0,60 m en zona rural y de 0,60 x 0,45 m en zona urbana.

21.2.3.6. Normas de diseño

En lo concerniente a las señales de Dirección e Información General se seguirán las siguientes normas de diseño:

- El borde y el marco de la señal tendrá un ancho mínimo de 1 cm y máximo de 2 cm.
- Las esquinas de las placas de las señales se redondearán con un radio de curvatura de 2 cm como mínimo y 6 cm como máximo, de acuerdo al tamaño de la señal.
- La distancia de la línea interior del marco a los límites superior e inferior de los renglones inmediatos será de 1/2 a 3/4 de la altura de las letras mayúsculas.
- La distancia entre renglones será de 1/2 a 3/4 de la altura de las letras mayúsculas.
- La distancia de la línea interior del marco a la primera o la última letra del renglón más largo variará entre 1/2 a 1 de la altura de las letras mayúsculas.
- La distancia entre palabras variará entre 0,5 a 1,0 de la altura de las letras mayúsculas.
- Cuando haya flechas, la distancia mínima entre palabra y flecha será igual a la altura de las letras mayúsculas.
- Cuando haya flecha y escudo, la distancia entre la flecha y el escudo será de 1/2 la altura de las letras mayúsculas.
- Las letras a utilizarse sean mayúsculas o minúsculas serán diseñadas de acuerdo al alfabeto modelo que se muestran el manual de Normas de

- Tránsito (anexo), asimismo las distancias entre letras deberán cumplir con lo indicado en el mencionado alfabeto modelo.
- El diseño de la flecha será el mismo para las tres posiciones: vertical, horizontal y diagonal. Su longitud será 1,5 veces la altura de la letra mayúscula, la distancia de la línea interior del marco a la flecha será de 0,5 -1,0 veces la altura de las letras mayúsculas.
 - El orden en que se colocarán los puntos de destino será el siguiente: primero el de dirección recta; segundo el de dirección izquierda y el tercero en dirección derecha.
 - Cuando la señal tenga dos renglones con flecha vertical, se podrá usar una flecha para las dos regiones, con una altura equivalente a la suma de las alturas de la letra más el espacio de los renglones.
 - Para dos renglones con flechas en posición diagonal se podrá usar una sola flecha de longitud equivalente a la suma de las alturas de las letras más el espacio entre renglones ya aumentada en una cuarta parte de la suma anterior.
 - Las señales informativas de dirección deben limitarse a tres renglones de leyendas; en el caso de señales elevadas sólo dos.
 - En las autopistas, la altura de las letras será como mínimo de 0,30 m, si son mayúsculas y de 0,20 m, si son minúsculas. En las avenidas y demás carreteras la altura de la letra será como mínimo, 0,15 m, las mayúsculas y 0,10 m, las minúsculas.

21.2.3.7. Ubicación

Como regla general, las señales de información deben colocarse en el lado derecho de la carretera o avenida para que los automovilistas puedan encontrarlas rápidamente. La ubicación de las señales también debe tener en cuenta la velocidad, la alineación, la visibilidad y las condiciones del camino de la carretera, camino, avenida o calle en particular, así como los resultados de los estudios pertinentes.

En las islas del canal o en el lado izquierdo de la carretera, ocasionalmente se puede colocar señalización. La señalización elevada debe instalarse en una serie de lugares debido a las necesidades operativas en carreteras o avenidas. Las siguientes razones apoyan la colocación de señales elevadas:

- Alto volumen de tránsito.
- Diseño de intercambios viales.
- Tres o más carriles en cada dirección.
- Restringida visión de distancia.
- Desvíos muy cercanos.
- Salidas Multicarril.
- Alto porcentaje de camiones.
- Alta iluminación en el medio ambiente.
- Tránsito de alta velocidad.
- Consistencia en los mensajes de las señales durante una serie de intercambios.
- Insuficiente espacio para colocar señales laterales.

21.2.3.8. Relación de Señales Informativas

"A continuación se presenta la relación de las señales informativas consideradas como más importantes". (CREATIVE COMMONS, 2015)

Indicadores de Ruta:

Las señales indicadores de ruta de acuerdo a la clasificación vial son:

- Indicador de Carretera del Sistema Interamericano.
- Indicador de Ruta Carretera Sistema Nacional.
- Indicador de Ruta Carreteras Departamentales.
- Indicador de Ruta Carreteras Vecinales.

"Las señales indicadores de ruta se complementan con señales auxiliares que indican dirección de las rutas así como la intersección con otra u otras rutas; dichas señales auxiliares pueden ser de advertencia o de posición" (CREATIVE COMMONS, 2015)

- **(1-4) Indicador de ruta carreteras vecinales**

Tendrá forma cuadrada, de 0,40 x 0,40 metros y de color negro. Se imprimirá un círculo blanco de 0,35 metros de diámetro con números negros que corresponden al número de ruta del camino que se visita. (CREATIVE COMMONS, 2015)

– **(1-5) Señales de destino**

(CREATIVE COMMONS, 2015)

Se colocarán frente a las intersecciones para orientar a los usuarios hacia la ruta a seguir para llegar a su destino. El tamaño cambiará dependiendo del mensaje que se esté transmitiendo. Tendrán una flecha con el nombre de la ubicación y un indicador de dirección al lado. En carreteras, deben colocarse entre 60 y 100 metros del cruce, siguiendo las señales de prevención de cruce, y junto a los indicadores de ruta.

– **(1-6) Señales de destino con indicación de distancias**

Se colocarán en las carreteras antes de las intersecciones para informar a los conductores sobre la distancia hasta el destino mostrado, así como la dirección a seguir para llegar a una ciudad o lugares específicos. A la derecha del nombre del pueblo o destino siempre deben estar los números que representan la distancia en kilómetros entre la señal y ese lugar. (CREATIVE COMMONS, 2015)

– **(1-7) Señales con indicación de distancias**

Se desplegarán en las carreteras para que los conductores sepan a qué distancia de la ubicación de la señal se encuentran los asentamientos o puntos de interés más cercanos. En la parte superior de la señal, se enumerarán el nombre y la distancia del vecindario directamente adyacente a la señal. En la parte inferior, se indicará el nombre y la distancia del vecindario al que se dirige la mayor parte del tráfico. La distancia no debe exceder las cuatro líneas. Se colocarán en las zonas rurales a intervalos no mayores de 30 km y en las salidas de las poblaciones a una distancia no mayor de un kilómetro. (CREATIVE COMMONS, 2015)

– **(1-8) Poste de kilometraje**



Se utilizarán para mostrar la distancia de un camino desde su punto de partida para determinar si el origen de cada camino está amparado por las normas que creó la Dirección General de Caminos. (CREATIVE COMMONS, 2015)

Los marcadores de distancia estarán separados por 5 km. Desde el inicio de la calzada hasta su conclusión, a la derecha y en el sentido del tráfico que se aproxima. (CREATIVE COMMONS, 2015)

La Dirección General de Carreteras podrá considerar que no es obligatorio colocar postes de distanciamiento en determinadas calzadas. (CREATIVE COMMONS, 2015)

Especificaciones:

- Concreto: 140 Kg/cm².
- Armadura: 3 fierros de 3/8" con estribos de alambre N° 8 a @0.20m. Longitud de 1,20 m.
- Inscripción: En bajo relieve de 12 mm de profundidad.
- Pintura: Los postes serán pintados en blanco con bandas negras de acuerdo al diseño, con tres manos de pintura al óleo.
- Cimentación: 0,50 x 0,50 de concreto ciclópeo.

– Señales de localización

Se utilizarán para denotar poblaciones o lugares interesantes, como ríos o poblaciones. Su mayor dimensión horizontal será de forma rectangular. El rectángulo de la señal tendrá una dimensión mínima de 0,50 m. (CREATIVE COMMONS, 2015)

A continuación se presentan modelos de estas señales:

I - 18

KM 23 + 960 INTEROCEANICA NORTE

CP. SAN CRISTOBAL

Fig. Señales de localización

– **Señales de servicios auxiliares**

Se utilizan para educar al usuario sobre los diversos servicios que ofrecen las carreteras y autopistas como parte del privilegio de utilizar la ruta. (CREATIVE COMMONS, 2015)

Su dimensión vertical máxima será rectangular y sus medidas mínimas serán de 0,60 m x 0,45 m. (CREATIVE COMMONS, 2015)

Serán de color azul, con un cartel negro sobre un cuadrado blanco con una leyenda de la distancia y, si la hubiera, una flecha blanca de dirección en su interior. (CREATIVE COMMONS, 2015)

– **Señal “Primeros Auxilios” (1-28)**

Llevará una cruz roja como emblema. Los letreros de Servicios Auxiliares deben ubicarse donde sean más efectivos durante el día y la noche para que el mensaje se pueda ver rápidamente. (CREATIVE COMMONS, 2015)

21.3. MARCAS EN EL PAVIMENTO

Generalidades

Para controlar el movimiento de los vehículos y mejorar la seguridad de su operación, se aplican marcas en el pavimento o en las obstrucciones. Se pueden usar junto con señales y semáforos en algunas situaciones, o se pueden usar solos como un

mecanismo único para controlar cómo se permite que los vehículos operen en la carretera. (CREATIVE COMMONS, 2015)

A. Uniformidad

Las marcas en el pavimento deben ser consistentes en su diseño, ubicación y uso para que el conductor las reconozca y comprenda de inmediato. (CREATIVE COMMONS, 2015)

B. Clasificación

"Teniendo en cuenta el propósito, las marcas en el pavimento se clasifican en (CREATIVE COMMONS, 2015)

a. Marcas en el Pavimento

- Línea central
- Línea de carril
- Marcas de prohibición de alcance y paso a otro vehículo
- Línea de borde de pavimento
- Líneas canalizadoras del tránsito
- Marcas de aproximación de obstáculos
- Demarcación de entradas y salida de autopistas
- Líneas de parada
- Marcas de paso peatonal
- Aproximación de cruce a nivel con línea férrea
- Estacionamiento de vehículos
- Letras y símbolos
- Marcas para el control de uso de los carriles de circulación.
- Marcas en los sardineles de prohibición de estacionamiento en la vía pública

b. Marcas en los Obstáculos

- Obstáculos en la vía
- Obstáculos fuera de la vía

c. Demarcadores Reflectores

- Demarcadores de peligro
- Delineadores

C. Demarcadores

(CREATIVE COMMONS, 2015)

El material utilizado para la señalización de aceras, bordes de calles o calzadas y objetos es pintura de tráfico TTP-115-E-III; sin embargo, previa aprobación de la autoridad competente, también se podrán utilizar pinturas de tránsito de igual o mejor calidad sobre otros materiales, tales como termoplásticos, concreto coloreado, cintas adhesivas para pavimento, o elementos individuales de marcación de pavimento "RPM o Studs".

La pintura se puede utilizar para demarcar áreas de forma manual o mecánica, pero se prefiere este último método porque la presión de la pintura permite que penetre en los poros del pavimento y dure más. (CREATIVE COMMONS, 2015)

Los marcadores de pavimento URPM individuales, también conocidos como postes, están hechos de plástico, componentes metálicos sobre cerámica y partes reflectantes, cada una de las cuales tiene un grosor máximo de dos milímetros. Se pueden instalar individualmente o en una fila continua. (CREATIVE COMMONS, 2015)

Los marcadores o montantes se utilizarán como ayuda para el posicionamiento, junto con otras marcas en el pavimento, u ocasionalmente en lugar de diferentes tipos de marcadores. (CREATIVE COMMONS, 2015)

Las marcas, que actúan como ayudas direccionales, coincidirán con las otras marcas en el pavimento en términos de color. (CREATIVE COMMONS, 2015)

En curvas, áreas con niebla, túneles, puentes y muchos otros lugares donde es necesaria una excelente visibilidad, estas señales son muy útiles, tanto de día como de noche. (CREATIVE COMMONS, 2015)

Blanco, amarillo, rojo y azul son los cuatro tonos primarios. El mismo mensaje se consolida cuando el blanco y el amarillo se utilizan por separado o en conjunto con las líneas pintadas en el pavimento. Las marcas rojas se utilizan para indicar peligro o para indicar la dirección opuesta al tráfico. (CREATIVE COMMONS, 2015)

Las ubicaciones de las bocas de incendios están marcadas con marcadores de color azul. (CREATIVE COMMONS, 2015)

Estos marcadores se dividen en monodireccionales (en una dirección de tráfico) y bidireccionales (en dos direcciones de tráfico) y tienen elementos reflectantes incorporados. (CREATIVE COMMONS, 2015)

Los marcadores individuales de más de 5,7 cm solo se pueden usar para crear bordillos o islas para dirigir el tráfico. (CREATIVE COMMONS, 2015)

D. Colores

2Los colores de pintura de tráfico a utilizarse será blanco y amarillo, cuyas tonalidades deberán conformarse con aquellas especificadas anteriormente" (CREATIVE COMMONS, 2015)

- Líneas Blancas: Indican separación de las corrientes vehiculares en el mismo sentido de circulación.
- Líneas Amarillas: Indican separación de las corrientes vehiculares en sentidos opuestos de circulación.

E. Tipos y anchos de las líneas longitudinales

"Los principios generales que regulan el marcado de las líneas longitudinales en el pavimento son" (CREATIVE COMMONS, 2015)

- Líneas segmentadas y discontinuas, sirven para demarcar los carriles de circulación de tránsito automotor.
- Líneas continuas, sirven para demarcar la separación de las corrientes vehiculares, restringiendo la circulación vehicular de tal manera que no deba ser cruzada.
- El ancho normal de las líneas es de 0,10 a 0,15 m para las líneas longitudinales de línea central y línea de carril, así como de las líneas de barrera.

Para las líneas de borde del pavimento tendrá un ancho de 0,10 m.

F. Reflectorización

Las microesferas de vidrio deben incorporarse a la pintura de tráfico TTP-115-E-III o dispersarse sobre ella en el momento de la aplicación para que las marcas en el pavimento sean visibles por la noche. (CREATIVE COMMONS, 2015)

Dosificación de esferas de vidrio recomendadas:

- Pistas de aeropuertos: 4,5 kgs/Gal
- Carreteras y autopistas: 3,5 kgs/Gal
- Vías urbanas: 2,5 kgs/Gal

G. Mantenimiento

Las marcas en el pavimento y en obstáculos adyacentes a la vía deberán mantenerse en buena condición. (CREATIVE COMMONS, 2015)

La frecuencia para el repintado de las marcas en el pavimento dependen del tipo de superficie de rodadura, composición y cantidad de pintura aplicada, clima y volumen vehicular. (CREATIVE COMMONS, 2015)

21.3.1. Marcas en pavimento y bordes de pavimento:

A. Línea central

Sirven para marcar el medio del soporte de la carretera de dos carriles para ambas direcciones de tráfico. En las carreteras se utilizará una línea discontinua con tramos de 4,50 m de largo y 7,50 m de separación; en las ciudades será de 3 y 5 metros, respectivamente. (CREATIVE COMMONS, 2015)

El color que se utilizará coincidirá con lo dicho anteriormente. (CREATIVE COMMONS, 2015)

(CREATIVE COMMONS, 2015)

La doble línea continua de 0,10 m de ancho, con 0,10 m de separación y pintada de amarillo, se requiere en carreteras con cuatro o más carriles de circulación que puedan soportar el tráfico en ambos sentidos. El eje de la calzada se corresponderá con el eje del espacio entre las dos líneas continuas y paralelas, y la doble línea amarilla que define el eje de la calzada establece una barrera imaginaria que separa las corrientes de tráfico en ambos sentidos.

En todos los caminos con cuatro o más carriles de tráfico que pueden acomodar vehículos que se mueven en ambas direcciones sin un separador central, así como en las siguientes carreteras pavimentadas: (CREATIVE COMMONS, 2015)

"De dos carriles de circulación y cuyo volumen de tránsito exceda 800 veh/día" (CREATIVE COMMONS, 2015)

"Carretera de dos carriles cuyo ancho de superficie de rodadura sea menor de 6,50 m. Cuando la incidencia de accidentes lo ameriten}" (CREATIVE COMMONS, 2015)

B. Línea de carril

"Las líneas de carril son utilizadas para separar los carriles de circulación que transitan en la misma dirección. Las líneas de carril deberán usarse" (CREATIVE COMMONS, 2015)

"En todas las autopistas, carreteras, avenidas de múltiples carriles de circulación"
(CREATIVE COMMONS, 2015)

(CREATIVE COMMONS, 2015)

Se requiere una mejor distribución del espacio que corresponda a las trayectorias de los automóviles en áreas de congestión de tráfico. Las líneas de los carriles son segmentadas o discontinuas, de 0,10 m a 0,15 m de ancho y de color blanco. En las carreteras, los tramos tienen una longitud de 4,50 m y están separados por 7,50 m; en áreas urbanas, están separadas por 3 m y 5 m, respectivamente.

C. Zonas donde se prohíbe adelantar

La intención de marcar las líneas que prohíben el adelantamiento es designar aquellos tramos de la carretera en los que la visión es insuficiente para que el conductor realice el movimiento con seguridad y alcance a otro vehículo. (CREATIVE COMMONS, 2015)

La construcción de zonas de no adelantamiento depende de la velocidad máxima permitida de la vía y la distancia mínima de adelantamiento en ella. (CREATIVE COMMONS, 2015)

Será obligatorio el uso de una línea continua paralela a la línea central, separada 0,10 m al lado del sentido de circulación que se controle, de 0,10 m de ancho y de color amarillo. La línea discontinua estará formada por tramos de 4,5 m de longitud separados 1,5 m y comenzará antes de la línea continua, en una zona de aviso variable entre 50 m ($V \leq 60$ km/h) y 100 m ($V > 60$ km/h). Será de 3 m y 1 m, respectivamente, para carreteras y zonas urbanas. (CREATIVE COMMONS, 2015)

El punto en el que la distancia mínima de visibilidad de adelantamiento es inferior a la exigida corresponde al inicio de la zona de adelantamiento, y el punto en el que la distancia mínima de visibilidad de adelantamiento es igual o superior a la exigida corresponde al final de la zona. (CREATIVE COMMONS, 2015)

Para cada sentido de la circulación se deberá señalizar la zona de prohibición de adelantamiento, y esta señalización deberá ir acompañada de las señales de

"PROHIBIDO PASAR" (R-16) y "NO Adelantar" (P-60) junto a la dirección de tráfico (CREATIVE COMMONS, 2015)

D. Línea de borde de pavimento

"Se utilizará para demarcar el borde del pavimento a fin de facilitar la conducción del vehículo, especialmente durante la noche y en zonas de condiciones climáticas severas. Deberá ser línea continua de 0,10 m de ancho de color blanco". (CREATIVE COMMONS, 2015)

E. Aproximación a obstáculos

Cuando no se puedan eliminar las obstrucciones en las vías, se debe advertir a los usuarios de su presencia y darles instrucciones sobre cómo evitar colisionar con ellas. Las marcas en el pavimento de aproximación complementarán las aplicables a la misma obstrucción, y las demarcaciones de aproximación de obstáculos deben utilizarse además de la señalización relacionada. (CREATIVE COMMONS, 2015)

La demarcación consistirá en una o más líneas diagonales que pasen a la derecha o a ambos lados de la obstrucción a una distancia de 0,30 a 0,60 metros de ésta, según se extiendan desde el centro de la calzada o carril hacia ella. Se debe utilizar la siguiente fórmula para determinar la longitud de la línea diagonal: (CREATIVE COMMONS, 2015)

$$L = S \times W \text{ (E.1)}$$

Dónde:

L = Longitud (m)

S = Velocidad Km/h (valor 85% de los usuarios)

W = Ancho del obstáculo (m)

(CREATIVE COMMONS, 2015)



La longitud mínima será de 80 metros en zona rural y de 30 metros en zona urbana. Es recomendable agregar líneas diagonales al triángulo producido si el tráfico fluye a ambos lados de la obstrucción. Para llamar la atención sobre el borde de la superficie de la carretera, se colocan delineadores, que son características verticales, en las curvas horizontales y el estrechamiento de la pista. Se utilizan con frecuencia en las secciones de relleno para evitar riesgos de accidentes para los vehículos, especialmente en condiciones de poca luz y de noche.

