

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DEL LITORAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE
CIENCIAS DE LA TIERRA**

TEMA:

**CONTROL DE CALIDAD EN OBRA DEL MATERIAL
USADO EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA
DEL PAVIMENTO FLEXIBLE**

**CASO PRACTICO: REHABILITACIÓN DE LA VÍA CRUZ
VERDE – CRUCITA**

TESINA DE SEMINARIO

**Previa a la obtención del título de:
INGENIERO CIVIL**

PRESENTADO POR:

**COOPER JOSEPH AVILÉS HERNÁNDEZ
ODIN MANUEL GALARZA CAMPOVERDE
DANIEL ANTONIO RIERA CARBO**

**Guayaquil - Ecuador
AÑO 2010**

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios, por estar con nosotros día a día, a nuestros padres quienes son nuestros entes inspiradores a seguir adelante y quienes inculcaron en nosotros valores y forjaron nuestra actitud para el bien de la sociedad.

Agradecemos al Decano y Subdecano de la facultad, a nuestros tutores de tesina, Ing. Eduardo Santos Baquerizo e Ing. Manuel Gómez de la Torre, ya que ellos, más que nuestros profesores, han sido nuestros amigos motivadores, aclararon nuestras dudas, nos incentivaron más de una vez y nos dieron toda la iniciativa posible para la culminación de nuestra tesina.

Finalmente agradecemos a la Fiscalizadora CPR, al Ing. Wilson Ichina y demás personal quienes nos ayudaron y facilitaron información del proyecto.

Los Autores

DEDICATORIA

La realización de este trabajo se lo dedico de manera especial a mi abuela, mamá y hermanos quienes me apoyaron en todo momento, aunque a veces no contara con su presencia ellas fueron mi inspiración, además del apoyo moral y ético que me brindaron para culminar con satisfacción mi meta como ingeniero.

Odín Manuel Galarza Campoverde

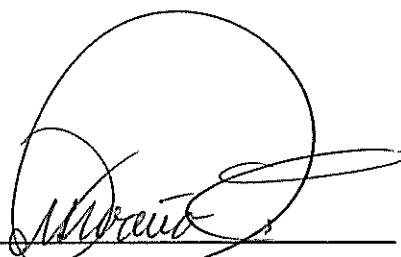
El presente trabajo está dedicado a mis padres José Luis Riera Peralta y Solange Carbo de Riera quienes me han inculcado valores éticos y morales de los cuales estoy muy agradecido y sobre todo han sido un gran ejemplo de vida a seguir. También a mis amigos y familiares que siempre estuvieron apoyándome en todo momento.

Daniel Antonio Riera Carbo

El siguiente trabajo se lo dedico a mi madre que ha sido la que me ha apoyado e incentivado a poder terminar mi carrera y este trabajo. A mi padre que con sus consejos me ha permitido seguir adelante. Y a mi hermano, abuelos y familiares que han sido parte de mi formación personal y profesional.

Cooper Joseph Avilés Hernández

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Gastón Proaño', is written over a horizontal line.

Ing. Gastón Proaño

SUBDECANO FICT

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Eduardo Santos Baquerizo', is written over a horizontal line.

Ing. Eduardo Santos Baquerizo

DIRECTOR DE SEMINARIO Y TESINA

Ing. Manuel Gómez de la Torre

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

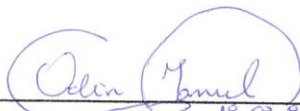
DECLARACIÓN EXPRESA

Ponemos en conocimiento de los lectores que la presente investigación, construcción y levantamiento de la tesina, así como los criterios, opiniones, ideas y demás concepciones vertidas y expuestas en este trabajo, son de absoluta y exclusiva responsabilidad de los autores.

La responsabilidad del contenido de esta tesina de seminario nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma pertenece a la Escuela Superior Politécnica del Litoral.