Los delineadores pueden ser de hormigón o de madera, dependiendo del tipo de material utilizado para construirlos. Pueden ser de hormigón simple o de hormigón armado. (CREATIVE COMMONS, 2015)

a. Delineadores de Concreto Simple

Se emplean en lugares con poca o ninguna vegetación. Serán de forma troncocónica, con una base de 30 cm de diámetro, una copa de 15 cm de diámetro y una altura de al menos 45 cm. La profundidad de los cimientos determinará la altura final. (CREATIVE COMMONS, 2015)

Se construirán en el mismo lugar donde se colocarán, que ya habrá sido excavado. (CREATIVE COMMONS, 2015)

Dependiendo de la topografía, un volumen cilíndrico de profundidad variable de 20 cm de diámetro debe servir como base. (CREATIVE COMMONS, 2015)

El concreto utilizado tendrá a los 28 días, una resistencia a la compresión de 100 Kg/cm², utilizándose para la fabricación encofrados metálicos o de madera del tipo desarmable. (CREATIVE COMMONS, 2015)

Los delineadores se pintarán de blanco y se colocarán 30 cm hacia adentro del borde que forma el talud de terraplén o 40 cm hacia afuera del borde del final de la berma (se elegirá la posición más cercana a la pista). También deberán tener una franja pintada con material reflectante amarillo en la parte superior de 15 cm de ancho y que se extienda por un tercio del perímetro de la sección transversal. (CREATIVE COMMONS, 2015)



b. Delineadores de Concreto Armado

Se utilizarán en lugares donde el desarrollo de las plantas podría hacer que el delineador de ojos sea menos visible. Tendrán forma de prisma triangular, con una base de 15 cm de lado y una altura de 1 metro. Serán prefabricados y requerirán un acabado completo antes de ser transportados al lugar de instalación. El revestimiento se enterrará en el lugar designado a una profundidad de 30 cm, asegurando la base de la unidad. A los 28 días el hormigón estará en su punto mínimo resistente (140 Kg/cm² de compresión). (CREATIVE COMMONS, 2015)

Tres barras de 3/8 de pulgada de diámetro por 0,95 metros de largo conformarán el refuerzo metálico del delineador, una en cada uno de los vértices de la unidad. (CREATIVE COMMONS, 2015)

Tres estribos formados por barras de idénticas dimensiones de 0,35 m de longitud servirán de anclaje a esta armadura. (CREATIVE COMMONS, 2015)

El producto terminado será pintado de blanco y requerirá una tira de material reflectante amarillo de 15 cm de ancho colocada en su parte superior y dos caras que dan a la calle. (CREATIVE COMMONS, 2015)

Cuando se trate de delineadores de hormigón complejos, la colocación de este tipo de delineadores se hará de acuerdo a lo dispuesto. (CREATIVE COMMONS, 2015)

c. Delineadores de Madera

(CREATIVE COMMONS, 2015)

Se utilizarán en rutas menos cruciales y en lugares donde sea rentable usarlos. Serán de forma cilíndrica, de 1 metro de altura y 15 cm de base. La madera estará seca, sana, de buena calidad y pelada. Se construirán en el lugar y deben terminarse completamente antes de transportarse al lugar de colocación. El forro se insertará en el lugar designado por una longitud de 30 cm, asegurando la base de la unidad. Una capa de asfalto comparable protegerá la longitud enterrada.

(CREATIVE COMMONS, 2015)

Cuando se trate de delineadores de hormigón complejos, la colocación de este tipo de delineadores se hará de acuerdo a lo dispuesto. La unidad terminada se pintará de blanco y en su parte superior deberá tener una franja pintada con material reflectante amarillo de 15 cm de ancho y un tercio de largo de la sección transversal.

21.3.2. Espaciamiento de delineadores

El ingeniero residente elegirá el espaciado del delineador según los parámetros de la curva horizontal o el estrechamiento de la carretera, pero generalmente oscila entre 5 y 20 metros. De acuerdo con el radio de la curva horizontal, los espacios recomendados se muestran en las tablas a continuación. (CREATIVE COMMONS, 2015)

ESPACIAMIENTO DE LOS DELINEADORES

RADIO DE LA CURVA HORIZONTAL (m)	ESPACIAMIENTO (m)
30	4.00
40	5.00
50	6.00
60	7.00
70	8.00
80	9.00
100	10.00
150	12.50
200	15.00
250	17.00
300	18.50
400	20.00
450	21.50
500	23.00
>500	24.00



ESPACIAMIENTO DE CHEVRONES

RADIO DE LA CURVATURA HORIZONTAL (m)	ESPACIAMIENTO EN CURVA (m)
15	5
50	10
75	12
100	15
150	20
200	22
250	24
300	27



CUADRO SEÑALES DE TRANSITO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA

"ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA KM 23 + 960 INTEROCEANICA NORTE - CP. SAN CRISTOBAL,

DISTRITO DE OLIVOS, PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION LAMBAYEQUE"

KILOMETRO	TIPO		TIPO	KILOMETRO
0+000	I-8		I-5	0+340
0+000	I-18			
0+660	P-2B			
1+000	I-8			1+000
			P-2A	1+080
1+220	P-2A		P-2B	1+500
1+780	R-30			
1+800	I-18			
1+920	P-2B			
2+000	I-8			2+000
			I-18	2+060
			R-30	2+100
			P-2A	2+180
2+460	P-2A		P-2B	2+760
3+000	I-8			3+000
3+240	P-2A		P-2B	3+540
3+560	P-2B		P-2A	3+920
3+880	P-2A			
4+000	I-8			4+000
			P-2B	4+180
4+380	P-2A		P-2B	4+640
4+700	P-2B		P-2A	4+940
5+000	I-8			5+000
5+340	P-2B		P-2A	5+600
5+800	P-2B			
6+000	I-8			6+000
			P-2A	6+160
6+480	R-30		I-18	6+720
6+500	I-18		R-30	6+860
6+600	P-2A		P-2B	6+920
7+000	I-8			7+000
7+080	P-2B		P-2A	7+380
7+600	P-2A		P-2B	7+840
8+000	I-8			8+000
8+140	P-2B		P-2A	8+440
8+540	P-2B		P-2A	8+780
9+000	I-8			9+000
9+040	P-2A		P-2B	9+300
9+380	P-2A		P-2B	9+680
9+820	P-2B			
10+000	I-8			10+000
			P-2A	10+100
10+340	P-2A		P-2B	10+680
10+640	P-2B		P-2A	10+980
11+000	I-8			11+000
11+280	P-2A		P-2B	11+580
11+980	P-2B			
12+000	I-8			12+000
12+820	P-2A		P-2A	12+240
13+000	I-8			13+000
			P-2B	13+080
13+120	P-2A		P-2B	13+400
13+380	P-2B		P-2A	13+640
14+000	I-8			14+000
14+040	P-2A		P-2B	14+320
14+620	P-2B		P-2A	14+900
15+000	I-8			15+000
15+580	P-2A		P-2B	15+860
15+780	P-34		P-34	15+960
16+000	I-8			16+000
16+260	P-2B		P-2A	16+540
16+720	P-2A		P-2B	16+960
17+000	I-8			17+000
17+120	R-30			
17+160	I-18			



CAPITULO IX

EVALUACIÓN DE

IMPACTO

AMBIENTAL



7.2. FACTORES Y ACCIONES AMBIENTALES

7.2.1. Generalidades

Podemos utilizar la información de la evaluación de impacto ambiental para crear el Plan de Manejo Ambiental. En cada avance carretero se evalúan los actos que tendrán mayor incidencia en los aspectos ambientales. Carretera Interoceánica N° 960 en el Kilómetro 23-Cabo San Cristóbal (Horna Vigil, 2015)

7.2.2. Factores Ambientales

9.1.2.1 Medio Físico

- Agua

"El área de estudio presenta este recurso en forma de pequeños canales de tierra, la cual es utilizada en la agricultura2 (Horna Vigil, 2015)

- **Calidad del agua:** Se ve afectado por el posible derrame del combustible de las maquinarias al momento de la construcción de la carretera. (Horna Vigil, 2015)

- Aire

- **Material particulado:** Generado por el corte del suelo, transporte de material de cantera.

- **Gases:** Generado por la combustión de la maquinaria

- **Ruidos:** generado por la maquinaria

- Suelos

"Constituido por un ancho mínimo de franja de 25 m a cada lado del eje a lo largo del recorrido de 17.321 km, haciendo un total de 86.61 Ha, De las cuales la gran mayoría son de uso agrícola" (Horna Vigil, 2015)

- **Cambio de uso:** de suelo natural a carretera.
- **Contaminación directa:** generado por el posible derrame del combustible de la maquinaria.

9.1.2.2 Medio biótico

- Flora

La vegetación nativa que crece a lo largo del camino del camino está compuesta principalmente por arbustos; especies como sauce, guarango, guaba, taya y chirimoya, entre otras, se utilizan como forraje de cabras. (CASTOPE CAMACHO, 2017)

También hay muchos tipos diferentes de pastos, algunos de los cuales pueden ser bastante nutritivos para el ganado en crecimiento. (CASTOPE CAMACHO, 2017)

En cuanto a los usos presentes y futuros del suelo, los principales cultivos incluyen, entre otros, limón, chile, guayaba, naranja, maíz (*Zea mays* Poaceae), frijol (*Phaseolus vulgaris* Fabaceae), pastos y forrajes. (CASTOPE CAMACHO, 2017)

- Fauna

Esta región alberga una gran variedad de mamíferos, reptiles, aves e insectos, incluidas las "palomas" (*Columba fasciata*), etc. (CASTOPE CAMACHO, 2017)

También hay animales domésticos como pollos, patos, pavos y otras aves, así como ganado vacuno y, en menor medida, caballos, ovejas y cerdos. (CASTOPE CAMACHO, 2017)

9.1.2.3 Medio Socioeconómico

- **Paisaje:** El riesgo de alteración del paisaje natural se incrementará por la pérdida de cobertura vegetal, movimientos de tierra durante la



construcción de accesos, extracción de material de cantera y uso de depósitos de residuos. (Horna Vigil, 2015)

- **Salud y seguridad:** La accesibilidad a los servicios de salud (tiempos de viaje) se verá obstaculizada durante la construcción de la carretera; sin embargo, esto mejorará una vez que la ruta esté operativa. (Horna Vigil, 2015)
- **Calidad de vida:** con la construcción de la carretera se mejorara el transporte, productividad, ingresos
- **Empleo:** Los trabajos de construcción están disponibles en los caseríos de San Cristóbal, Laguna Larga, Olmos y el Centro Poblado Pasabar los Mayangas. (Horna Vigil, 2015)
- **Efecto barrera:** Es la alteración del ambiente físico la que tendrá un impacto negativo en el ambiente biótico (flora y fauna), lo cual es difícil de cuantificar, especialmente en el contexto de la población humana que reside en las áreas circundantes. El efecto barrera ya estaba presente en el lugar de la investigación debido a que el camino allí solía ser un camino de vía Carrozable. (Horna Vigil, 2015)

El camino deberá discurrir en tramos en la mayor medida posible para evitar un desnivel significativo entre el camino y el terreno natural circundante, que tendrá un impacto adverso sobre la fauna. (Horna Vigil, 2015)

7.2.3. Acciones de impacto ambiental

- Desbroce y tala
- Corte de terreno
- Relleno de terreno
- Transporte de material de cantera
- Conformación de afirmado
- Disposición del material excedente



7.3. EVALUACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

9.2.1 Método de evaluación

Para la evaluación de los impactos se utilizara el método matricial, elaborándose las matrices de importancia y de convergencia. (Horna Vigil, 2015)

9.2.1.1 Matriz de importancia

A la matriz de importancia se accede una vez creada la matriz de identificación de impactos. Los valores de los parámetros relevantes se eligen en cada cuadrícula de interacción y se calcula el valor significativo.

El siguiente algoritmo se utiliza para calcular el valor de importancia del impacto:

$$I = \pm (3IN+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC)$$

Dónde:

- **Intensidad (IN):** Refiere el grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en que actúa.
- **Extensión (EX):** Referido al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del Proyecto.
- **Momento (MO):** El plazo de manifestación del impacto alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto, sobre el factor del medio considerado.
- **Persistencia (PE):** Tiempo que permanecería el efecto desde su aparición y a partir del cual el Factor afectado retornaría a las condiciones iniciales. (Forma natural o por correctivos).



- **Reversibilidad (RV):** Posibilidad de reconstrucción del Factor afectado por el Proyecto.
- **Sinergia (SI):** La componente total de la manifestación de los Efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que se podría esperar de la manifestación de efectos cuando las acciones que las provocan actúan de, manera independiente no simultánea.
- **Acumulación (AC):** Da idea el incremento progresivo de la manifestación del efecto.
- **Efecto (EF):** Atributo que se refiere a la relación Causa – Efecto, es decir la forma de manifestación del Efecto sobre un Factor, como consecuencia de una Acción.
- **Periodicidad (PR):** Referido a la regularidad de la manifestación del efecto.
- **Recuperabilidad (MC):** Referido a la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de la intervención humana (Uso de medidas correctivas).



IMPORTANCIA DEL IMPACTO



NATURALEZA		INTENSIDAD (I) (Grado de destrucción)	
Impacto Beneficioso	+	Baja	1
Impacto Perjudicial	-	Media	2
		Alta	4
		Muy Alta	8
		Total	12
EXTENSIÓN (EX) (Área de influencia)		MOMENTO (MO) (Plazo de manifestación)	
Puntual	1	Largo plazo	1
Parcial	2	Medio plazo	2
Extenso	4	Inmediato	4
Total	8	Crítico	(+4)
Crítica	(+4)		
PERSISTENCIA (PE) (Permanencia del efecto)		REVERSIBILIDAD (RV)	
Fugaz	1	Corto plazo	1
Temporal	2	Medio plazo	2
Permanente	4	Irreversible	4
SINERGIA (SI) (Regularidad de la manifestación)		ACUMULACIÓN (AC) (Incremento progresivo)	
Sin sinergismo (simple)	1	Simple	1
Sinérgico	2	Acumulativo	4
Muy sinérgico	4		
EFECTO (EF) (Relación causa-efecto)		PERIODICIDAD (PR) (Regularidad de la manifestación)	
Indirecto (secundario)	1	Irregular o aperiódico y discontinuo	1
Directo	4	Periódico	2
		Continuo	4
RECUPERABILIDAD (MC) (Reconstrucción por medios humanos)		IMPORTANCIA (I)	
Recuperable de manera inmediata	1	$I = \pm (3I+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC)$	
Recuperable a medio plazo	2		
Mitigable	4		
Irrecuperable	8		

Fuente: Conesa, (1997)

Tipo de Impacto	Color	Abreviatura	Símbolo	Rango
Positivo	Verde	+		+ 13 a + 100
Negativo Irrelevante	Celeste	I		- 13 a - 25
Negativo Moderado	Amarillo	M		-26 a - 50
Negativo Severo	Naranja	S		-51 a -75
Negativo Crítico	Rojo	C		-76 a -100

La relevancia del impacto se mide utilizando números entre 13 y 100. Los impactos con niveles de significancia menores a 25 son no importantes o compatibles, aquellos con valores de importancia de 25 a 50 son moderados, aquellos con valores de importancia de 50 a 75 son severos y aquellos con importancia los valores de más de 75 son críticos. (CASTOPE CAMACHO, 2017)

Ponderación de los componentes según su respectiva relevancia: Los factores ambientales varían en importancia. Es vital analizar la relevancia relativa de los componentes en términos de su mayor o menor contribución a la condición ambiental porque cada factor representa solo una pequeña porción del medio ambiente. (CASTOPE CAMACHO, 2017)

Para lograr esto, a cada componente ambiental se le asigna un peso o índice ponderal, expresado en unidades de importancia (UIP), y el valor otorgado a cada elemento está determinado por la distribución relativa de las 1000 unidades otorgadas a todos los factores ambientales. (CASTOPE CAMACHO, 2017)

9.2.1.2 Matriz de convergencia

Con el fin de identificar y evaluar los efectos ambientales positivos y negativos que pudieran tener un impacto en los elementos físicos, biológicos y socioeconómicos del ecosistema donde se ubica el proyecto, el método examina minuciosamente las diversas actividades realizadas durante la ejecución del proyecto comenzando con la etapa de construcción identificar los elementos ambientales más importantes que podrían tener un impacto en el proyecto. (CASTOPE CAMACHO, 2017)