Cooper Joseph Avilés Hernández
200405983



Odín Manuel Galarza Campoverde
200512606



Daniel Antonio Riera Carbo
200508679

**CONTROL DE CALIDAD EN OBRA DEL MATERIAL USADO EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
CASO PRÁCTICO: REHABILITACIÓN DE LA VÍA CRUZ VERDE - CRUCITA**

ÍNDICE

RESUMEN.....	4
INTRODUCCIÓN.....	6
SIGLAS O ABREVIATURAS	7
DEFINICIONES	8
CAPÍTULO 1	14
DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	14
1.1 ANTECEDENTES	14
1.2 DATOS GENERALES	16
1.3 CONDICIONES DE LA ZONA	19
1.3.1. Aspectos Topográficos	19
1.3.2. Aspectos Hidrológicos y climáticos	20
CAPÍTULO 2.....	22
SECCIONES TÍPICAS, SUBRASANTE Y CAPAS QUE COMPONEN LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA VÍA CRUZ VERDE - CRUCITA.	
2.1 SECCIONES TÍPICAS EN LOS DIFERENTES TRAMOS DE CARRETERA	22
2.1.1 Espesores del Pavimento Flexible según el diseño.	27
2.2. CAPA DE SUBRASANTE CON MATERIAL DE PRÉSTAMO IMPORTADO.....	28
2.3. CAPAS QUE COMPONEN LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE.....	29
2.3.1 Capa de Mejoramiento con Suelo Seleccionado.....	29
2.3.2. Capa de Sub Base Clase 2.	30
2.3.3 Capa de Base Granular clase 1A	31
2.3.4 Capa de Base de Hormigón Asfáltico.	32
2.3.5 Capa de Rodadura de Hormigón Asfáltico.	32
CAPÍTULO 3.....	34
CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE PRÉSTAMO IMPORTADO PARA LA SUBRASANTE	
3.1 NORMAS Y PARAMETROS	35
3.1.1. Granulometría	35
3.1.2. Límites de Atterberg, CBR, Proctor	36
3.1.3. Expansividad	37

3.1.4. Compactación.....	38
3.2 CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE PRÉSTAMO IMPORTADO EN LA FUENTE DEL MATERIAL.....	40
3.3 CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE PRÉSTAMO IMPORTADO TRANSPORTADO A OBRA.....	45
3.4 CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE PRÉSTAMO IMPORTADO DESPUES DE LA COMPACTACION	48
CAPÍTULO 4.....	53
CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE MEJORAMIENTO CON SUELO SELECCIONADO	
4.1 NORMAS Y PARAMETROS.....	54
4.1.1 Granulometría.....	54
4.1.2 Límites de Atterberg, CBR, Proctor	54
4.1.3 Compactación.....	56
4.2 CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE MEJORAMIENTO CON SUELO SELECCIONADO TRANSPORTADO A OBRA.	57
4.3 CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE MEJORAMIENTO CON SUELO SELECCIONADO DESPUES DE LA COMPACTACIÓN.....	60
CAPÍTULO 5.....	64
CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE SUB-BASE CLASE 2	
5.1 NORMAS Y PARAMETROS.....	65
5.1.1. Granulometría.....	65
5.1.2. Límites de Atterberg, CBR, Abrasión de los Ángeles	66
5.1.3. Compactación.....	68
5.2. CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE SUBBASE TRANSPORTADO A OBRA	69
5.3 CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE SUB-BASE DESPUES DE LA COMPACTACIÓN.....	73
CAPÍTULO 6.....	77
CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE BASE GRANULAR CLASE 1A	
6.1 NORMAS Y PARAMETROS	78
6.1.1 Granulometría	78
6.1.2. Límites de Atterberg, CBR, Abrasión de los Ángeles	80
6.1.3. Compactación.....	82
6.2 CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE BASE GRANULAR CLASE 1A TRANSPORTADO A OBRA.....	84
6.3 CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE BASE GRANULAR CLASE 1A DESPUES DE LA COMPACTACIÓN.....	88
CAPÍTULO 7.....	92

CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE BASE DE HORMIGÓN ASFÁLTICO	
7.1. NORMAS Y PARAMETROS.....	93
7.1.1. Cemento Asfáltico	93
7.1.2 Agregados para Base de Hormigón Asfáltico	95
7.1.2.1 Límites de Atterberg, Abrasión de los Ángeles	99
7.1.3 Tolerancia de la Mezcla	100
7.1.4 Compactación de la Mezcla	102
7.2. DESCRIPCION DEL DISEÑO DE LA FORMULA MAESTRA PARA LA ELABORACIÓN DE LA BASE DE HORMIGON ASFALTICO.	104
7.2.1. Agregados a utilizarse en la Mezcla	104
7.2.2. Descripción de la Mezcla.....	105
7.3. CONTROL DE CALIDAD DE LA MEZCLA DE BASE DE HORMIGON ASFALTICO EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO.....	110
7.3.1 Control en Planta de la Mezcla de Base de Hormigón Asfáltico	110
7.3.2 Control en Obra de la Mezcla de Base de Hormigón Asfáltico.....	111
7.3.2.1 Control de la Mezcla Transportada a obra.....	111
7.3.2.2 Control de la mezcla compactada.....	115
CAPÍTULO 8.....	123
CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE CARPETA ASFÁLTICA	
8.1. NORMAS Y PARAMETROS	124
8.1.1. Cemento Asfáltico	124
8.1.2 Agregados para Hormigón Asfáltico	126
8.1.2.1 Límites de Atterberg, Abrasión de los Ángeles	130
8.1.3 Tolerancia de la Mezcla	132
8.1.4 Compactación de la Mezcla.....	134
8.2. DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO DE LA FORMULA MAESTRA PARA LA ELABORACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA.....	135
8.2.1. Agregados a utilizarse en la Mezcla	136
8.2.2. Descripción de la mezcla	136
8.3. CONTROL DE CALIDAD DE LA MEZCLA DE HORMIGON ASFALTICO EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO.....	142
8.3.1 Control en Planta de la Mezcla de Hormigón Asfáltico.....	142
8.3.2 Control en Obra de la Mezcla de Hormigón Asfáltico	142
8.3.2.1 Control de la Mezcla Transportada a obra.....	142
8.3.2.2 Control de la mezcla compactada.....	146
CONCLUSIONES.....	153
RECOMENDACIONES	158
BIBLIOGRAFIA.....	159
ANEXOS.....	160

RESUMEN

El desarrollo del siguiente trabajo sobre la “Rehabilitación de la Vía Cruz Verde – Crucita” dará las pautas a seguir en el control de la calidad en obra del material para cualquier proyecto de construcción de vías con pavimento flexible. En este caso práctico abarcaremos el material de préstamo importado para la subrasante y cada componente de la estructura del pavimento las cuales son: el material de mejoramiento con suelo seleccionado, sub base, base granular, base asfáltica y capa de rodadura.

Cabe resaltar que esta es una vía importante para la Provincia de Manabí, ya que Crucita se ha convertido en punto turístico bastante visitado debido a su proximidad con la capital manabita Portoviejo. Por esta razón y a que la vía se encontraba en mal estado, surgió la necesidad de rehabilitarla.

Además se darán breves conceptos de los parámetros los cuales permiten controlar la calidad del material. Se mostrará el proceso de control de calidad que se debe seguir en los materiales usados en las diferentes capas del pavimento y las posibles soluciones en caso de no cumplir con los parámetros establecidos en las especificaciones.

Se tomará como guía el texto “Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes” del Ministerio de Transporte y Obras Públicas Tomo I y Tomo II.

Con respecto a las normas que rigen los ensayos de laboratorio se utilizará la ASSTHO y la INEN. En lo que respecta al asfalto se hará referencia a los manuales MS-22 “Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en caliente”

INTRODUCCIÓN

Toda obra civil requiere de un adecuado control de calidad, para la finalización exitosa del proyecto y así asegurar el cumplimiento de las especificaciones, requisitos y propósitos de los planos. Para ello es indispensable mantener un control veraz y actual sobre la inspección, que no son solamente observaciones visuales y mediciones de campo sino también ensayos de laboratorio y recolección y evaluación de sus resultados, lo cual permite al proyecto realizar la obra de forma tal que cada actividad se mantenga dentro de sus requerimientos.