PARAMETROS AMBIENTALES DEL METODO DE BETELLE-COLUMBUS

IMPACTOS AMBIENTALES			
Ecología (240)	Contaminación ambiental (402)	Aspectos estéticos (153)	Aspectos de interés humanos (205)
Especies y Poblaciones Terrestres (14) Pastizales y praderas (14) Cosechas (14) Vegetación natural (14) Especies dañinas (14) Aves de caza continentales Acuáticas (14) Pesquerías comerciales (14) Vegetación natural (14) Especies dañinas (14) Aves acuáticas (14) Pesca deportiva 140	Contaminación del agua (20) Pérdidas en las cuencas hidrográficas (25) DBO (31) Oxígeno disuelto (18) Coliformes fecales (22) Carbono inorgánico (25) Nitrógeno inorgánico (28) Fosfato inorgánico (16) Plaguicidas (18) pH (28) Variaciones de flujo de la corriente (28) Temperatura (25) Sólidos disueltos totales (14) Sustancias tóxicas (20) Turbidez 318	Suelo (6) Material geológico superficial (16) Relieve y caracteres topográficos (10) Extensión y alineaciones 32 Aire (3) Olor y visibilidad (2) Sonidos 5 Agua (10) Presencia de agua (16) Interfase agua-tierra (6) Olor y materiales flotantes (10) Área de la superficie de agua (10) Márgenes arboladas y geológicas 52	Valores educacionales y científicos (13) Arqueológico (13) Ecológico (11) Geológico (11) Hidrológico 48 Valores históricos (11) Arquitectura y estilos (11) Acontecimientos (11) Personajes (11) Religiones y culturas (11) Frontera del oeste 55 Culturas (14) Indios (7) Otros grupos étnicos (7) Grupos religiosos 28 Sensaciones (11) Admiración (11) Aislamiento, soledad (4) Misterio (11) Integración con la naturaleza 37 Estilos de vida (patrones culturales) (13) Oportunidades de trabajo (13) Vivienda (11) Interacciones sociales 37
Hábitats y comunidades Terrestres (12) Cadenas alimenticias (12) Uso del suelo (12) Especies raras y en peligro (14) Diversidad de especies Acuáticas (12) Cadenas alimenticias (12) Especies raras y en peligro (12) Características fluviales (14) Diversidad de especies 100	Contaminación atmosférica (5) Monóxido de carbono (5) Hidrocarburos (10) Óxidos de nitrógeno (12) Partículas sólidas (5) Oxidantes fotoquímicos (10) Óxidos de azufre (5) Otros 52 Contaminación del suelo (14) Uso del suelo (14) Erosión 28 Contaminación por ruido (4) Ruido 4	Biota (5) Animales domésticos (5) Animales salvajes (9) Diversidad de tipos de vegetación (5) Variedad dentro de los tipos de vegetación 24 Objetos artesanales (10) Objetos artesanales 10 Composición (15) Efectos de composición (15) Elementos singulares 30	

Fuente: Conesa, (1997)

7.4. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

“Los factores ambientales más afectados por la construcción de la carretera KM 23 + 960 INTEROCEANICA NORTE – CP. SAN CRISTOBAL son”: (Horna Vigil, 2015)

- El paisaje con una importancia absoluta de -3,219 e importancia relativa de 303.68, con un porcentaje de 15.50 %. (Horna Vigil, 2015)
- La biodiversidad con una importancia absoluta de -3,219 e importancia relativa de 282.43, con un porcentaje de 14.47%. (Horna Vigil, 2015)
- El factor ambiental positivo con una importancia absoluta y relativa es el que corresponde al Empleo, con valores de +1,914 y 156.49 respectivamente, con un porcentaje de 7.99%. (Horna Vigil, 2015)

En general, podemos afirmar que el proyecto tiene un Impacto Ambiental Moderadamente Negativo; como resultado, se deben implementar y llevar a cabo medidas de mitigación para compensar las actividades más perjudiciales destacadas en el estudio. (Horna Vigil, 2015)

7.5. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

7.5.1. Generalidades

El movimiento de tierra, el movimiento de equipos y el transporte de materiales son algunas de las actividades involucradas en la construcción de la carretera "KM 23 + 960 INTEROCEANICA NORTE - CP. SAN CRISTOBAL". Para estas actividades se propone un plan de gestión ambiental, que establecerá un sistema de control que asegure el cumplimiento de las acciones y medidas preventivas y correctivas. (Horna Vigil, 2015)

A fin de equilibrar las consideraciones ambientales con la propuesta técnica propuesta para la ejecución, se considera de especial relevancia la coordinación intersectorial y local en este sentido. (Horna Vigil, 2015)

7.5.2. Medidas de mitigación, control y prevención ambiental

“En este punto se identificarán las medidas necesarias para evitar daños innecesarios derivados de la falta de cuidado o de planificación deficiente de las operaciones del proyecto” (Horna Vigil, 2015)

a) Emisiones de material particulado

Debe mojarse con frecuencia para evitar la acumulación de material particulado, que se amplifica en caminos no pavimentados junto a canteras, trituradoras, asfaltadoras y campers. (Horna Vigil, 2015)

Para reducir la emisión de polvo, se deben utilizar lonas húmedas para cubrir el transporte de material desde las canteras. (Horna Vigil, 2015)

Los empleados y las personas cercanas que estén expuestas a la contaminación por partículas deben usar máscaras. (Horna Vigil, 2015)

b) Emisiones Sonoras

Para evitar la emisión de ruidos excesivos por mala regulación y/o calibración que afecten a la población y al personal del proyecto, se deberá examinar el estado de los silenciadores de los equipos y maquinarias a utilizar. (Horna Vigil, 2015)

Durante la implementación del proyecto, tanto los empleados como los residentes deben usar tapones para los oídos. (Horna Vigil, 2015)

c) Emisiones de Gases

Para evitar la inhalación de gases nocivos, el equipo de trabajo responsable de la creación y el mantenimiento de la mezcla asfáltica debe usar protectores para la boca y la nariz con filtro de aire. Quedará terminantemente prohibida la quema de cualquier tipo de basura sólida. Las emisiones de gases reducidas se logran manteniendo la maquinaria pesada y los equipos móviles en buenas condiciones mecánicas y de carburación. (Horna Vigil, 2015)

d) Calidad de agua

“Los residuos líquidos y sólidos (aguas servidas, residuos de lubricante, grasas, combustibles y otros), excedentes no serán arrojados a las fuentes de agua” (Horna Vigil, 2015)

e) Contaminación de los suelos

Para evitar que se dañe la calidad de los suelos de la zona, la excavación de canteras, la construcción de campamentos y la ubicación de la planta de asfalto se alejarán de los suelos fructíferos. (Horna Vigil, 2015)

Instalar un espacio adecuado para el lavado y cambio de aceite, cubrirlo con láminas impermeables revestidas con arena u hormigón y almacenar el aceite usado en bidones para su transporte a los lugares autorizados. (Horna Vigil, 2015)

Si ocurre un derrame no intencional, se debe humedecer el área y se debe sacar el artículo dañado lo más rápido posible. (Horna Vigil, 2015)

Los vastos taludes de corte y relleno deben volver a plantarse con árboles una vez finalizada la construcción. (Horna Vigil, 2015)

f) Alteración Paisajista

La eliminación de material no deberá ser dejada a los costados de la vía, estos serán ubicados en los botaderos asignados. (Horna Vigil, 2015)

g) Efectos en la Salud

Al transportar y desechar asfalto líquido, los empleados deben tener acceso a un botiquín de primeros auxilios suficiente que pueda protegerlos de la inhalación de gases y quemaduras y, si es necesario, llevarlos a instalaciones médicas. (Horna Vigil, 2015)

El personal que trabaja en el sitio de construcción debe conocer los requisitos adecuados de higiene del campamento y de higiene personal. (Horna Vigil, 2015)

Los trabajadores deberán poseer certificado de salud vigente del área de salud correspondiente. (Horna Vigil, 2015)

Habrà una lista de las instalaciones médicas más cercanas a las zonas de trabajo.(Horna Vigil, 2015)

h) Generación de Empleo

En la medida de lo posible, se debe desarrollar una clasificación de las personas con las necesidades más altas para contratar personal, especialmente mano de obra no calificada. (Horna Vigil, 2015)

CAPITULO X

METRADO, PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA DE OBRA

21.4. METRADOS:

01.0 OBRAS PROVISIONALES

01.01 CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA 3.60 m * 2.40 m

Progresiva	Cantidad	Ubicación
00 + 000	1.00	Km 23 + 960 Interoceánica Norte
Total (und)	1.00	

01.02 MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPO Y MAQUINARIA**- Distribución por pesos del equipo a utilizar**

Und	Tipo de vehículo a movilizar y desmovilizar	Peso (kg)	Distribución de pesos (tn)	
			En tráiler	En equipo propio
1	Cargador Frontal	16,584	16.58	
1	Rodillo Vib.LisoAutop.	11,100	11.10	
1	Motoniveladora 145 HP	13,540	13.54	
1	Mezcladora de Concreto	500		0.50
TOTAL			41.22	0.50

- Número de viajes por tipo de vehículo de carga

Tipo de vehículo de carga	Capacidad efec. peso (tn)	Peso carga equipos (tn)	*Nº de viajes
Plataforma	19	41.22	3
Volquete	26	0.50	1

* N° de Viajes: Estimados según la capacidad en peso y en espacio libre

- Costo de la movilización y desmovilización de equipos

Nº und	Tipo de vehículo	Costo en soles	
		Alquiler / día	Subtotal
1	CISTERNA	320.00	320.00

4	VOLQUETE	440.00	1,760.00
3	PLATAFORMA	1,200.00	3,600.00
TOTAL			5,680.00

Monto movilización	S/.5,680.00
Monto desmovilización	S/.5,680.00
TOTAL DE MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN	S/.11,360.00

* Se está considerando la movilización y desmovilización de maquinaria dentro de la Región

01.03 CAMPAMENTO, OFICINAS PROVISIONALES Y PARQUE DE EQUIPOS

Progresiva	Und.
0 + 000	1.00
8 + 500	1.00

Metrado: 1.00Glb

- Desagregado de campamento

DESCRIPCIÓN	Meses	M2
1. Alberge personal	3.00	40
2. Almacén de insumos y materiales	3.00	40
3. Parqueo de maquinaria	3.00	0
4. Servicios higiénicos (02 Letrinas Transp.)		

Será del tipo desmontable; compuesto de Triplay, columnas, vigas de madera y calamina.

Parqueo: No se considera costo alguno, por tratarse de áreas libres

Área Total = 400 m²

02.00 TRABAJOS PRELIMINARES

02.01 TRAZO Y REPLANTEO DE OBRA

Progresiva	Distancia
------------	-----------

			(km)
km 0 + 000	-	Km 17 + 321	17.321
Total			17.321

02.02 CONTROL TOPOGRAFICO

Progresiva			Distancia (km)
km 0 + 000	-	Km 17 + 321	17.321
Total			17.321

02.03 DESBROCE Y TALA

Progresiva		Distancia (ha)
km 0 + 000	Km 1 + 000	1.00
km 1 + 000	Km 2 + 000	1.00
km 2 + 000	Km 3 + 000	1.00
km 3 + 000	Km 4 + 000	1.00
km 4 + 000	Km 5 + 000	1.00
km 5 + 000	Km 6 + 000	1.00
km 6 + 000	Km 7 + 000	1.00
km 7 + 000	Km 8 + 000	1.00
km 8 + 000	Km 9 + 000	1.00
km 9 + 000	Km 10 + 000	1.00
km 10 + 000	Km 11 + 000	1.00
km 11 + 000	Km 12 + 000	1.00
km 12 + 000	Km 13 + 000	1.00
km 13 + 000	Km 14 + 000	1.00
km 14 + 000	Km 15 + 000	1.00
km 15 + 000	Km 16 + 000	1.00
km 16 + 000	Km 17 + 321	1.321
Total		17.321

03.00 MOVIMIENTO DE TIERRAS

03.01 CORTE DE MATERIAL SUELTO RENDIMIENTO = 400 m3/día

Progresiva		Volumen (m³)
km 0 + 000	Km 17 + 321	902.12

03.02 CONFORMACIÓN DE TERRAPLENES

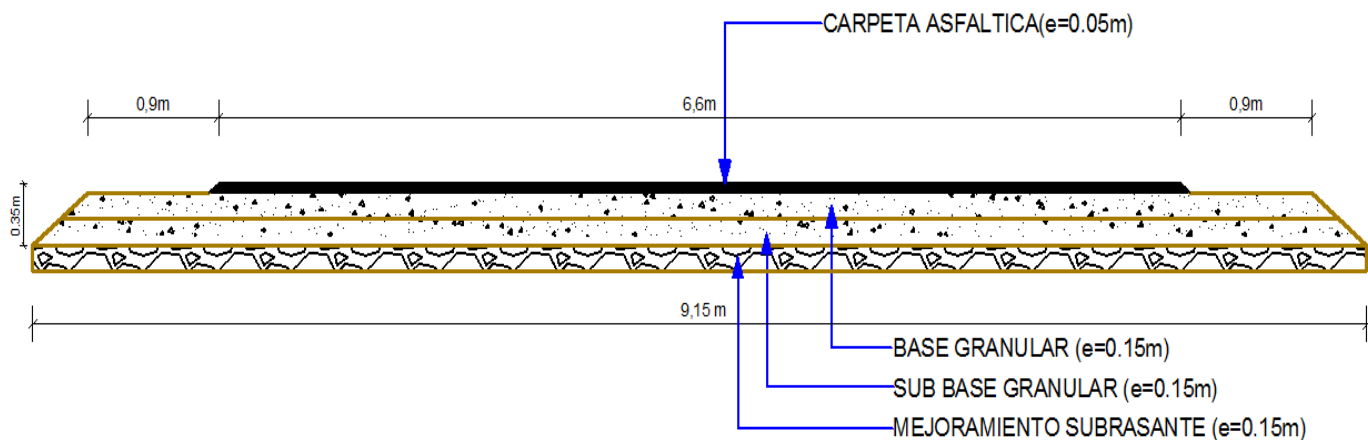
Progresiva		Volumen (m³)
km 0 + 000	Km 1 + 000	5,532.33
km 1 + 000	Km 2 + 000	6,007.27
km 2 + 000	Km 3 + 000	6,183.06
km 3 + 000	Km 4 + 000	4,594.38
km 4 + 000	Km 5 + 000	5,094.83
km 5 + 000	Km 6 + 000	3,947.62
km 6 + 000	Km 7 + 000	8,866.30
km 7 + 000	Km 8 + 000	7,716.23
km 8 + 000	Km 9 + 000	6,177.64
km 9 + 000	Km 10 + 000	5,945.09
km 10 + 000	Km 11 + 000	3,956.43
km 11 + 000	Km 12 + 000	5,216.03
km 12 + 000	Km 13 + 000	6,463.58
km 13 + 000	Km 14 + 000	4,932.63
km 14 + 000	Km 15 + 000	5,275.22
km 15 + 000	Km 16 + 000	3,656.62
km 16 + 000	Km 17 + 321	4,351.10
Total		93,916.36

03.03 ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DE CORTE

Progresiva		Volumen (m³)
km 0 + 000	Km 17 + 321	1,127.65

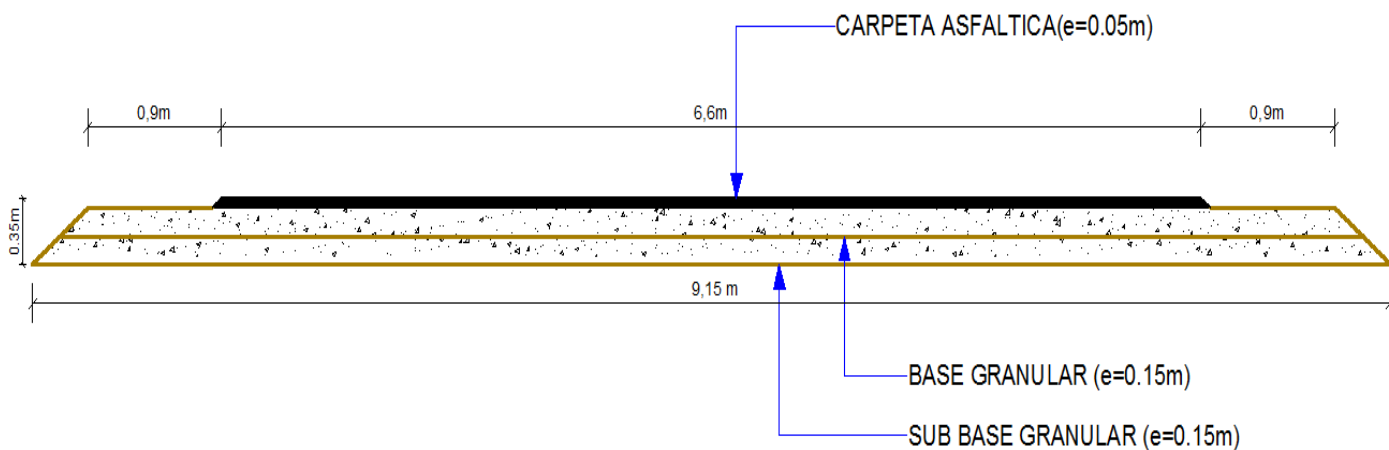
04.00 PAVIMENTOS

04.01 MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON OVER E=0.4m



Kilometraje	Distancia m	Ancho m	Perfilado m ²
km 4 + 500 - km 5 + 500	1,000	9.15	9,150.00
Total			9,150.00

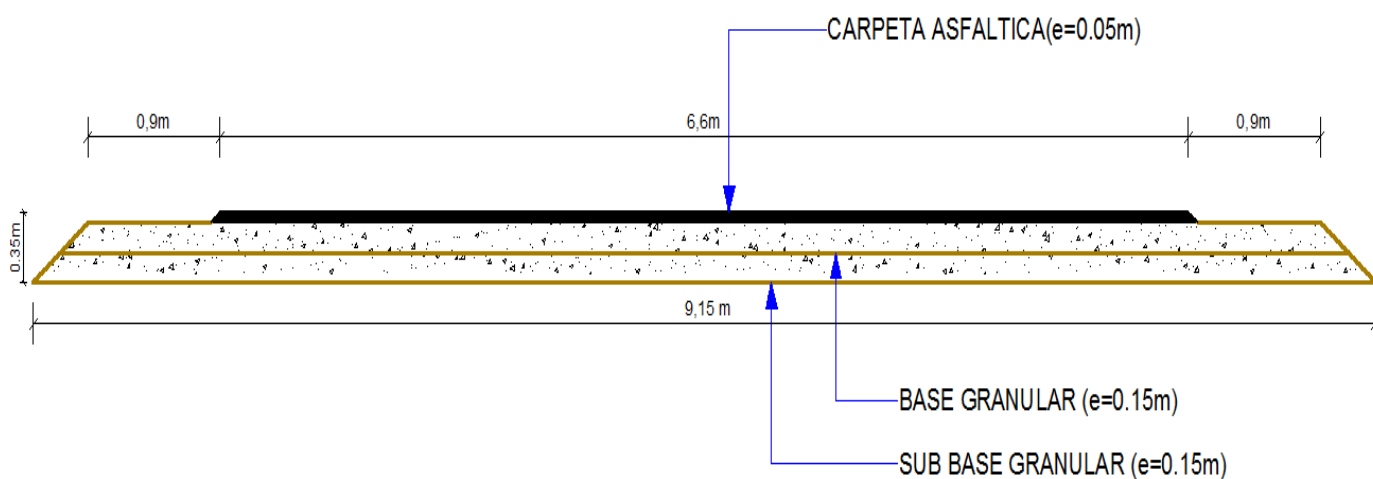
04.02 PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE



Kilometraje	Distancia	Dimensiones (m)	Perfilado
-------------	-----------	-----------------	-----------

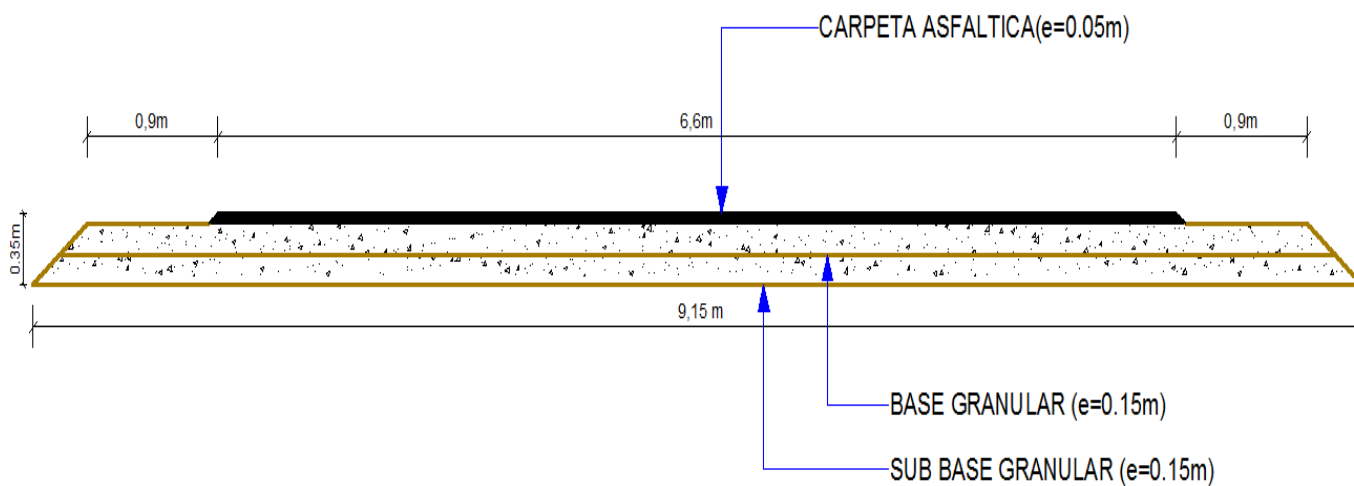
	m	Ancho menor	Ancho mayor	Ancho prom.	m ²
km 0 + 000 - km 17 + 321	17,321	8.4	9.15	8.775	158,487.15
Total					158,487.15

04.03 SUB BASE (e = 0.15 m)



Kilometraje	Distancia m	Dimensiones		Metrado	
		Área m ²	Espesor m	m ³	m ²
km 0 + 000 - km 17 + 321	17,321	1.3444	0.15	23,286.35	155,242.35
Total					155,242.35

04.04 BASE (e = 0.15 m)



Kilometraje	Distancia	Dimensiones	Metrado
-------------	-----------	-------------	---------

	m	Área m ²	Espesor m	m ³	m ²
km 0 + 000 - km 17 + 321	17,321	1.2881	0.15	22,311.18	148,741.20
Total					148,741.20

04.05 IMPRIMANTE ASFÁLTICA CON MC - 30

Kilometraje	Distancia m	Ancho m	Perfilado m ²
km 0 + 000 - km 17 + 321	17,321	6.6	114,318.60
Total			114,318.60

04.06 CARPETA ASFALTICA EN FRIO DE 2"

Kilometraje	Distancia m	Dimensiones		Metrado	
		Área m ²	Espesor m	m ³	m ²
km 0 + 000 - km 17 + 321	17,321	0.333	0.05	5,767.893	115,357.86
Total					115,357.86

04.07 SELLO ASFALTICO

Kilometraje	Metrado m ²
km 0 + 000 - km 17 + 321	115,357.86
Total	115,357.86

04.08 TRANSPORTE DE MATERIAL MAYOR A 1 KM DE DISTANCIA

Kilometraje	Metrado m ³ - km
km 0 + 000 - km 17 + 321	139,513.89
Total	139,513.89

05.00 OBRAS DE ARTE Y DRENAJE

05.01 ALCANTARILLAS TIPO MARCO

05.01.01 LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS

05.01.01.01 LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS EXISTENTES

Descripción	Metrado und
Alcantarillas existentes	06

05.01.02 CONSTRUCCION DE ALCANTARILLAS TIPO MARCO

Descripción	Metrado und
Alcantarillas proyectadas	06

05.02 BADEN DE CONCRETO

05.02.01 BADEN DE CONCRETO L=60m

Descripción	Metrado und
Badén proyectado	01

06.00 SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL

06.01 SEÑALIZACION

06.01.01 POSTES KILOMETRICOS

Kilometraje	Distancia m	Unidades
km 0 + 000 - km 17 + 321	17,321	18
Total		18

06.01.02 SEÑALES REGULADORAS O REGLAMENTARIAS

Kilometraje	Distancia m	Unidades
km 0 + 000 - km 17 + 321	17,321	05
Total		05

06.01.03 SEÑALES PREVENTIVAS

Kilometraje	Distancia m	Unidades
km 0 + 000 - km 17 + 321	17,321	64
Total		64

06.01.04 SEÑALES INFORMATIVAS

Kilometraje	Distancia m	Unidades
km 0 + 000 - km 17 + 321	17,321	07
Total		07

06.02 SEGURIDAD VIAL

06.02.01 ELABORACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

06.02.01.01 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

06.02.01.02 EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA

06.02.01.03 EXÁMENES MÉDICOS OCUPACIONALES (INGRESO Y DE RETIRO)

06.02.01.04 RECURSOS PARA RESPUESTAS ANTE EMERGENCIAS

07.00 IMPACTO AMBIENTAL

07.01 CLAUSULA DE SILOS Y RELLENOS SANITARIOS

07.02 REVEGETALIZACION

07.03 ACONDICIONAMIENTO Y RESTAURACION DE CANTERA

07.04 PLAN DE MEDIDAS DE CONTROL AMBIENTAL

07.05 MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS

07.05.01 CONTENEDOR DE RESIDUOS SOLIDOS

07.05.02 DISPOSICION DE RESIDUOS SOLIDOS

08.00 OTROS

08.01 FLETE PARA TRANSPORTE DE MATERIALES A LA OBRA

08.02 LIMPIEZA FINAL DE LA OBRA

Kilometraje	Metrado km
km 0 + 000 - km 17 + 321	17.321
Total	17.321

CAPITULO XI

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

21.5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES

01.0 OBRAS PROVISIONALES

01.01 CARTEL DE IDENTIFICACIÓN DE OBRA 3.60 m x 2.40 m

El área del proyecto tendrá una ubicación destacada para el letrero de trabajo al inicio del proyecto. El cartel tendrá un tamaño de 2,40 x 3,60 m y se colocará a una altura de al menos 2,00 m de abajo hacia arriba. El diseño del rótulo será provisto por el Supervisor y deberá incluir el nombre de la entidad ejecutora, el nombre de la obra, el tiempo de ejecución, el financiamiento y el tipo de obra. (Ramos Fernandez, 2017)

Ubicación:

Inicio de Tramo Km. 00 + 000 (Km 23 + 960 Interoceánica Norte) (Ramos Fernandez, 2017)

Método de Medición:

El trabajo se medirá por unidad. (Ramos Fernandez, 2017)

01.02 MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPO Y MAQUINARIA

A fin de evitar retrasos en la terminación de la obra, el Contratista deberá suministrar, reunir y transportar todos los equipos y herramientas necesarios para su terminación, con la debida anticipación a su utilización en obra. (Ramos Fernandez, 2017)

Método de Medición: Para efectos del pago, la medición será en forma global. (Ramos Fernandez, 2017)

La suma a pagar; por la partida **MOVILIZACIÓN y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPO** Será la indicada en el Presupuesto Ofertado por el Contratista. (Ramos Fernandez, 2017)

01.03 CAMPAMENTO, OFICINAS PROVISIONALES Y PARQUE DE EQUIPOS

“Son las construcciones provisionales que servirán para albergue (ingenieros, técnicos y obreros) almacenes, comedores y talleres de reparación y mantenimiento de equipo. Asimismo, se ubicarán las oficinas de dirección de la obra”. (Ramos Fernandez, 2017)

02.00 TRABAJOS PRELIMINARES

02.01 TRAZO Y REPLANTEO DE OBRA

Bajo esta categoría, el Contratista procederá con una revisión general de la obra de acuerdo con los planos del proyecto. El Contratista será el único responsable del mantenimiento de los Bench Marks (BM), plantillas de dimensiones, estacas y otros puntos significativos del eje. (CASTOPE CAMACHO, 2017)

Método de Medición: La unidad de medida es: km.

02.02 CONTROL TOPOGRAFICO

Método de Medición: La unidad de medida es: km.

02.03 DESBROCE Y TALA

Eliminación de arbustos y árboles de la zona de trabajo.

Método de Medición: El área que se medirá será el número de hectáreas

03.00 MOVIMIENTO DE TIERRAS

03.01 CORTE EN MATERIAL SUELTO

Para este rubro se debe excavar y picar material suelto hasta llegar a las secciones transversales especificadas en los diseños. El material común se define como aquel que puede ser removido sin el uso de explosivos o martillos neumáticos y que puede ser excavado por tractores, excavadoras o cargadores frontales. También se puede triturar con el escarificador de un tractor de orugas. (Ramos Fernandez, 2017)

✓ Taludes

“La excavación de los taludes se realizará adecuadamente para no dañar su superficie final, evitar la descompresión prematura o excesiva de su pie y contrarrestar cualquier otra causa que pueda comprometer la estabilidad de la excavación final” (Ramos Fernandez, 2017)

Deberán construirse terrazas o bancos de corte y sembrar vegetación típica en el área afectada cuando los taludes excavados sean mayores de tres (3) metros y aparezcan signos de inestabilidad a fin de evitar la erosión, derrumbes u otros desastres que pudieran entorpecer las obras de construcción, interrumpir el tráfico durante la etapa operativa y aumentar los costos de mantenimiento. La construcción de muros de contención debe hacerse donde sea práctico. Dado que existe un daño potencial significativo para la integridad física de los usuarios de la vía, estos trabajos deben manejarse adecuadamente. (Campos Guerra & Figueroa Gayoso,, 2016)

Método de medición: El trabajo ejecutado se medirá en metros cúbicos de material aceptado excavado de acuerdo a lo antes especificado, medido en su posición original y computado por el método promedio de áreas extremas. (Campos Guerra & Figueroa Gayoso,, 2016)

03.02 CONFORMACIÓN DE TERRAPLENES

Bajo este rubro, el Contratista realizará todas las tareas requeridas para crear terraplenes o rellenos utilizando tierra de excavaciones, empréstitos laterales u otras fuentes autorizadas de acuerdo con las alineaciones, pendientes y secciones transversales que se muestran en los planos y, según sea necesario, según se indique por el Ingeniero Supervisor. (Campos Guerra & Figueroa Gayoso,, 2016)

Materiales

El material que se utilice para realizar el terraplén deberá ser de tipo adecuado, certificado por el ingeniero supervisor, libre de materia orgánica, escombros, talones y restos vegetales, y no deberá contener ninguno de estos elementos. Cuando el material tenga el contenido de humedad ideal, se empleará material húmedo excavado destinado a relleno. (Campos Guerra & Figueroa Gayoso,, 2016)

En los rellenos se utilizarán todos los materiales de corte, sin importar su tipo, que cumplan con los requisitos y hayan sido considerados apropiados por el Ingeniero Supervisor. (Campos Guerra & Figueroa Gayoso,, 2016)

Barreras en el pie de los taludes

El contratista debe construir zanjas de contención en la base de las estacas del talud o erigir barreras de contención hechas de roca, cantos rodados, tierra o tablonés en la parte inferior del talud para evitar que el material de relleno se extienda más allá de la línea de las estacas. El contratista también podrá utilizar otro método adecuado siempre que cuente con la aprobación del Ingeniero Supervisor. (Campos Guerra & Figueroa Gayoso,, 2016)

Reserva de Material para "Lastrado"

“Donde se encuentre material apropiado para lastrado se usará en la construcción de la parte superior de los terraplenes o será apilado para su futuro uso en la ejecución del lastrado” (Campos Guerra & Figueroa Gayoso,, 2016)

Rellenos fuera de las estacas del Talud

En la región entre el replanteo del pie del talud, el borde y el derecho de vía, todos los huecos de la extracción de troncos e imperfecciones en el suelo generadas por el contratista serán rellenos y nivelados para proporcionar una superficie consistente. (Campos Guerra & Figueroa Gayoso,, 2016)

Material Sobrante

“Cuando se disponga de material sobrante, este será utilizado en ampliar uniformemente el terraplén o en la reducción de pendiente de los taludes, de conformidad con lo que ordene el Ingeniero Supervisor” (Campos Guerra & Figueroa Gayoso,, 2016)

Compactación

El terraplén debe compactarse a una densidad del noventa (90%) por ciento de la densidad máxima alcanzada por la designación AASHTO T-180-57, en capas de 0,20 m, hasta 30 cm inmediatamente debajo de la subrasante, a menos que se indique lo contrario. en los planos o requerimientos especiales. (Campos Guerra & Figueroa Gayoso,, 2016)

El terraplén que se extienda dentro de los 30 cm de la subrasante se compactará en etapas de 0,20 m, a una densidad máxima del 95%. Para determinar el nivel de densidad alcanzado, el ingeniero supervisor dirigirá la ejecución en campo de las pruebas de densidad. (Campos Guerra & Figueroa Gayoso,, 2016)

Contracción y Asentamiento

Una vez que se hayan producido la contracción y el asentamiento y se haya de aceptar el proyecto, el Contratista deberá construir todos los terraplenes de manera que mantengan la pendiente, el ancho y la sección transversal requeridos en todo momento. (Campos Guerra & Figueroa Gayoso,, 2016)

Hasta la recepción final de la obra, el Contratista estará a cargo de asegurar la estabilidad de los terraplenes construidos bajo el contrato y será responsable de todos los costos asociados con la reposición de todo lo que haya sido movido por negligencia o trabajo inadecuado daños causados por negligencia del Contratista o daños causados por desastres naturales como lluvias típicas. (Campos Guerra & Figueroa Gayoso,, 2016)

Protección de las Estructuras

En cualquier situación, se tomarán las precauciones de seguridad necesarias para garantizar que el proceso de construcción de los terraplenes no produzca ningún movimiento o tensión excesiva en las estructuras ya existentes. El material para los terraplenes sobre y alrededor de las alcantarillas, muros de contención y muros de cabecera se confirmará, colocará con cuidado, apisonará y compactará furiosamente, y se preparará de acuerdo con las especificaciones para el relleno de los diversos tipos de estructuras. (Campos Guerra & Figueroa Gayoso,, 2016)

Método de Medición: El volumen por el cual se pagará estará determinado por la cantidad de metros cúbicos de material que haya sido debidamente posicionado, moldeado, regado y compactado de acuerdo con los requisitos de esta especificación. (Campos Guerra & Figueroa Gayoso,, 2016)

03.03 ELIMINACIÓN DE MATERIAL DE CORTE EN BOTADERO

Bajo estas partidas se considera el traslado de material bajo la siguiente clasificación:

- ✓ Provenientes de excedentes de corte a depósitos de deshechos.
- ✓ Provenientes de excedentes de corte transportados para uso en terraplenes y sub bases.
- ✓ Provenientes de derrumbes, excavaciones para estructuras y otros.

Medición: Las unidades de medida para el transporte de materiales proveniente de excavaciones y derrumbes, serán las siguientes: (Campos Guerra & Figueroa Gayoso,, 2016)

La unidad de medida para el pago de este concepto será el metro-kilómetro cúbico (m³-km) movido, que es el volumen en su destino final multiplicado por la distancia real de tránsito. El Ejecutor deberá tomar en cuenta las dilataciones y contracciones de los materiales, separando los volúmenes equivalentes para distancias menores a 1 km y mayores a 1 km. (Campos Guerra & Figueroa Gayoso,, 2016)

Ítem de pago	Unidad de pago
Eliminación de materiales granulares para distancias mayores de mil metros (1000 m)	Metro cúbico - kilómetro (m ³ -km)

04.00 PAVIMENTO

04.01 MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON OVER E=0.4m

Método de Medición: El área a pagar será el número de metros cuadrados de la superficie mejorada.