Nuestro estudio se enfoca en establecer los procedimientos para llevar un control adecuado de la calidad de los materiales que se utilizan en cada capa de la estructura del pavimento flexible en la obra de Rehabilitación de la Vía Cruz Verde – Crucita de longitud 14 km que se ejecuta en la actualidad. Aunque la capa de subrasante con material de préstamo importado no sea parte de la estructura del pavimento, también se analizará y se realizará el control de calidad.

Resaltamos que el control de calidad del material se realiza tanto en planta como en obra, pero por tratarse de una tesina, y para no extendernos en un tema de tesis, nos enfocaremos específicamente en el control de calidad del material en obra.

SIGLAS O ABREVIATURAS

AASHO:	Asociación Americana de Autoridades de Vialidad de los Estados. (American Association of State Highway Officials).
AASHTO:	Asociación Americana de Autoridades de Vialidad y Transporte de los Estados. (American Association of State Highway and Transportation Officials).
ASTM:	Sociedad Americana para Ensayo de Materiales (American Society for Testing and Materials).
CBR:	Índice de California, Capacidad portante de California (California Bearing Rates).
INEN:	Instituto Ecuatoriano de Normalización.
IP:	Índice de Plasticidad
LL:	Límite Líquido
MS-22:	Manual N°. 22 sobre principios de construcción de pavimentos de mezcla asfáltica en caliente
MTOP:	Ministerio de Transportes y Obras Públicas
VAM:	Vacios en el agregado mineral
VAF:	Vacios llenos de Asfalto

DEFINICIONES

Arenisca: es una roca sedimentaria, de color variable, que contiene clastos de tamaño de la arena. Los granos son gruesos, finos o medianos, bien redondeados. El cuarzo es el mineral que forma la arenisca cuarzosa, pero las areniscas pueden estar constituidas totalmente de yeso o de coral.

Asfalto: Betún sólido, semisólido o líquido, de color entre negro o pardo oscuro, encontrado en depósitos naturales u obtenido artificialmente como un residuo del petróleo. En nuestro país, la mayor parte del asfalto empleado se obtiene del Petróleo.

Basalto: es una roca ígnea volcánica. Se compone mayormente de piroxeno y olivino, con un alto contenido de hierro y cantidades menores de feldespato y cuarzo.

Cantera: Yacimiento rocoso que requiere del uso de explosivos para la explotación de materiales de construcción.

Capacidad portante (o soportante): Aptitud de un suelo o roca, en desmonte; relleno o capa de firme para soportar las cargas del tránsito.

Cemento Asfáltico: Asfalto refinado, semi-sólido a la temperatura ambiente y de consistencia apropiada para fines de pavimentación.

Conglomerado: es una roca sedimentaria formada por cantos redondeados de otras rocas unidos por un cemento. Se distingue de las brechas en que éstas consisten en fragmentos angulares. Ambas se caracterizan porque sus fragmentos constitutivos son mayores que los de la arena (>2 mm).

Construcción de una carretera: es el proceso de crear una nueva vía a partir de los materiales necesarios para hacerla, tales como: mejoramiento, sub base, base, hormigón asfáltico. Siendo éstos obtenidos de fuentes cercanas a la obra.

Contratante.- Entidad del sector público o dependencia de ella que tenga presupuesto descentralizado con capacidad para contratar, que ha suscrito un contrato o convenio con una o varias personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, para que ejecuten una obra, preste un servicio, venda un bien, y que recibe por ello el pago acordado.

Contratista.- Persona natural o jurídica, pública o privada o sociedades civiles (asociaciones, consorcios) que ha suscrito un contrato o convenio, obligándose a ejecutar y entregar una obra, prestar un servicio o suministrar un bien, y que recibe por ello la compensación acordada.

Contrato: Documento escrito entre el Contratante y el Contratista, en el que, con sujeción a la ley, se establecen las obligaciones y derechos de las partes al ejecutar una obra, prestar un servicio o suministrar un bien, por un precio establecido.

Densidad: Se usa en el sentido de "Peso Unitario" de un determinado suelo o capa de firme. Puede determinarse para diferentes condiciones de contenido de agua y distintas energías de compactación.