04.02 PERFILADO Y COMPACTADO DE LA SUBRASANTE

El Contratista realizará el trabajo necesario para asegurar que la superficie de la subrasante muestre los niveles, la alineación, las dimensiones y la cantidad de compactación especificada tanto en los planos del proyecto como en estos requisitos. (Campos Guerra & Figueroa Gayoso,, 2016)

Subrasante es el término para la capa superior de nivelación que actúa como superficie de soporte de la capa de afirmación. Modificando el terreno natural con desmontes o terraplenes previstos en proyecto, su cota será paralela al suelo. La superficie de la subrasante debe estar libre de material suelto, malezas, claros y raíces. (Campos Guerra & Figueroa Gayoso,, 2016)

Método de Medición: El área a pagar será el número de metros cuadrados de superficie perfilada y compactada. (Campos Guerra & Figueroa Gayoso,, 2016)

04.03 SUB BASE E = 0.15 m

04.04 BASE E = 0.15 m

Este ítem consiste en crear una capa de cimentación a base de finos (limos y arcillas), gravas o piedras fracturadas natural o artificialmente, y construirla sobre una superficie debidamente preparada y de acuerdo con los espesores, alineaciones, pendientes, y secciones especificadas en el expediente técnico de la obra. (Campos Guerra & Figueroa Gayoso,, 2016)

Materiales

El material confirmado debe ser un suelo granular libre de materia vegetal, terrones u otras cualidades indeseables, consistente en partículas de piedra o grava de no más de 2.5" de diámetro, un aglutinante (limo o arcilla) u otros elementos minerales finamente divididos. (Campos Guerra & Figueroa Gayoso,, 2016)

El exceso de material se eliminará o reducirá de tamaño según sea necesario; En general, deben cumplirse las siguientes condiciones: (Campos Guerra & Figueroa Gayoso,, 2016)

Características físico mecánicas Base

- Limite Líquido	Máximo 35%
- Índice Plástico	Mínimo 3% Máximo 9%
- Equivalente de Arena	Mínimo 30%
- Abrasión	Máximo 40%
- Durabilidad	Máximo 15%
- Partículas chatas y alargadas	Máximo 20%
- Capacidad de Soporte (CBR)	Mínimo 45%
- Sales Solubles Totales	Máximo 1%
- Porcentaje de Compactación (Próctor Modificado ó T-180)	Mínimo 100%
- Variación del contenido Óptimo de humedad	± 1.5%

Graduación

El material afirmado sólo podrá tener las granulometrías C, D, E o F indicadas en la tabla del anexo, y el material que pase por el filtro N° 200 (0.075 mm) deberá tener un porcentaje mínimo de 8% en lugar de que los porcentajes mínimos enumerados en la tabla misma mesa de comedor. (Campos Guerra & Figueroa Gayoso,, 2016)

Tamiz		Porcentaje en peso del material que pasa los tamices indicados					
		A	B	C	D	E	F
Pulg.	Mm						
2	50.0	100	100	----	----	----	----
1	25.0	----	75 – 95	100	100	100	100
3/8	9.5	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100	----	----
N° 4	4.75	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85	55 - 100	70 - 100
N° 10	2.00	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70	40 - 100	55 - 100
N° 40	0.425	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45	20 – 50	30 - 70
N° 200	0.075	2 – 8	5 – 20	5 – 15	5 – 20	6 – 20	8 - 25

“La porción de material retenido en el tamiz N° 4 será llamada fracción gruesa y la porción que pasa el tamiz N° 4 será llamada fracción fina” (Campos Guerra & Figueroa Gayoso,, 2016)

Extracción de materiales

“El material granular proveniente de canteras será seleccionado mediante zarandeo y deberán estar acopiadas en zonas donde indique el supervisor” (Campos Guerra & Figueroa Gayoso,, 2016)

Mezclado de materiales

Si las canteras utilizadas para la afirmación no cumplen con los estándares de plasticidad enumerados en la sección B de esta especificación, la mezcla con material granular o un aglomerante fino será esencial para lograr la plasticidad adecuada, y se deben seguir las recomendaciones en general: (Campos Guerra & Figueroa Gayoso,, 2016)

Después de mezclar con material ligante fino (limos y/o arcillas de baja plasticidad), se utilizarán canteras de río con Índices de Plasticidad (IP) inferiores al 3% según lo confirmado. Según estimaciones, el 30% son finos y el 70% es material granular de río.

Después de mezclar con material granular que tiene poca o ninguna plasticidad a través de una malla 34, se utilizarán canteras de colina con índices de plasticidad (IP) superiores al 9 % según lo confirmado. 25% material granular no plástico y 75% material cerro, según estimaciones.

La mezcla debe ser homogénea, las proporciones reales serán determinadas en obra mediante diseños de mezcla, con el visto bueno y aprobación del Supervisor.

Colocación y extendido

La subrasante o superficie cuidadosamente preparada recibirá el material granular mezclado y/o sacudido, el cual será aplicado allí y compactado en capas del espesor especificado en los planos o por el supervisor. (Campos Guerra & Figueroa Gayoso,, 2016)

El esparcimiento se hará con motoniveladora u otro equipo apropiado en capas uniformes para evitar la segregación del material y con un espesor suelto para que después de compactado tenga el espesor necesario. (Campos Guerra & Figueroa Gayoso,, 2016)

Compactación

La distribución y nivelación del material debe completarse antes de compactar cada capa en su totalidad mediante rodillos vibratorios lisos de un peso mínimo de 7-9 toneladas. Dicha compactación debe continuar de esta manera hasta que toda la superficie haya sufrido este tratamiento, desplazándose gradualmente desde los lados hacia el centro en dirección paralela al eje de la calzada. (Campos Guerra & Figueroa Gayoso,, 2016)

Se usará una motoniveladora y un rodillo para tratar el material hasta lograr una superficie pareja y lisa. Se debe lograr una superficie lisa y uniforme aflojando el material, agregando material y restando material para corregir cualquier inconsistencia. La compactación se realizará en curvas, paredes u otras zonas inaccesibles al rodillo. (Campos Guerra & Figueroa Gayoso,, 2016)

El Supervisor realizará pruebas de control de densidad como parte de la ejecución, de acuerdo con el Método Próctor Modificado o Método T-180, realizando una (01) prueba cada 250 m por capa de material colocado, y asegurándose que la densidad sea igual o superior al 100% de la densidad máxima determinada en el laboratorio. (Campos Guerra & Figueroa Gayoso,, 2016)

Exigencias del espesor

El espesor de la base terminada no debe desviarse más de un centímetro del espesor especificado en los planos. Las mediciones se deben realizar mediante la perforación de orificios u otro método que haya sido aprobado. (CASTOPE CAMACHO, 2017)

La remoción o adición de material, según sea necesario, debe usarse para reparar cualquier área que se desvíe de la tolerancia permitida antes de moldear y compactar según las instrucciones. (CASTOPE CAMACHO, 2017)

El Contratista deberá trabajar bajo la supervisión del Supervisor mientras perforan los agujeros para medir el espesor de la base y los rellenan con materiales suficientemente compactados. (CASTOPE CAMACHO, 2017)

Método de medición: El metrado se determinará tomando como base las secciones transversales del proyecto, verificadas por el Supervisor antes y después de la colocación de las capas de afirmado. (CASTOPE CAMACHO, 2017)

04.05 IMPRIMANTE ASFÁLTICA CON MC – 30

Esta partida se refiere a la aplicación de asfalto líquido del tipo "cutback" mediante riego sobre una superficie de base no asfáltica o, en su caso, para el tratamiento primario de superficies previamente preparadas destinadas a estacionamientos, cruces, bermas, etc., en de acuerdo con las Especificaciones y de acuerdo con los planos, o según lo designe el Ingeniero Supervisor. (GUERRERO OBANDO, 2016)

La calidad y cantidad de asfalto será la necesaria para cumplir los siguientes fines: (GUERRERO OBANDO, 2016)

- a) Impermeabilizar la superficie de la base;
- b) Recubrir y unir las partículas sueltas de la superficie;
- c) Mantener la compactación de la base; y
- d) Propiciar la adherencia entre la superficie de la base y la nueva capa a construirse.

Materiales

“Se utilizará asfaltos líquidos de curado medio (MC) en los grados 30 ó 70 (designación AASHTO M-82-75); o asfalto líquido de curado rápido RC-250 diluido con kerosene industrial en proporción del 10 al 20% en peso” (GUERRERO OBANDO, 2016)

Aplicación de la capa de imprimación

“El riego de imprimación se efectuará cuando la superficie de la base esté preparada, es decir, cuando esté libre de partículas o de suelo suelto. Para la limpieza de la superficie se empleará una barredora mecánica o sopladora según sea necesario” (GUERRERO OBANDO, 2016)

Un material poroso debe manipularse con una superficie seca o algo húmeda. Se rociará agua sobre la superficie en cantidad suficiente para este fin con el fin de conseguir la humedad deseada para estos materiales. (GUERRERO OBANDO, 2016)

Cuando la temperatura de la superficie a la sombra sube o baja más de 13 o 15 grados, debe comenzar el proceso de imprimación. Cuando esté lloviendo o nublado afuera, las operaciones se detendrán. (GUERRERO OBANDO, 2016)

Usar un esparcidor autopropulsado que estará equipado con una manguera de boquilla de esparcidor auxiliar y conectado a la misma presión que el sistema de esparcidor en términos de tamaño de la barra esparcidora, tamaño de las boquillas, espacio entre las boquillas, ángulo de las boquillas con el eje del distribuidor bar, altura de la barra distribuidora sobre la base, capacidad y presión de la bomba, serán suficientes para obtener los resultados deseados, el material bituminoso debe aplicarse a presión para asegurar un esparcimiento uniforme y continuo. (GUERRERO OBANDO, 2016)

De acuerdo a la calidad de la base, la Superintendencia determinará la cantidad de asfalto por unidad de área, la cual oscilará entre 0.70 y 1.50 lt/m² para una penetración de al menos 7 mm, comprobando ésta cada 25 m; Dependiendo del tipo de asfalto a utilizar, la temperatura de aplicación del riego se incluirá en los siguientes intervalos: (GUERRERO OBANDO, 2016)

MC-30	21°C - 60°C
MC-70	43°C - 85°C
(RC-250) + 15% KEROSENE	25°C - 70°C

Se deben utilizar esparcidores auxiliares para imprimir cualquier zona fuera del canal de riego del distribuidor con las mismas calidades. Se utilizará un cepillo de goma para barrer el exceso de asfalto en este proceso. (GUERRERO OBANDO, 2016)

Se deben tomar las precauciones necesarias para proteger las estructuras, edificios o árboles cercanos de ser salpicados por el asfalto a presión durante la operación de riego. (GUERRERO OBANDO, 2016)

La superficie de la base debe absorber completamente el material bituminoso. Si esto no sucede dentro de un día, Supervisión puede tardar más en curarse. (GUERRERO OBANDO, 2016)

Después del curado, cualquier exceso de asfalto debe secarse cubriéndolo con arena limpia que cumpla con los requisitos de tamaño de agregado No. 10 estándar AASHTO M-43054 [ASTM D-448 -54], que esté libre de plantas y otros elementos indeseables. La superficie debe permanecer en este estado hasta que se aplique la placa de apoyo después de haberla imprimado, curado y secado. (GUERRERO OBANDO, 2016)

Se debe usar una manguera esparcidora conectada al colector para cebar cualquier región que no esté recibiendo el tratamiento de inmediato. Según el Ingeniero, las aplicaciones sólo deben hacerse en la mitad del ancho de la base en cada operación, si las condiciones de tránsito lo permiten. La junta longitudinal resultante debe imprimirse con la cantidad adecuada de material bituminoso. Inmediatamente después de aplicar la capa de imprimación, debe bloquearse el tráfico con señales y barricadas durante al menos 24 horas mientras se cura. La superficie de la base debe absorber completamente el material bituminoso. La supervisión puede exigir un período de curado prolongado si esto no sucede dentro de las 24 horas. (GUERRERO OBANDO, 2016)

El material bituminoso debe ser inspeccionado en un laboratorio y evaluado utilizando los estándares recomendados por el Asphalt Institute para confirmar su calidad. Si una planta en particular está proporcionando el asfalto líquido preparado, se debe presentar un certificado de laboratorio para verificar las propiedades del material. (GUERRERO OBANDO, 2016)

Las siguientes precauciones, entre otras, se observarán durante el proceso de construcción y se verificarán: (GUERRERO OBANDO, 2016)

- ✓ La temperatura de aplicación estará de acuerdo con lo especificado según el tipo de asfalto líquido. (GUERRERO OBANDO, 2016)
- ✓ La cantidad de material esparcido por unidad de área será la determinada con la supervisión de acuerdo al tipo de superficie; y será controlada colocando en la franja de riego algunos recipientes de peso y área conocidos; (GUERRERO OBANDO, 2016)
- ✓ La uniformidad de la operación se logrará controlando la velocidad del distribuidor, la altura de la barra de riego y el ángulo de las boquillas con

el eje de la barra de riego. (GUERRERO OBANDO, 2016)

La frecuencia de estos controles, verificaciones o mediciones por la supervisión, se efectuará de manera especial al inicio de las jornadas de trabajo de imprimación. (GUERRERO OBANDO, 2016)

Protección de las estructuras adyacentes

Todos los edificios y árboles cercanos al área de tratamiento deben tener sus superficies cubiertas de tal manera que se eviten salpicaduras o manchas. En caso de ocurrir alguna de estas salpicaduras o manchas, el Contratista está obligado a retirar el material y reparar los desperfectos ocasionados a su cargo. (GUERRERO OBANDO, 2016)

Mantenimiento

“El Contratista deberá conservar la superficie imprimada hasta que la capa superficial sea colocada. Cualquier área de superficie imprimada que resulte dañada por el tráfico de vehículo o por otra causa, deberá ser reparada antes de que sea colocada la capa superficial” (GUERRERO OBANDO, 2016)

Método de medición: El método de medición será por m² imprimado obtenidos según indicación de los planos y aprobados por el Supervisor. (GUERRERO OBANDO, 2016)

04.06 CARPETA ASFÁLTICA EN FRIO e = 2”

“Este trabajo consistirá en una capa de 2" de concreto asfáltico construida sobre una base preparada, de acuerdo a las presentes especificaciones y de conformidad con los alineamientos, acotaciones y perfil tipo de la obra indicado en los planos” (GUERRERO OBANDO, 2016)

Materiales:

Agregado grueso: El agregado grueso será la porción del agregado retenido en el tamiz No. 10 y estará compuesto de fragmentos de piedra triturada confiables, sin manchas y de calidad uniforme. La materia orgánica y otros elementos potencialmente peligrosos, libres o ligados al árido, deben estar ausentes. Cuando se expone a la prueba de Los Ángeles, la piedra de la que se extrae el agregado debe tener una abrasión de no más de 40. Se debe triturar al menos el 90% de las partículas de la piedra. No se permitirán

piezas planas o largas. El porcentaje máximo cuando se ensaya la durabilidad con sulfato de sodio será del 12%. (GUERRERO OBANDO, 2016)

Debe tener un porcentaje retenido superior al 95% para pasar el procedimiento de ensayo provisional para revestimientos y desprendimientos en mezclas árido-betún. Cualquier otro caso requiere el uso de un aditivo aprobado por un ingeniero. (GUERRERO OBANDO, 2016)

El material debe estar desprovisto de todo desecho orgánico, terrones de arcilla, películas de arcilla adheridas y otras sustancias que puedan impedir que el producto bituminoso impregne completamente el soporte. (GUERRERO OBANDO, 2016)

Agregado fino: Debe ser la porción del agregado que pasa a través del tamiz No. 10 y debe estar compuesto por tamices duraderos de arena natural o piedra, libres de arcilla u otros materiales peligrosos. Después de cinco años de exposición al sulfato de sodio, la durabilidad será inferior al 15 %. (GUERRERO OBANDO, 2016)

Relleno Mineral (Filler): El material de relleno de base mineral requerido estará compuesto de cemento Portland, roca dolomítica, polvo calcáreo y otros materiales no elásticos de fuentes que hayan sido aprobadas por el ingeniero. Estos materiales deben estar libres de material extraño y desagradable, secos y libres de terrones, y deben satisfacer los siguientes parámetros granulométricos cuando se evalúan con tamices de laboratorio: (GUERRERO OBANDO, 2016)

TAMIZ	PORCENTAJE EN PESO QUE PASA
N° 30	100
N° 100	95
N° 200	65

Material Bituminoso: El asfalto cut – back RC – 250, no debe contener agua y no mostrará separación o grumos antes de usarse. (GUERRERO OBANDO, 2016)

Mezclas Asfálticas: “Las mezclas asfálticas, consistirán en una mezcla de agregado grueso, agregado fino y material asfáltico proporcionado en peso (Ver diseño de mezclas asfáltico)” (GUERRERO OBANDO, 2016)

“La graduación de cada uno de los componentes, producirán al estar bien gradados, una mezcla conforme a los límites de graduación indicado en la siguiente tabla” (GUERRERO OBANDO, 2016)

Tamaño de la malla Abertura cuadrada	Agregado combinado total que pasa la malla	
	Porcentaje en peso	
1"	100	
$\frac{3}{4}$ "		100
$\frac{1}{2}$ "	75 – 90	75 – 90
Nº 4	50 – 70	50 – 70
Nº 10	35 – 50	35 – 50
Nº 40	20 – 30	20 – 30
Nº 200	0 – 3	0 – 3
Espesor de la carpeta	2"	1"

El ingeniero especificará y aprobará la mezcla sujeta a las siguientes condiciones:
(GUERRERO OBANDO, 2016)

- ✓ Estará entre los límites de graduación del tipo especificado.
(GUERRERO OBANDO, 2016)
- ✓ La mezcla se clasificará lo más cerca posible del término promedio del 1% que pasa por cada tamaño de tamiz para el tipo de mezcla en particular.
- ✓ Cuando se compacte utilizando técnicas de laboratorio, la combinación tendrá una densidad de al menos el 95% de la densidad estimada de una mezcla formada por componentes equivalentes en cantidades iguales y libre de vacíos.
- ✓ El ingeniero deberá aprobar la fórmula de trabajo documentada del contratista, la cual deberá especificar las proporciones de agregado bituminoso, grueso y fino. Previa presentación de una prueba de fórmula de trabajo, el ingeniero deberá aceptar cualquier cambio en la fuente de suministro de los materiales.
- ✓ La naturaleza y el volumen de la mezcla. estará conforme con las especificaciones indicadas en los planos.

Extracción de muestras para ensayos de gradación del agregado mineral: Cuando lo requiera el ingeniero, se tomarán muestras de la planta, de los camiones o del pavimento terminado y cuando dicha muestra (no menos de 3 kg.), sea probada por métodos Standard de laboratorio, no debe variar de las proporciones de graduación de la fórmula de trabajo en más de 5%, en cualquier caso, según la muestra que se ensaye. (GUERRERO OBANDO, 2016)

Proporciones y mezclas: El ingeniero debe especificar las proporciones de los diferentes minerales que entran en la mezcla asfáltica de acuerdo con las especificaciones. Todas las áreas de las plantas de pavimentación deben estar siempre accesibles para el ingeniero o su representante designado. El ingeniero podrá suspender toda la operación de mezclado hasta que se realicen ajustes para acelerar el trabajo o se instale nueva maquinaria para hacerlo. Los tamaños y características de operación de la mezcladora, el tipo de operación de la piedra, las cribas, la mezcladora, los tanques de almacenamiento de asfalto, los equipos de acarreo y demás partes de la planta, deberán ser tales que permitan un funcionamiento continuo operación. (GUERRERO OBANDO, 2016)

“La cantidad de pegante bituminoso requerido, varía de acuerdo con la graduación y las características de los agregados, pero normalmente se especifica del 4 al 7% del peso del agregado seco, aplicándole en un cantidad de 0.9 a 1.1 galones” (GUERRERO OBANDO, 2016)

Procedimiento Constructivo:

Colocación: Las mezclas asfálticas que hayan sido fabricadas de acuerdo con las especificaciones se llevarán al sitio de trabajo en vehículos cerrados que hayan sido completamente limpios de objetos extraños. Para garantizar que todo el material se entregue en el día designado, se despacharán estos vehículos. Pinte una capa uniformemente delgada de asfalto en todas las superficies de contacto, incluidas juntas, bordillos y edificios. La mezcla se distribuirá en una capa o capas de espesor suficiente para que, en la compactación final con laminación o laminación, se obtenga el espesor deseado de la sección transversal típica. Cuando hay varias capas, se debe dar tiempo a la primera capa para curar completamente antes de aplicar la segunda. (GUERRERO OBANDO, 2016)

Perfilado y curado del concreto asfáltico: Con una pavimentadora autopropulsada, se aplicará la mezcla asfáltica hasta que tenga una superficie que satisfaga los estándares de uniformidad de la sección transversal. A menos que el inspector del sitio dé el visto bueno, no se deben permitir más de 24 horas para la compactación. (GUERRERO OBANDO, 2016)

Rodillado y compactado: Se debe utilizar un nivelador de 3 ruedas con un peso mínimo de 10 toneladas para compactar la superficie de manera completa y uniforme. El siguiente se puede alcanzar utilizando un rodillo con ruedas neumáticas o un nivelador en tándem con un peso mínimo de 8 toneladas. Se deberá cubrir por lo menos la mitad del ancho de las ruedas traseras en cada pasada de compactación, la cual deberá comenzar longitudinalmente hacia los lados y dirigirse hacia el centro del pavimento. La distancia de los viajes posteriores del rodillo variará ligeramente. En curvas peraltadas, la compactación debe comenzar en los lados inferiores y ascender hasta los lados superiores. (GUERRERO OBANDO, 2016)

El rodillo debe continuar hasta que no haya más compresión posible y todas las marcas hayan desaparecido. Nunca permita que el rodillo disminuya la velocidad hasta el punto en que cree un deslizamiento lateral en la mezcla. Si esto sucede, se solucionará con rastrillos y una nueva mezcla según sea necesario. No se permitirá que las excavadoras se detengan en pavimento que no esté completamente compactado; Las ruedas de los rodillos deben humedecerse con agua para evitar que la mezcla de la superficie se adhiera a ellas, pero no debe permitirse demasiada agua en las ruedas. (GUERRERO OBANDO, 2016)

Los rodillos compactadores deben estar en buen estado de funcionamiento. Cuando los rodillos estén funcionando o deteniéndose, se deben tomar precauciones para evitar el derrame de combustible, aceite, grasa o cualquier otro material extraño sobre el pavimento. (GUERRERO OBANDO, 2016)

Apisonador manual: La mezcla se compactará con apisonadores ligeramente aceitados a lo largo de bordillos, paredes u otras estructuras similares y en todas las áreas no accesibles al rodillo o en posiciones que no permitan una compactación completa con el rodillo. (GUERRERO OBANDO, 2016)

Tráfico: El tráfico debe esperar 12 horas después de que se termine el rodaje antes de que se permita en cualquier parte de la superficie terminada, a menos que surja una

emergencia o que se especifique lo contrario en los planos. La normativa aplicable a la circulación por carretera se aplicará a todo el tráfico que esté permitido en esta superficie. (GUERRERO OBANDO, 2016)

Laboratorio de campo: Un cuarto para el equipo de laboratorio de campo, para guardar los aparatos de prueba, será proporcionado por el contratista a su cargo. Esta sala es para el uso del ingeniero y los inspectores. Contará con piso y techo protegidos contra la intemperie, al menos dos ventanas, dos entradas y una mesa de trabajo de un metro de ancho por dos metros de largo. Su altura no puede ser inferior a 2,5 metros. La ubicación de esta estructura permitirá que todos los detalles de la planta se vean desde ella, o al menos en su totalidad, a través de una de sus ventanas. (GUERRERO OBANDO, 2016)

Requisitos de espesor y peso: Excepto en el caso de restauración de pavimentos existentes, que deberán permitir una tolerancia suficiente a las irregularidades que dicho pavimento pueda ocasionar, los trabajos cesarán cuando los planos y especificaciones especiales indiquen el espesor de un pavimento. El grosor indicado no puede variar en más de un cuarto de pulgada. Para establecer la relación entre los espesores del material compactado y compactado, se harán menciones del espesor en número de superficie, antes y después de compactar. El material sin compactar directamente detrás de la pavimentadora regulará el espesor. Se ajustará el área que aún no ha sido compactada, mientras que las mediciones realizadas hasta el momento se corregirán si muestran que una porción no estaría ubicada dentro de los límites de tolerancia establecidos para el trabajo terminado. (GUERRERO OBANDO, 2016)

“Cuando los planos o las especificaciones especiales lo exijan, la colocación del material para base o pavimento medida en peso por metro cuadrado, no podrá variar en más del 10% del régimen fijado” (GUERRERO OBANDO, 2016)

Control de acabado: Para medir la superficie del pavimento se utilizará una chapa de remate en forma de cierto tipo de perfil de trabajo y una regla de 3 metros de largo colocadas en ángulo recto y paralelas, respectivamente, al eje de la calzada. Bajo las instrucciones del ingeniero, el contratista designará trabajadores para implementar la plantilla antes mencionada y la regla para regular todas las superficies. (GUERRERO OBANDO, 2016)

“La variación de la superficie entre dos contactos de la planilla o de la regla, no podrá exceder de 1/8”.” (GUERRERO OBANDO, 2016)

Inmediatamente después de la compactación inicial, se realizarán pruebas para confirmar la coincidencia con la cresta y la pendiente designada, y se corregirán las diferencias establecidas agregando o quitando material, según sea necesario. Después de eso, la compactación procederá de cierta manera. (GUERRERO OBANDO, 2016)

Una vez completada la compactación final, la lisura de la superficie acabada estará nuevamente bajo control y se eliminará cualquier irregularidad descubierta que supere los parámetros mencionados anteriormente. Las regiones de textura, compresión y composición defectuosas también serán reemplazadas a expensas del contratista. Estos defectos se repararán de acuerdo con las disposiciones del ingeniero, lo que puede implicar la eliminación y reposición de porciones expresas. (GUERRERO OBANDO, 2016)

Rectificación de los bordes: “Los bordes del pavimento, serán rectilíneos y coincidentes en el trazo. Todo exceso de material será recortado después de la compactación final y depositados por el contratista fuera del derecho de vía y lejos de la vista desde el camino” (GUERRERO OBANDO, 2016)

Método de medición:

Se medirá en dos partes y por separado:

Galones o kilos de bitumen empleado.

Cantidad de metros cuadrados de superficie de concreto asfáltico con cut-back RC-250, al espesor señalado en la sección transversal típica y de acuerdo con los planos y especificaciones del proyecto. (GUERRERO OBANDO, 2016)

04.07 SELLO ASFALTICO

“Este trabajo consistirá en una aplicación de material bituminoso con agregados de recubrimiento a una superficie asfáltica previamente preparada y en el ancho establecido en los planos” (CASTOPE CAMACHO, 2017)

“Cantidades de material por metro cuadrado: Las cantidades aproximadas de materiales por m², destinadas a capas de sellado de los diferentes tipos deben variar entre 0.26 a 0.39 gl/m² para asfalto y de 5 a 10 kg/m² para los agregado”. (CASTOPE CAMACHO, 2017)

Materiales:

Áridos: Como áridos de sellado se utilizará grava triturada o tamizada. Estarán hechos de partículas prístinas, duraderas y firmes. La prueba AASHTO T - 96 indica que con 500 revoluciones su desgaste no será superior al 40%. El material no debe perder más del 12% de su peso después de haber sido sometido a cinco variaciones de la prueba de resistencia al sulfato de sodio (Método AASHTO T-104). (CASTOPE CAMACHO, 2017)

ESPECIFICACIONES PARA SELLO ASFÁLTICO

SUPERFICIES MEDIANAMENTE GASTADAS	
Tamaño de la malla Abertura cuadrada	Agregado que pasa la malla porcentaje en peso
3/8"	100
N° 4	95 – 100
N° 16	45 – 80
N° 50	5 – 30
N° 100	0 – 8

SUPERFICIES MUY GASTADAS	
Tamaño de la malla Abertura cuadrada	Agregado que pasa la malla porcentaje en peso

3/4"	100	100
1/2"	90 – 100	85 – 100
3/8"	40 – 70	10 – 30
N° 4	0 – 15	0 – 10
N° 8	0 – 5	0 – 5
N° 16	-.-	

En la malla No. 4 cuando se emplee grava triturada, al menos el 90% de las partículas en peso debe tener al menos una cara fisurada. Para fines de recubrimiento, los agregados triturados deben estar libres de terrones, películas de arcilla que se adhieran a ellos y otros desechos que puedan inhibir una unión completa entre los agregados y el material bituminoso. (Campos Guerra & Figueroa Gayoso,, 2016)

Deberán poseer propiedades que, al ser sometidos a un ensayo de resistencia realizado de acuerdo con el Método T-182 AASHTO, deban retener más del 95% de dicho material bituminoso después de haber sido totalmente recubiertos con material bituminoso del tipo que se vaya a utilizar en la obra. Cuando los agregados tienen una respuesta satisfactoria reconocida a la prueba de resistencia, ciertos requisitos relacionados con la prueba pueden dejarse sin efecto.(Campos Guerra & Figueroa Gayoso,, 2016)

Material bituminoso: “Los materiales bituminosos, serán del tipo y clase establecidos en el pliego de licitación y deberán llenar las exigencias de las especificaciones y referencias que a continuación se detallan” (Campos Guerra & Figueroa Gayoso,, 2016)

Asfalto de curado rápido: Las temperaturas de aplicación indicadas en grados F° serán: (Campos Guerra & Figueroa Gayoso,, 2016)

Asfalto RC – 1	110 °C	180 °F
Asfalto RC – 2	140 °C	210 °F

Método de medición:

La medición se hará en dos partes y por separado:

Galones o kilos de bitumen empleado.

Cantidad de metros cuadrados tratado.

04.08. TRANSPORTE DE MATERIAL MAYOR A 1 KM DE DISTANCIA

La transferencia de todo el material pagado con el exceso de corte, la eliminación del exceso de corte, la mejora de la subrasante y la afirmación están todos incluidos en este trabajo, que se ha completado de acuerdo con los requisitos de los artículos pertinentes y en una distancia mayor que la distancia de transporte libre. El pago del concepto de Eliminación de Exceso de Material se reconocerá a través de estos conceptos según sea necesario. (GUERRERO OBANDO, 2016)

El transporte se compensará por m³-Km con los conceptos TRANSPORTE DE MATERIAL MAYOR A 1 KM DE DISTANCIA Y TRANSPORTE HASTA 1 KM DE DISTANCIA. Ambos elementos tienen en cuenta el hinchamiento del material a transportar, así como la carga en el primer kilómetro. El precio unitario del insumo en sí incluye el costo de transporte de piedra para hormigón ciclópeo y albañilería así como agregados en general. (GUERRERO OBANDO, 2016)

Distancia total de transporte

“La distancia de transporte se medirá a lo largo de la ruta más corta. Si el Contratista elige transportar por camino más largo, los cálculos para el pago se harán a lo largo de la ruta elegida por el Supervisor”. (GUERRERO OBANDO, 2016)

Distancia libre de transporte

“Es aquella que no recibe pago directo y cuyo costo se considera incluido en el precio unitario de la partida para la cual se emplea el transporte. La distancia libre de transporte será de 120 m” (GUERRERO OBANDO, 2016)

Distancia de transporte

Es la diferencia entre la distancia total de transporte y la distancia libre de transporte.

Método de medición: 2La unidad de pago será el metro cúbico-kilómetro (m³-Km); o sea, el producto del volumen transportado medido en su posición final multiplicado por la distancia de transporte en kilómetros, computada entre los centros de gravedad del material en su posición original y su posición final (menos la distancia de transporte gratuito)” (GUERRERO OBANDO, 2016)

05.00 OBRAS DE ARTE Y DRENAJE

05.01 ALCANTARILLAS TIPO MARCO

05.01.01 LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS

05.01.01.01 LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS EXISTENTES

Con el fin de mantener el funcionamiento del alcantarillado y mejorar su eficiencia hidráulica, se contemplan en esta partida las labores indispensables de limpieza de los alcantarillados, que se encuentran cubiertos de rastros, maleza, pastos, cultivos, material sedimentado, etc., incluyendo la remoción de tocones, raíces, desperdicios y basura.

Previo aprobación del Supervisor y de conformidad con las normas y disposiciones legislativas vigentes, la obra incluye también la disposición final de todos los materiales que surjan de las actividades de desbroce y limpieza dentro o fuera del área del proyecto.

Método de medición: Se ha considerado una alcantarilla típica, por lo que se medirá por unidad de alcantarilla a las que se le hayan efectuado los trabajos de limpieza según los requisitos arriba indicados.

Bases de Pago: De acuerdo con el precio unitario del artículo contratado, la limpieza de alcantarillado se compensará por unidad (Und). Este costo cubrirá toda la mano de obra, suministros, equipos, gastos imprevistos y otros elementos necesarios para completar el elemento de acuerdo con estos requisitos y con la aprobación del supervisor.

05.01.02 CONTRUCCION DE ALCANTARILLAS TIPO MARCO

05.01.02.01 TRAZO y REPLANTEO

Descripción: Esta partida se refiere al trazo, nivelación y replanteo que tiene que realizar el contratista durante los trabajos de construcción en las obras de arte proyectadas.

Método de Medición: El área a pagar por la partida **TRAZO Y REPLANTEO** será el número de metros cuadrados replanteados, medidos de acuerdo al avance de los trabajos, de conformidad con las presentes especificaciones y con la aprobación del Ingeniero Supervisor.

Bases de Pago: El área medida en la forma descrita anteriormente será pagada al precio unitario del contrato, por Metro Cuadrado, para la partida **TRAZO Y REPLANTEO**, entendiéndose que dicho precio y pago constituirá compensación total por toda mano de obra, equipos, herramientas, materiales e imprevistos necesarios para completar satisfactoriamente el trabajo.

05.01.02.02 REFINE, NIVELACION Y COMPACTACION

Descripción: El Contratista deberá preparar el terreno para las cimentaciones necesarias, de tal manera que se obtenga una cimentación firme y adecuada para todas las partes de la estructura. El fondo de las excavaciones que van a recibir concreto deberá terminarse cuidadosamente a mano, hasta darle las dimensiones indicadas en los planos o prescritas por el Supervisor. Las superficies así preparadas deberán humedecerse y apisonarse con herramientas o equipos adecuados hasta dejarlas compactadas, de manera que constituyan una fundación firme para las estructuras.

Método de Medición: “El área a pagar por la partida será el número de metros cuadrados, medidos de acuerdo al avance de los trabajos, de conformidad con las presentes especificaciones y con la aprobación del Ingeniero Supervisor” (CASTOPE CAMACHO, 2017)

Bases de Pago: “El área medida en la forma descrita anteriormente será pagada al precio unitario del contrato, por Metro Cuadrado, entendiéndose que dicho precio y pago constituirá compensación total por toda mano de obra, equipos, herramientas, materiales e imprevistos necesarios para completar satisfactoriamente el trabajo” (CASTOPE CAMACHO, 2017)

05.01.02.03 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO

Descripción: El Contratista proveerá, habilitará y montará los encofrados de madera o metal necesarios para el vaciado de hormigón de toda la obra de arte y drenaje bajo este rubro. El ítem también involucra el desforre y la provisión de diferentes materiales, incluyendo clavos y alambre. (Giron Merino & Perez Diaz, 2015)

Materiales:

“El Contratista deberá garantizar el empleo de madera en buen estado, convenientemente apuntalada, a fin de obtener superficies lisas y libres de imperfecciones” (Giron Merino & Perez Diaz, 2015)

“Los alambres que se empleen para amarrar los encofrados no deberán atravesar las caras del concreto que queden expuestas en la obra terminada” (Giron Merino & Perez Diaz, 2015)

Método Constructivo:

El encofrado debe estar debidamente apuntalado por el contratista para garantizar que pueda soportar completamente el empuje del hormigón durante el relleno sin deformarse. Los encofrados deben seguir la forma, los límites y las medidas especificadas en los diseños y deben sujetarse firmemente para evitar que se escape el agua del concreto. (Giron Merino & Perez Diaz, 2015)

“Para el apuntalamiento de los encofrados se deberá tener en cuenta los siguientes factores” (Giron Merino & Perez Diaz, 2015)

- Velocidad y sistema del vaciado del concreto
- Cargas de materiales, equipos, personal, incluyendo fuerzas horizontales, verticales y de impacto.
- Resistencia del material usado en las formas y la rigidez de las uniones que forman los elementos del encofrado.
- Antes de vaciarse el concreto, a las formas se deberán pasar aditivos desmoldante para evitar el posterior descascaramiento.
- La operación de desencofrar se hará gradualmente, quedando totalmente prohibido golpear o forzar.

“El Contratista es responsable del diseño e Ingeniería de los encofrados, proporcionando los planos de detalle de todos los encofrados al Ingeniero Supervisor para su aprobación.”. (Giron Merino & Perez Diaz, 2015)

“La deformación máxima entre elementos de soporte debe ser menor de $1/240$ de la luz entre los miembros estructurales” (Giron Merino & Perez Diaz, 2015)

“Las formas deben ser herméticas, para prevenir la filtración de la lechada de cemento serán debidamente arriostradas o ligadas entre sí de manera que se mantenga en la

posición y forma deseada con seguridad, asimismo evitar las deflexiones laterales” (Giron Merino & Perez Diaz, 2015)

Antes de colocar el hormigón, se humedecerán convenientemente las caras laterales del encofrado que estarán en contacto con éste, y se lubricarán adecuadamente sus superficies internas para evitar la adherencia del mortero. Previamente, se debe confirmar la limpieza del encofrado y retirar cualquier objeto extraño que se encuentre en su interior. (Giron Merino & Perez Diaz, 2015)

Los encofrados se diseñarán de modo que se facilite el desencofrado sin dañar las superficies de hormigón vertido. Antes de ser reposicionado, cada encofrado debe limpiarse a fondo y estar libre de daños o deformaciones para poder utilizarlo nuevamente. (Giron Merino & Perez Diaz, 2015)

Desencofrado: Las formas deberán retirarse de manera que se asegure la completa indeformabilidad de la estructura.