Densidad máxima de Laboratorio: "Peso Unitario Máximo" que se logra compactando en el laboratorio una muestra de suelos, o agregados, de acuerdo con un método de ensayo establecido (Proctor, Estándar o Modificado) y que sirve como referencia para el control de la compactación en el campo del mismo material.

Densímetro Nuclear: Equipo empleado para obtener densidades de campo y porcentajes de compactación de los suelos o capas de pavimentos.

Densímetro Nuclear Marca Troxler 3440: Densímetro que puede realizar mediciones de densidad en materiales de construcción por medio de dos modos de operación. El modo de **retro-transmisión** o el **modo de transmisión directa**, dependiendo del tipo de material y del espesor de la capa correspondiente.

Especificaciones: Conjunto de Instrucciones, Normas y Disposiciones que rigen la ejecución y terminación de una Obra y/o la prestación de un Servicio; y las Condiciones y Requisitos que deben satisfacer: el personal, los materiales (simples o compuestos en Obra), los equipos y los procedimientos utilizados para esos fines y/o los Bienes que se desea adquirir.

Estructura del Pavimento: Combinación de capas de SUBBASE, BASE y de SUPERFICIE o RODADURA colocadas sobre una SUBRASANTE, para soportar las cargas del tránsito y distribuir los esfuerzos en la PLATAFORMA.

Fiscalizador o Ingeniero.- Todo ingeniero, que debidamente autorizado y dentro de los límites expresamente señalados, representa al Director en cada obra y tiene la responsabilidad de realizar la Supervisión y Control para la adecuada ejecución. La entidad contratante puede ejercer la función de fiscalización directamente o también contratar a una empresa que inspeccione la ejecución del proyecto.

Fiscalización: Vigilancia, Control y análisis de los hechos o sucesos relacionados con la ejecución, prestación y/o entrega de una Obra, Servicio o Bien, para formarse un juicio recto y tomar o proponer, según corresponda, las medidas pertinentes a través de disposiciones, Instrucciones, Ordenes o Informes oportunos y precisos.

Laboratorio: Laboratorio de ensayos adecuadamente equipado, que sea aprobado por el Fiscalizador para efectuar los ensayos requeridos para el control de la calidad de los materiales simples o compuestos, empleados en la obra o que integran el bien.

Lutita: es una roca detrítica, formada por la descomposición de una masa sólida en partículas. Está integrada por partículas del tamaño de la arcilla y del limo. Principalmente se compone de minerales arcillosos que se forman en el campo sedimentario y de restos de cuarzo, feldespato y mica. Son de colores muy variables: gris, verde, rojo, café, negra. Las variedades negras son particularmente ricas en sustancias orgánicas.

Mezcla asfáltica densa: Es una mezcla asfáltica en la cual, una vez compactada, los vacíos con aire son menores del 10%.

Mezcla asfáltica abierta: Es una mezcla asfáltica en la cual los espacios vacíos son del 10% o más, después de compactada.

Mezcla caliente en planta: Mezcla preparada en planta y en caliente, y que debe ser tendida y compactada cuando todavía está con la temperatura especificada.

Reconstrucción de una carretera: Se da en una carretera existente que debido a embates de la naturaleza o al mal diseño de la misma ha dejado de cumplir su función volviéndose intransitable, se procede a una restauración de la misma para que vuelva a su estado funcional, la cual consiste en la extracción de las capas, y dependiendo del estado en que se encuentran se pueden mejorar para ser reutilizadas o ser desechadas en cuyo caso se obtendrá material de alguna fuente cercana.

Rehabilitación de una carretera: Se lleva a cabo cuando una carretera existente se encuentra en mal estado debido a los impactos de la naturaleza o a estudios mal realizados, y a pesar de esto continua en funcionamiento aunque no al 100%, se procede a mejorarla o rehabilitarla, realizando trabajos como: ampliación de los carriles, colocación de nuevas capas de pavimento, sustitución de capas viejas debido al mal estado e instalación de nuevas alcantarillas, estabilización de taludes.

Turba: Es un material orgánico compacto, de color pardo oscuro y rico en carbono. Está formado por una masa esponjosa y ligera en la que aún se aprecian los componentes vegetales que la originaron. Se emplea como combustible y en la obtención de abonos orgánicos.

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

1.1 ANTECEDENTES

Ante el cambio social y económico que tiene en los actuales momentos la Parroquia Crucita, debido a que es uno de los destinos más visitados por los manabitas y uno de los sitios más apetecidos por los turistas nacionales e internacionales, por sus cálidas playas y áreas de sano esparcimiento, ha provocado que la actual vía de acceso se encuentre en un alto nivel de congestionamiento vehicular, pues ya no soporta la carga de vehículos que semanalmente visitan el balneario.

Por tal motivo la estructura del pavimento se ha visto seriamente afectada, además la temporada invernal ha ocasionado daños en algunos sitios por la falta de obras de drenaje; por tal razón una entidad del Gobierno Ecuatoriano decidió ejecutar la “REHABILITACIÓN DE LA VÍA CRUZ VERDE – CRUCITA”. De este modo se espera solucionar este problema que ha agobiado a este centro turístico de alta demanda a nivel nacional.

En cuanto a la sección transversal, la vía actual presenta una calzada con dos carriles de circulación (uno en cada sentido), sin espaldones, ni cunetas y un ancho promedio de 7 metros. La capa de rodadura es de concreto asfáltico y muestra bastantes fisuras, lo que lleva a concluir que la estructura del pavimento no ha sido lo suficientemente dimensionada como para contrarrestar las fuerzas del suelo expansivo, característico en la zona.

Con la ejecución del actual proyecto se ha dado prioridad a estos temas, a fin de evitar afectaciones a la vía especialmente en las épocas invernales y aún más graves con la presencia del Fenómeno del Niño.

1.2 DATOS GENERALES

El proyecto de Rehabilitación de la Vía Cruz Verde - Crucita se encuentra ubicado al Noroccidente de la ciudad y del Cantón Portoviejo, Provincia de Manabí, sobre la vía que se inicia en Portoviejo y que en el sitio Cruz Verde se bifurca, para continuar a la derecha hacia las poblaciones de Rocafuerte, Tosagua y Chone, como parte de la red vial estatal de la provincia; y continuando recto, se dirige hacia la intersección con la vía al puerto de Manta y finalmente, hacia el balneario y centro turístico de Crucita, pasando por los poblados: "El Cerecito, San Jacinto de Rocafuerte, El Higuerón y La Sequita".

La longitud del proyecto establecida es de 14 Km., teniendo su inicio en el distribuidor de tráfico tipo redondel y que forma parte del tramo en construcción "Puente Mejía – Cruz Verde".

El Punto final está ubicado en el centro de Crucita correspondiente a la abscisa del kilómetro 13+640.