En términos generales, no se deben quitar las formas hasta que el concreto se haya fraguado lo suficiente como para soportar su propio peso y cualquier peso adicional que se le pueda colocar. Los formularios no deben ser retirados sin el consentimiento del Supervisor. (Giron Merino & Perez Diaz, 2015)

Se debe considerar los siguientes tiempos mínimos para efectuar el Desencofrado

- Costado de Muros	: 48 horas
- Cabezales de alcantarillas	: 24 horas
- Costados de vigas	: 48 horas
- Fondo de Losa de alcantarillas	: 14 días
- Sardineles y badenes	: 24 horas

Método de Medición: De acuerdo con las alineaciones y espesores especificados en los planos del proyecto, el encofrado se medirá en metros cuadrados en su ubicación final, teniendo en cuenta el área efectiva de contacto entre la madera y el hormigón. Esta medición también se hará de acuerdo con estas normas. El Ingeniero Supervisor debe dar su aprobación a la obra. (Horna Vigil, 2015)

Bases de Pago: Se entiende que el precio unitario y el pago constituirán la compensación total por el suministro, calificación, colocación y remoción de los moldes, así como por toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales e imprevistos necesarios para completar satisfactoriamente la obra. La superficie medida en la forma antes descrita se abonará al precio unitario del contrato, por metro cuadrado, por concepto de Bases de Pago: Se entiende que el precio unitario y el pago constituirán la compensación total por el suministro, calificación, colocación y remoción de los moldes, así como por toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales e imprevistos necesarios para completar satisfactoriamente la obra. La superficie medida en la forma antes descrita se abonará al precio unitario del contrato, por metro cuadrado, por concepto de ENCOFRADO Y DEMOLICIÓN. (Horna Vigil, 2015)

05.01.02.04 ACERO CORRUGADO $F_y=4200\text{kg/cm}^2$ Grado 60

Descripción: De acuerdo con los planos del proyecto, esta especificación y las instrucciones del supervisor, este trabajo consiste en suministrar, transportar, almacenar, cortar, doblar y colocar barras de acero dentro de varias construcciones permanentes de concreto. (Horna Vigil, 2015)

El Contratista deberá revisar las listas de corte y los diagramas de doblado antes de cortar el material a los tamaños especificados en los diseños. (Horna Vigil, 2015)

El acero debe almacenarse de manera sistemática sobre el nivel del suelo en plataformas, vigas u otros soportes hechos de material adecuado, y debe protegerse lo más posible del daño mecánico y el deterioro de la superficie, incluidos los efectos del clima y las condiciones ambientales corrosivo. (Horna Vigil, 2015)

El acero utilizado para el refuerzo debe estar protegido de los fenómenos atmosféricos, particularmente en regiones con fuertes lluvias. Dado que su desprotección podría dar lugar a procesos de erosión del suelo, se evitaría en la medida de lo posible dañar la vegetación actual de la zona en caso de almacenamiento temporal. (Horna Vigil, 2015)

Utilizando las listas de corte acordadas por el Supervisor, las armaduras deben doblarse en frío. Con excepción de correas y estribos, los diámetros mínimos de flexión, medidos dentro de la barra, serán los señalados en el Reglamento Nacional de Construcciones. (Horna Vigil, 2015)

Todo el acero de refuerzo debe estar libre de polvo, escamas de óxido, rebabas, pintura, aceite y cualquier otra sustancia extraña cuando se coloca en el sitio de construcción y antes de hacer el concreto. El acero debe estar libre de todo mortero seco. (Horna Vigil, 2015)

Para evitar desplazamientos durante la instalación y fraguado del hormigón, las varillas deben colocarse con precisión, de acuerdo con las instrucciones de los planos, y deben estar firmemente fijadas en las posiciones designadas. Mediante el uso de amarres, bloques, soportes metálicos, espaciadores o cualquier otro soporte aceptable, se debe mantener la posición del refuerzo dentro de los moldajes. Los bloques deben construirse con mortero de cemento prefabricado y cumplir con ciertos estándares de calidad, forma y tamaño. Se requiere galvanizado para los soportes metálicos que entran en contacto con el hormigón. (Horna Vigil, 2015)

Las superposiciones de las barras de refuerzo se realizarán donde lo recomiende el supervisor o según se indique en los diseños, y deben alinearse con las juntas de concreto. El Contratista puede agregar superposiciones y uniones adicionales en ubicaciones distintas a las indicadas en los planos, siempre que el Supervisor apruebe las modificaciones, las superposiciones y las uniones de las barras adyacentes estén espaciadas según lo especifique el Supervisor, y el Contratista pague por las modificaciones adicionales refuerzo que pueda ser necesario. (Horna Vigil, 2015)

Método de Medición: La unidad de medida debe ser el kilogramo (kg), o aproximadamente la décima parte de un kilogramo, de acero de refuerzo para edificaciones de concreto que realmente se suministre e instale en el sitio y sea debidamente reconocido por el Supervisor. Si se cambian las barras a pedido del contratista y, como resultado, se utiliza más acero del requerido, no se medirá el acero extra. (Horna Vigil, 2015)

Bases de Pago: “El pago se hará al precio unitario del contrato para la partida, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por el Supervisor” (Horna Vigil, 2015)

Para completar adecuadamente el trabajo de acuerdo con los planos, esta especificación y las instrucciones del Supervisor, el precio unitario debe incluir todos los

costos asociados con el suministro, prueba, transporte, almacenamiento, corte, desperdicio, plegado, limpieza, colocación y fijación de refuerzo, así como todos los costos de mano de obra, herramientas y equipos, así como los costos de ley social y contingencia. (Horna Vigil, 2015)

05.01.02.05 CONCRETOS

Descripción: De acuerdo con los planos del proyecto, especificaciones e instrucciones del supervisor, esta obra consiste en el suministro de materiales, fabricación, transporte, colocación, vibrado, curado y acabado de diversos tipos de concreto de cemento portland, agregados finos, agregados gruesos y agua. Estos materiales se utilizan para construir estructuras de drenaje, muros de contención, cabezas de alcantarillas, cajas colectoras, aletas, sumideros y estructuras en general. (Horna Vigil, 2015)

A) Elaboración De La Mezcla

A menos que el Supervisor especifique lo contrario, la mezcladora se cargará primero con una porción del agua necesaria para el lote que no exceda la mitad (1/2); Seguidamente se añadirá el árido fino y el cemento al mismo tiempo, seguido del árido grueso, completando la dosificación del agua en un tiempo que no supere un tercio (1/3) del tiempo total de amasado, medido a partir de la momento en que se añade el cemento y los áridos. (CASTOPE CAMACHO, 2017)

“Como norma general, los aditivos se añadirán a la mezcla de acuerdo a las indicaciones del fabricante.” (CASTOPE CAMACHO, 2017)

“Antes de cargar nuevamente la mezcladora, se vaciará totalmente su contenido. En ningún caso, se permitirá el remezclado de concretos que hayan fraguado parcialmente, aunque se añadan nuevas cantidades de cemento, agregados y agua” (CASTOPE CAMACHO, 2017)

B) Descarga, Transporte Y Entrega De La Mezcla

El concreto debe tener la consistencia, trabajabilidad y uniformidad requeridas cuando se descarga de mezcladoras estacionarias o móviles. Desde el momento de la adición del cemento a los agregados, la descarga de la mezcla, el transporte, la entrega y la colocación del concreto deberán realizarse en un

máximo de una hora y media (1 1/2), a menos que el Supervisor especifique un plazo diferente en función de la climatología, el uso de aditivos o las características del equipo de transporte.

El Supervisor rechazará cualquier concreto que se entregue después de que se haya producido un endurecimiento inicial, se determine que no se ajusta al asentamiento dentro de las limitaciones permitidas o se entregue fuera de la ventana de entrega designada.

El concreto que por cualquier causa haya sido rechazado por el Supervisor, deberá ser retirado de la obra y reemplazado por el Contratista, a su costo, por un concreto satisfactorio.

El material de concreto derramado como consecuencia de las actividades de transporte y colocación, deberá ser recogido inmediatamente por el contratista, para lo cual deberá contar con el equipo necesario.

(C) Preparación Para La Colocación Del Concreto

El Supervisor deberá recibir notificación por escrito del Contratista por lo menos cuarenta y ocho (48) horas antes de la colocación de cualquier concreto para que pueda inspeccionar y aprobar los sitios de colocación.

El supervisor debe aprobar el encofrado, el refuerzo, los componentes empotrados y la preparación de la superficie que deben estar contra el concreto antes de que pueda comenzar la instalación. Todas las partículas sueltas, grasa, aceite, suciedad, lodo y otros materiales dañinos no están permitidos en dichas superficies. Con la excepción de las superficies cubiertas de tierra o relleno, la limpieza puede implicar el lavado con agua y chorros de aire.

Las superficies sobre las que se va a aplicar la mezcla deben estar limpias de cualquier agua estancada o libre, y se debe tener cuidado para asegurarse de que no se mezcle agua con la mezcla durante la colocación o el fraguado para evitar que se lave o dañe la superficie recién colocada. concreto.

Si el Supervisor lo considera necesario, los cimientos en el suelo contra el cual se coloca el concreto deben humedecerse o cubrirse con una capa delgada de concreto.

(D) Colocación Del Concreto

Excepto en algunas circunstancias limitadas en las que ya haya dado permiso, esta operación debe completarse en presencia del Supervisor.

Salvo que el Contratista proporcione cubiertas que, a juicio del Supervisor, sean adecuadas para proteger el concreto desde su colocación hasta su fraguado, la colocación del concreto no podrá realizarse cuando llueva.

El concreto nunca debe fluir por los vibradores y siempre debe depositarse lo más cerca posible de su posición final. Las técnicas de colocación del hormigón deben permitir un control eficaz de la mezcla depositada para evitar que una presión excesiva caiga sobre el encofrado o golpee la armadura. Nunca se permitirá la caída libre del hormigón desde alturas superiores al metro y medio (1,50).

Las armaduras quedarán perfectamente envueltas cuando se vierta el hormigón, compactando enérgica y eficazmente para mantener las coberturas y separaciones de las armaduras, prestando especial atención a las zonas donde se concentran muchas armaduras.

A menos que se especifique lo contrario en la documentación del proyecto, el hormigón debe colocarse en estratos horizontales continuos de un espesor no superior a 0,5 metros (m). Si el Supervisor determina que son necesarios espesores menores adicionales para la adecuada terminación de los trabajos, podrá exigirlos cuando sea conveniente.

Una vez que ha salido de la mezcladora, el hormigón al que se le ha añadido agua no se puede colocar. Además, no está permitido verter la mezcla fresca directamente sobre el concreto total o parcialmente curado sin antes preparar las superficies de contacto como juntas de acuerdo con las Operaciones para el vertido de la mezcla, Artículo Juntas de esta especificación.

(E) Vibración

Para evitar cavidades causadas por burbujas de aire y partículas de agregado grueso, y para garantizar que el concreto cubra completamente las superficies del encofrado y los componentes de empotramiento, el concreto debe vibrarse hasta que alcance la mayor densidad posible. El vibrador se debe usar durante la consolidación a intervalos regulares y frecuentes, casi verticalmente y con la cabeza profundamente en la mezcla. (CASTOPE CAMACHO, 2017)

No se deberá colocar una nueva capa de concreto, si la precedente no está debidamente consolidada. (CASTOPE CAMACHO, 2017)

(F) Juntas

Las juntas de construcción, contracción y expansión deben construirse de acuerdo con las especificaciones y ubicaciones especificadas en los planes de trabajo o según lo indique el supervisor. Sin la aprobación del Supervisor, el Contratista no puede agregar más juntas o cambiar el diseño de ubicación de lo que se muestra en los planos o aprobado por él. A menos que se indique lo contrario, las juntas en las superficies visibles deben ser rectas, horizontales o verticales y continuas. (Horna Vigil, 2015)

“En general, se deberá dar un acabado pulido a las superficies de concreto en las juntas y se deberán utilizar para las mismas los rellenos, sellos o retenedores indicados en los planos” (Horna Vigil, 2015)

(G) Curado

“Durante el primer período de endurecimiento, se someterá el concreto a un proceso de curado que se prolongará a lo largo del plazo prefijado por el Supervisor, según el tipo de cemento utilizado y las condiciones climáticas del lugar” (Horna Vigil, 2015)

Después de colocar la mezcla de concreto, los tratamientos de curado con agua generalmente deben mantenerse por lo menos catorce (14) días; en algunos proyectos no masivos, este plazo podrá acortarse, pero nunca deberá ser inferior a siete (7) días. A menos que se utilicen Aditivos de Curado, y a menos que la Supervisión ya los haya aprobado. (Horna Vigil, 2015)

Método de Medición: La cantidad de concreto que se pagará se medirá en metros cúbicos (m³), o alrededor de una décima parte de un metro cúbico, y será aceptable para el tipo de concreto designado. Las dimensiones a utilizar deben estar especificadas en los planos o solicitadas por escrito por el Supervisor para el cálculo del volumen de

concreto por razones de pago. Para orificios de drenaje u otros dispositivos implantados en el hormigón, no se reducirá el volumen de hormigón. (Horna Vigil, 2015)

Bases de Pago: “Los volúmenes de concreto descritos en la forma anterior se pagarán al precio unitario establecido en el contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por el Supervisor” (Horna Vigil, 2015)

Asimismo, deberá incluir todos los gastos asociados a la construcción o mejora de los caminos de acceso a las fuentes, su explotación, selección, trituración y, en última instancia, lavado y clasificación de los materiales pétreos, así como el abastecimiento, almacenamiento, disposición de residuos, carga, transporte, descarga, y mezclar todos los componentes de la mezcla cuya fórmula de trabajo haya sido aprobada, así como los aditivos si su uso está especificado en los documentos del proyecto o ha sido solicitado por el supervisor. (Horna Vigil, 2015)

05.01.02.06 EMBOQUILLADO DE PIEDRA

Conlleva la provisión de piedras que serán colocadas y fijadas para crear un pavimento en los cursos de agua que estén marcados en los diseños o solicitados por el ingeniero supervisor.

Las piedras deben cumplir con las especificaciones especificadas en los diseños y deben tener la calidad y la forma requeridas, ser estables, resistentes a la intemperie, duraderas, sin fallas estructurales y sin contener materiales extraños. (Horna Vigil, 2015)

Serán de cantos rodados o rocas sólidas, compactas, resistentes y duraderas, y podrán proceder de la excavación de los terraplenes o de fuentes autorizadas. (Horna Vigil, 2015)

El tamaño máximo de piedra permitido estará determinado por el volumen y el grosor de la estructura de la que formará parte. Cualquier fragmento no puede tener más de dos tercios ($2/3$) del espesor de la capa en la que se va a colocar. (Horna Vigil, 2015)

Método de Medición: Este trabajo será medido en metros cuadrados (M2) de emboquillados de piedra, de acuerdo con las especificaciones mencionadas indicadas

en los planos a menos que el Supervisor haya ordenado cambios durante la construcción. (Horna Vigil, 2015)

Bases de Pago: “Las cantidades de revestimiento emboquillado de piedra, serán pagadas por metro cuadrado (M2) al precio del contrato para la partida, aceptado por el Supervisor, en su posición final, aproximado al metro cúbico completo” (Horna Vigil, 2015)

El precio unitario debe incluir todos los gastos relacionados con la correcta construcción del enrocamiento, de acuerdo con los planos del proyecto, esta especificación y las instrucciones del Supervisor. Estos gastos incluyen la extracción, preparación y suministro de materiales, así como su carga, transporte, descarga, almacenamiento y colocación. (Horna Vigil, 2015)

05.02 BADEN DE CONCRETO

05.02.01 BADEN DE CONCRETO L=60m

05.02.01.01 TRAZO Y REPLANTEO (Ver 05.01.02.01)

05.02.01.02 EXCAVACION MANUAL

Descripción: Este trabajo comprende la ejecución de las excavaciones necesarias para la cimentación de estructuras, alcantarillas de TMC y de marco, muros, zanjas de coronación, canales, cunetas y otras obras de arte

Comprende toda excavación de materiales sueltos, libres de rocas de gran volumen.

De acuerdo a lo especificado en la especificación de Limpieza y Limpieza, se procederá a la limpieza y limpieza del área de trabajo.

La excavación de trincheras y trincheras para estructuras o bases de estructuras seguirá los alineamientos, pendientes y alturas especificadas en los diseños o según lo indique el Supervisor. Debe ser lo suficientemente grande para acomodar todo el ancho y largo de las estructuras indicadas, o las bases de esas estructuras, cuando se coloquen.

Método de Medición: La excavación para estructuras se medirá en metros cúbicos, aproximado al décimo de metro cúbico, medido en su posición original, de material

aceptablemente excavado determinado dentro de las líneas indicadas en los planos y en esta especificación o autorizadas por el Supervisor.

Todas las medidas en excavaciones para edificaciones y alcantarillas se basarán en caras verticales. Fuera de estos parámetros, así como derrumbes, no se tomarán medidas a título oneroso.

Bases de Pago: Para el lote, el volumen medido en la forma antes descrita se pagará al precio unitario del contrato por metro cúbico (M3), en el entendido de que este precio y pago debe cubrir todos los gastos asociados con la excavación, perforación y voladura potencial, y remoción. de los materiales excavados a los sitios de uso o disposición.

05.02.01.03 ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE (Ver 03.03)

05.02.01.04 REFINE, NIVELACION Y COMPACTACION (Ver 05.01.02.02)

05.02.01.05 CONCRETO (Ver 05.01.02.05)

05.02.01.06 EMBOQUILLADO DE PIEDRA (Ver 05.01.02.06)

05.02.01.07 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO (Ver 05.01.02.03)

05.02.01.08 JUNTAS ASFALTICAS

Descripción: Esta partida se refiere a la construcción de las juntas longitudinales de dilatación para aliviar los esfuerzos directos de tracción y compresión en el sentido transversal de las losas de los badenes.

La separación entre losas será de 2.5 cm. y 0.005 m. de profundidad interconectada por un pistón consistente en una barra de lisa de acero F ¾" de 0.90 m. de longitud y un tubo de Fierro Galvanizado de F ¾" de 0.45 m. de longitud y espaciadas @ 45 cm. de acuerdo a los planos.

Las juntas de longitudinales posteriormente serán rellenados con mezcla bituminosa (Asfalto RC-250 – Arena Gruesa) colocada en caliente, una vez que las juntas se hallen bien limpias y secas. Antes del sellado la junta será pintada con un material bituminoso para lograr la adherencia con el material de sellado.

Método de Medición: La unidad de medida será el metro lineal (MI) de junta, medidos a lo largo de las juntas.

Bases de Pago: Los metros lineales medidos en la forma descrita anteriormente serán pagados al precio unitario por (MI) del contrato para la partida, y este precio y pago será compensación total por todos los materiales, mano de obra, leyes sociales, equipos, herramientas é imprevistos necesarios para la correcta ejecución de todos los trabajos según lo especificado.

06.00 SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL

06.01 SEÑALIZACIÓN

06.01.01 POSTES KILOMÉTRICOS

Son señales que informan a los conductores el kilometraje y la distancia al origen de vía.

El Contratista realizará todos los trabajos necesarios para construir y colocar, en su lugar, los hitos kilométricos de concreto. (GUERRERO OBANDO, 2016)

Los hitos kilométricos se colocarán a intervalos de un kilómetro; en lo posible, alternadamente, tanto a la derecha, como a la izquierda del camino, en el sentido del tránsito que circula desde el origen hasta el término de la carretera. Preferentemente, los kilómetros pares se colocarán a la derecha y los impares a la izquierda. Sin embargo, el criterio fundamental para su colocación será el de la seguridad de la señal. (GUERRERO OBANDO, 2016)

Método de Medición: El método de medición es por hito, colocada y aceptada del Ingeniero Supervisor. (GUERRERO OBANDO, 2016)

06.01.02 SEÑALES REGULADORAS

Las señales reguladoras se usan para regular el tránsito de la velocidad de diseño (30 Km/h) y serán ubicadas en el Km 0+000 y a la salida del área urbana del distrito. (GUERRERO OBANDO, 2016)

Método de Medición: La unidad de medición es la Unidad (und), la cual abarcará la señal propiamente dicha, el poste y la cimentación. Se medirá el conjunto debidamente colocado y aprobado por el ingeniero supervisor (GUERRERO OBANDO, 2016)

06.01.03 SEÑALES PREVENTIVAS

Las señales preventivas se usa para indicar, con anticipación, la aproximación de ciertas condiciones del camino o concurrentes a él, que implican un peligro real o potencial que puede ser evitado disminuyendo la velocidad del vehículo o tomando ciertas precauciones necesarias. (GUERRERO OBANDO, 2016)

Preparación de señales preventivas:

Las señales preventivas serán confeccionadas con plancha galvanizada de 1/16" de espesor, de 0.60 m. x 0.60 m. con una resina poliestérica, con una cara de textura similar al vidrio, el fondo de la señal irá con material adhesivo con cinta reflectorizante color amarillo de alta intensidad; el símbolo y el borde del marco serán pintados en color negro con el sistema de serigrafía. (GUERRERO OBANDO, 2016)

La parte posterior de todos los paneles se pintarán con dos manos de pintura esmalte de color negro. (GUERRERO OBANDO, 2016)

El panel de la señal será reforzado con perfiles de ángulos T según se detalla en los planos. Todas las señales deberán fijarse a los tubos de fierro negro Ø 2". (GUERRERO OBANDO, 2016)

06.01.04 SEÑALES INFORMATIVAS

Las señales informativas y reguladoras se usan para guiar al conductor a través de una ruta determinada, dirigiéndolo al lugar de su destino. Así mismo se usan para destacar lugares notables (ciudades, ríos, lugares históricos, etc.) en general cualquier información que pueda ayudar en forma más simple y directa. (GUERRERO OBANDO, 2016)

Método de Medición: La unidad de medición es la Unidad (und), la cual abarcará la señal propiamente dicha, el poste y la cimentación. Se medirá el conjunto debidamente colocado y aprobado por el ingeniero supervisor. (GUERRERO OBANDO, 2016)

06.02 SEGURIDAD VIAL

06.02.01 ELABORACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

06.02.01.01 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

06.02.01.02 EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA

06.02.01.03 EXÁMENES MÉDICOS OCUPACIONALES (INGRESO Y DE RETIRO)

06.02.01.04 RECURSOS PARA RESPUESTAS ANTE EMERGENCIAS

07.00 IMPACTO AMBIENTAL

07.01 CLAUSURA DE SILOS Y RELLENOS SANITARIOS.

Descripción: Para evitar la formación de gases y neutralizar los procesos químicos orgánicos, se debe pulverizar cal en las fosas sépticas antes de cubrirlas con material propio y sellarlas para que se restablezca la morfología de la zona afectada. Estos elementos se utilizaron en los campos durante la ejecución. (GUERRERO OBANDO, 2016)

Método de Medición: “El trabajo por el cual se pagará por cada metro cúbico ejecutado, siendo verificados por la Supervisión antes y después de ejecutado el trabajo” (GUERRERO OBANDO, 2016)

Bases del Pago: “Se efectuará al precio unitario del contrato para la partida, entendiéndose que dicho precio y pago constituirá compensación completa, de los materiales, mano de obra, leyes sociales, equipo y herramientas e imprevistos necesarios para la ejecución de la partida a satisfacción de la Supervisión” (GUERRERO OBANDO, 2016)

07.02 REVEGETALIZACION

Descripción: Esto incluye proporcionar y colocar una capa delgada de suelo o suelo que se haya conservado, plantar o volver a plantar pastos, arbustos, árboles, enredaderas, plantas que cubren el suelo y otras plantas. Con el fin de estabilizar los taludes, esta obra se aplicará de acuerdo con lo especificado en los planos y papeles del proyecto o según lo determine el Supervisor, en función de la situación de las áreas aledañas a la vía y las que se encontraren vegetadas. previo a las obras. Tendrá lugar cuando: (GUERRERO OBANDO, 2016)

+ “Restauración de áreas de vegetación que hayan sido alteradas por el proceso de construcción de carreteras” (GUERRERO OBANDO, 2016)

+ “Revegetación en terraplenes y en readecuación del paisaje, se debe considerar la revegetación de las laderas adyacentes para evitar la erosión pluvial2 (GUERRERO OBANDO, 2016)

+ “Restauración de la superficie exterior de los depósitos de desechos y en las zonas aledañas donde se haya dañado y perdido la vegetación inicial, para permitir readecuar el paisaje a la morfología inicial” (GUERRERO OBANDO, 2016)

Método de Medición: “Esta partida se medirá en hectáreas (Ha), y en el se incluye los trabajos necesarios para la extracción, conservación, traslado, reposición y reconfiguración de la capa superficial del suelo” (GUERRERO OBANDO, 2016)

Bases del Pago: El pago se hará efectivo cuando todos los trabajos de revegetalización hayan concluido y a juicio del Supervisor las áreas afectadas hayan sido total y completamente recuperadas, y no corren el riesgo de ser nuevamente afectadas por la presencia de equipos del Contratista en etapa de desmovilización. (GUERRERO OBANDO, 2016)

Por el trabajo descrito en esta parte, incluyendo la provisión de plantas, fertilizantes, tierra vegetal, cubiertas que retengan la humedad, riego periódico, transporte y tiempo de establecimiento de plantas hasta la fecha, el pago de este concepto servirá como compensación total. de la finalización de todo el trabajo a satisfacción del Supervisor y en la forma especificada, en general. (GUERRERO OBANDO, 2016)

07.03 ACONDICIONAMIENTO Y RESTAURACIÓN DE CANTERA

Descripción: Se refiere a las tareas conducentes a lograr la recuperación morfológica de las condiciones originales dentro de lo posible de las canteras que han sido explotadas por el Contratista para la construcción de carreteras, incluyendo la conservación del material orgánico extraído antes de la explotación y debidamente conservado, la plantación o reimplante de pastos y/o arbustos y recomposición de la capa vegetal o materia orgánica, según sea el caso. (GUERRERO OBANDO, 2016)

También incluye cualquier trabajo que permita la restauración de la morfología de las áreas utilizadas como canteras, tales como el tratamiento adecuado de los taludes de corte de cantera, la eliminación de rampas de acceso, materiales de desecho y, en su caso, la mejora de canales. (GUERRERO OBANDO, 2016)

Dependiendo del volumen extraído, puede ser suficiente nivelar rápidamente el cauce después de utilizar el cauce de un río o arroyo antes de adoptar una estrategia de explotación superficial en un área mayor. Si es posible, se debe establecer un sistema de drenaje natural para evitar dejar áreas donde se pueda acumular agua. (GUERRERO OBANDO, 2016)

El objetivo es dejar las canteras en un estado que no suponga daños al medio ambiente mediante el empleo de maquinaria. No debe haber zanjas, canales o cortes obvios. (GUERRERO OBANDO, 2016)

Los terrenos impactados deberán ser nivelados y revegetados, así como la recuperación de las áreas ocupadas por los caminos de acceso a las canteras, plantas, campamentos y otros lugares. Salvo las que sirvan a canteras de uso posterior, que estarán debidamente delimitadas y designadas para prohibir el acceso desde otras regiones, todos los accesos y desvíos deberán ser cerrados. (GUERRERO OBANDO, 2016)

Método de Medición: “Esta partida se medirá en metros cuadrados (M2), y en el se incluye los trabajos necesarios para restaurar las canteras en la forma especificada. Estos trabajos deberán ser aprobados por el Supervisor y que hayan sido efectivamente recuperados cumpliendo las disposiciones que se dan en esta especificación”. (GUERRERO OBANDO, 2016)

Bases del Pago: El pago se realizará una vez que se complete toda la construcción de la carretera y el Supervisor determine que la presencia del equipo del Contratista durante la fase de desmovilización y/o cualquier tarea relacionada con el izaje que deba realizar el Contratista no tendrá un impacto en las áreas de recomposición. (GUERRERO OBANDO, 2016)

07.04 PLAN DE MEDIDAS DE CONTROL AMBIENTAL

Método de Medición: Unidad.

07.05 MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS

07.05.01 CONTENEDOR DE RESIDUOS SOLIDOS

07.05.02 DISPOSICION DE RESIDUOS SOLIDOS

08.00 OTROS

08.01 FLETE PARA TRANSPORTE DE MATERIALES A LA OBRA

Descripción: Comprende los trabajos realizados para el traslado de los materiales desde el centro de abastecimiento hasta el mismo lugar donde se efectuarán los trabajos.

Método de Medición: Esta partida ejecutada se medirá: Global

Bases del Pago: El pago será Global (Glb.), según precio unitario del contrato, entendiéndose que dicho precio y pago constituirá total compensación por materiales, equipo y mano de obra.

08.02 LIMPIEZA FINAL DE LA OBRA

Descripción: Comprende los trabajos de barrido y eliminación de basura alojada dentro del área de ejecución de los trabajos.

Método de Medición: Esta partida ejecutada se medirá: Kilómetro.

Bases del Pago: El pago será por kilómetro (km), según precio unitario del contrato, entendiéndose que dicho precio y pago constituirá total compensación por materiales, equipo y mano de obra.

CAPITULO XII

CONCLUSIONES

Y

RECOMENDACIONES

El ancho de calzada es 6.60 m, ancho de bermas 0.90 m y un radio mínimo para curvas horizontales de 135.00 m, con una longitud de 17 + 321 km. El talud de corte es de 1:1 por ser un Suelo arcilloso, El talud de relleno es de 1:1.5

El tipo de suelo predominante es: SC (arena-arcillosa).

Mediante el estudio de mecánica de suelos se obtuvo un CBR máximo de 49.57 % al 95%, CBR mínimo de 5.98% al 95% y un CBR de diseño de 10.10%.

La acción más agresiva se da en las progresivas: 01 + 800 – 02 + 200, 06 + 400 – 06 + 800 y 17 + 000 – 17 + 321, debido al Relleno de terreno, Desbroce, Tala, transporte de material de cantera y conformación de afirmado, el factor ambiental más frágil es el Paisaje con 15.50 %.

Para el diseño final del pavimento se optó utilizar los espesores obtenidos por el método AASHTO 93, obteniendo los siguientes espesores: 5 cm, 15 cm y 15 cm, de carpeta asfáltica, base y subbase respectivamente.

El costo por km de carretera asfaltada al 31 de Octubre del 2015 es de: S/.1,423,665.25

21.7. RECOMENDACIONES

Cumplir con el diseño establecido al momento de ejecutar el proyecto.

Mejorar la subrasante con material granular(over), desde el km 4 + 500 – 5 + 500

Ejecutar el proyecto en los meses de ausencia de lluvia, es decir entre los meses de abril a diciembre, por el tipo de suelo SC (arena-arcillosa).

El proyecto se debe ejecutar en un plazo no mayor a 9 meses.

Realizar la revegetalización con plantas nativas al momento de la construcción.

Se recomienda tener en cuenta las medidas de contingencia durante la etapa de construcción del proyecto.

Después de la ejecución de la obra se debe realizar el constante mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Lima - Perú, Diciembre de 2013.
“Manual De Diseño Geométrico Para Carreteras DG – 2013”
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Lima - Perú.
“Manual De Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales Para Construcción EG-2013”
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Lima - Perú.
“Manual De Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia Y Pavimentos - 2013”
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Lima - Perú.
“Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje - 2011”
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Lima - Perú.
“Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito - 2008”
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Lima - Perú, 2007.
“Reglamento de Jerarquización Vial”
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Lima - Perú.
“Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Caminos de Bajo Volumen de Transito EG-CBT 2005”
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Lima - Perú, 2004.
“Reglamento Nacional de Vehículos “

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Lima - Perú.
“Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor Para Calles Y Carreteras - 2000”
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Lima - Perú.
“Especificaciones Técnicas Generales para la Conservación de Carreteras”
- DAVIS, FOOTE- KELLY .19976 – 977 pág. Madrid España.
“Tratado De Topografía”
- JUÁREZ BADILLO, Alfonso y RICO RODRÍGUEZ 1986. 110 Pág. Editorial Limusa. México.
“Mecánica de suelos”
- GERMÁN VIVAR ROMERO, 2da edición 1995.
“Diseño Y Construcción De Pavimentos”
- **Apuntes De Clase, Topografía, Caminos, Mecánica De Suelos, Pavimentos, Impacto Ambiental, Drenaje, Mecánica De Fluidos, Concreto Armado.**

ACTA DE SUSTENTACION

En la sala de sustentaciones de la Facultad de Ingeniería Civil, de Sistemas y de Arquitectura de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, siendo las 10:30 h del día 28 de junio del 2016, se reunieron los miembros del Jurado de la Tesis Titulada: ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA KM 23+96.0 INTEROCENICA NORTE - C.P. SAN CASTORAL, DISTRITO DE CENOS, PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION LAMBAYEQUE (IC-2015-025) conformado por los siguientes docentes:

ING. SERGIO BRAVO IDROGO Presidente del Jurado.
 ING. ING. MIGUEL ROSANDO BOCANEGRA JACOME, miembro del Jurado
 ING. WESLEY AMARO SALAZAR BRAVO, miembro del Jurado
 ING. ROBERTO CARLOS CACHAY SILVA, Patronizador.

Actuando como Presidente el Ing. Sergio Bravo Idrogo y como secretario el Ing. Wesley Amaro Salazar Bravo, se procedió a recepcionar la sustentación a cargo del Bachiller:

MARCELO CANO VILLALBA

Durante la sustentación el Jurado realizó las preguntas que consideró pertinentes las cuales fueron absueltas por el sustentante.

Concluida la sustentación el Jurado deliberó libre y reservadamente acordando APROBARLO con el Calificación de BUENO

Finalmente se dio lectura a la presente acta de sustentación siendo las 11:30 h del mismo día, firmando en señal de conformidad los docentes que en ella intervinieron.

ING. SERGIO BRAVO IDROGO
 Presidente del Jurado

ING. ING. MIGUEL ROSANDO BOCANEGRA JACOME
 miembro del Jurado

ING. WESLEY AMARO SALAZAR BRAVO
 miembro del Jurado.

ING. ROBERTO CARLOS CACHAY SILVA
 PATRONIZADOR



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA
UNIDAD DE INVESTIGACION



“Año de la universalización de la salud”.

CONSTANCIA DE APROBACION DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Roberto Carlos Cachay Silva, (Docente, Asesor de Tesis, revisor del trabajo de investigación) de los Integrantes:

Campos Velezmoro Marcelo

Diaz Barahona Joel Abraham

DE LA TESIS TITULADA: “Estudio Definitivo De La Carretera Km 23 + 960 Interoceanica Norte – Cp. San Cristóbal, Distrito De Olmos, Provincia Lambayeque, Región Lambayeque”

Luego de la revisión exhaustiva del documento constato que la misma tiene un índice de similitud de 09% verificable en el reporte de similitud del programa TURNITIN.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas NO CONSTITUYEN PLAGIO. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Se expide la presente según lo dispuesto en la Resolución N° 659-2020-R, de fecha 8 de setiembre de 2020 formativa para la obtención de Grados y Títulos de la UNPRG:

Lambayeque, 17 de setiembre 2023

ATENTAMENTE,

MSC. ING. ROBERTO CARLOS CACHAY SILVA
DNI. 02895975

TESISI DISEÑO DE CARRETERA

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%	0%	9%	0%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	ECOTEST S.R.L AUDITORIA AMBIENTAL. "EIA para la Instalación de la Estación de Servicios Cristo Vive-IGA0000174", R.D. N° 129-2006-MEM/AAE, 2021 Publicación	4%
2	FERNANDEZ OBREGON SEGUNDO SANTIAGO. "DIA para la Instalación de Estación de Servicios para la Venta de Combustibles Líquidos (DB5, S-50, G90P, G95P Y G97P) Y GLP y Brindar el Servicio de Minimarket-Estación de Servicios Herco-IGA0013492", R.G.E. N° 49-2021-GR.LAMB/GEEM, 2021 Publicación	2%
3	Fuente Colín José Francisco de la. "Procedimiento constructivo de la 2da. etapa de la modernización del boulevard de acceso a la Universidad Politécnica de Tulancingo de Bravo, Hidalgo", TESIUNAM, 2010 Publicación	1%
4	Torreblanca Diego Jesús Daniel. "Análisis del proceso de construcción del tramo Los	1%



Ing. Roberto Carlos Cachay Silva
Patrocinador




Recibo digital


Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Campos Velezmoro Marcelo
Título del ejercicio: Tesis12345
Título de la entrega: TESIS DISEÑO DE CARRETERA
Nombre del archivo: DISTRITO_DE_OLMOS_PROVINCIA_LAMBAYEQUE_REGION_LA...
Tamaño del archivo: 4.89M
Total páginas: 296
Total de palabras: 57,002
Total de caracteres: 290,036
Fecha de entrega: 18-jun.-2023 08:14p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2118573340



**UNIVERSIDAD NACIONAL
"PEDRO RUIZ GALLO"**



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

"ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA KM 23 + 960
INTEROCEANICA NORTE - CP. SAN CRISTOBAL, DISTRITO DE OLMOS,
PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION LAMBAYEQUE"

TOMO II

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

SILVA BARRAHONA JOEL ABRAHAM
Bach. Ing. Civil

CAMPOS VELEZMORO MARCELO
Bach. Ing. Civil

Ing. CACHAY SILVA ROBERTO CARLOS
Patrocinador

**LAMBAYEQUE - PERÚ
2015**


Ing. Roberto Carlos Cachay Silva
Patrocinador