Fig. 1.2.1 Ubicación del Proyecto a Nivel Nacional



Fig. 1.2.2 Ubicación del Proyecto a Nivel Provincial

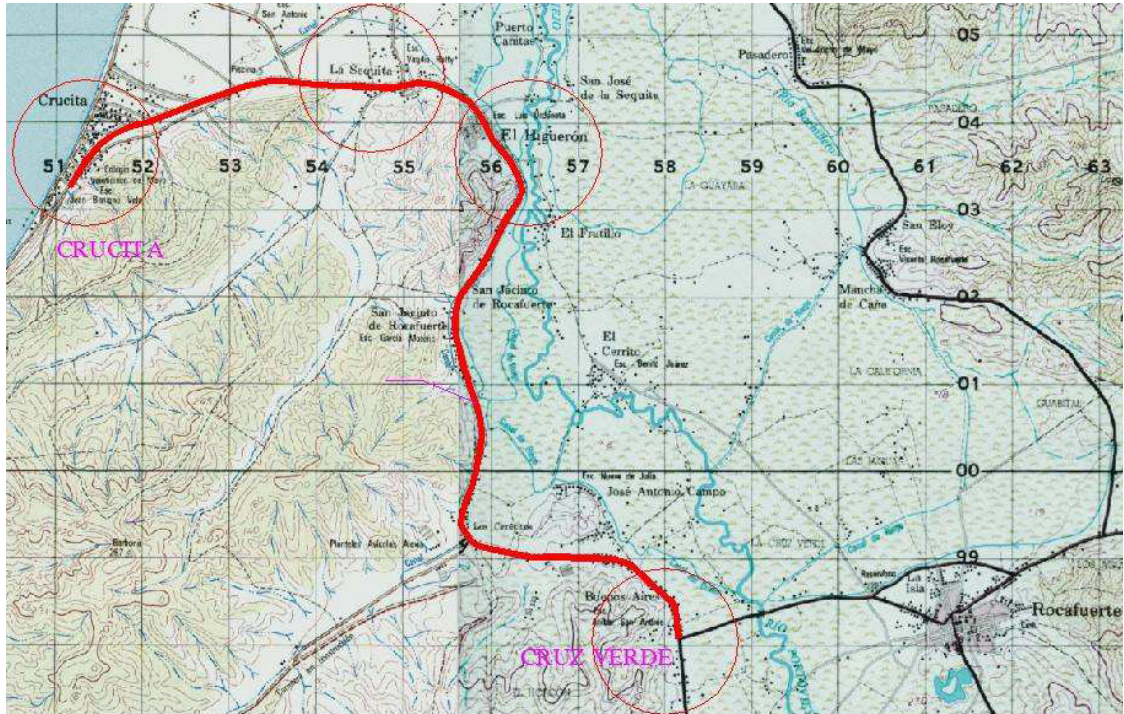


Fig. 1.2.3 Ubicación del Proyecto a Nivel Local

1.3 CONDICIONES DE LA ZONA

1.3.1. Aspectos Topográficos

La provincia de Manabí limita al norte con la provincia de Esmeraldas, al sur con la provincia del Guayas, al este con las provincias de: Guayas, Los ríos y Pichincha, y al oeste con el Océano Pacífico.

Por tratarse de una provincia costera, Manabí tiene escasas elevaciones que no sobrepasan los 500 metros sobre el nivel del mar. De la provincia del Guayas viene la cordillera del Chongón – Colonche y toma los nombre de Cerros de Paján y luego de Puca. Esta cordillera es la columna vertebral de la región.

En el cantón de Montecristi existen los cordones aislados de los cerros de este nombre y los cerros de Hojas. Hacia el norte se dirige la cordillera de Balzar, que se encuentra en los cerros de Los Liberales y de Canoa. De ahí sigue un ramal que se une con los cerros de Jama que continúan hacia el norte con los cerros de Coaque.

1.3.2. Aspectos Hidrológicos y climáticos

Las regiones del norte que comprende los cantones: Sucre, Chone y Bolívar, están bañadas por un sistema fluvial importante que fertiliza estas tierras. El río Quinde que pertenece a la vertiente del río Esmeraldas nace al noroeste del cantón Chone, continúa hacia el oriente y el norte además recibe las aguas de varios ríos; los más importantes son el Piojito y el Mongoya. El río más importante por su caudal es el **Río Chone** que nace en las faldas occidentales de la cordillera de Balzar y desemboca en Bahía de Caráquez. Sus principales afluentes son: por el margen derecho los ríos Mosquito, Garrapata, San Lorenzo y por el margen izquierdo: el Tosagua, con sus afluentes: Canuto y Calceta. La

cuenca que riegan estos ríos es una de las más importantes y fértiles de la provincia. Otros ríos importantes son: Jama, que nace en los cerros de su nombre y su principal tributario, el río Mariano.

El río Canoa nace en las montañas de ese nombre y recibe las aguas del Tabuchilla y el Muchacho. Entre Canoa y San Vicente desemboca el río Briceño que es de poco caudal.

En las montañas de Paján y Puca nace el río Portoviejo que desemboca en la bahía de Charapotó, en la desembocadura llamada La Boca.

El Clima oscila entre subtropical seco a tropical húmedo. La estación invernal que se inicia a principios de diciembre y concluye en Mayo, es calurosa debido a la influencia de la corriente cálida del Niño.

El verano que va de Junio a diciembre es menos caluroso y está influenciado por la corriente fría de Humboldt. La temperatura no es uniforme en toda la provincia, la temperatura media en Portoviejo, la capital es de 25°C.

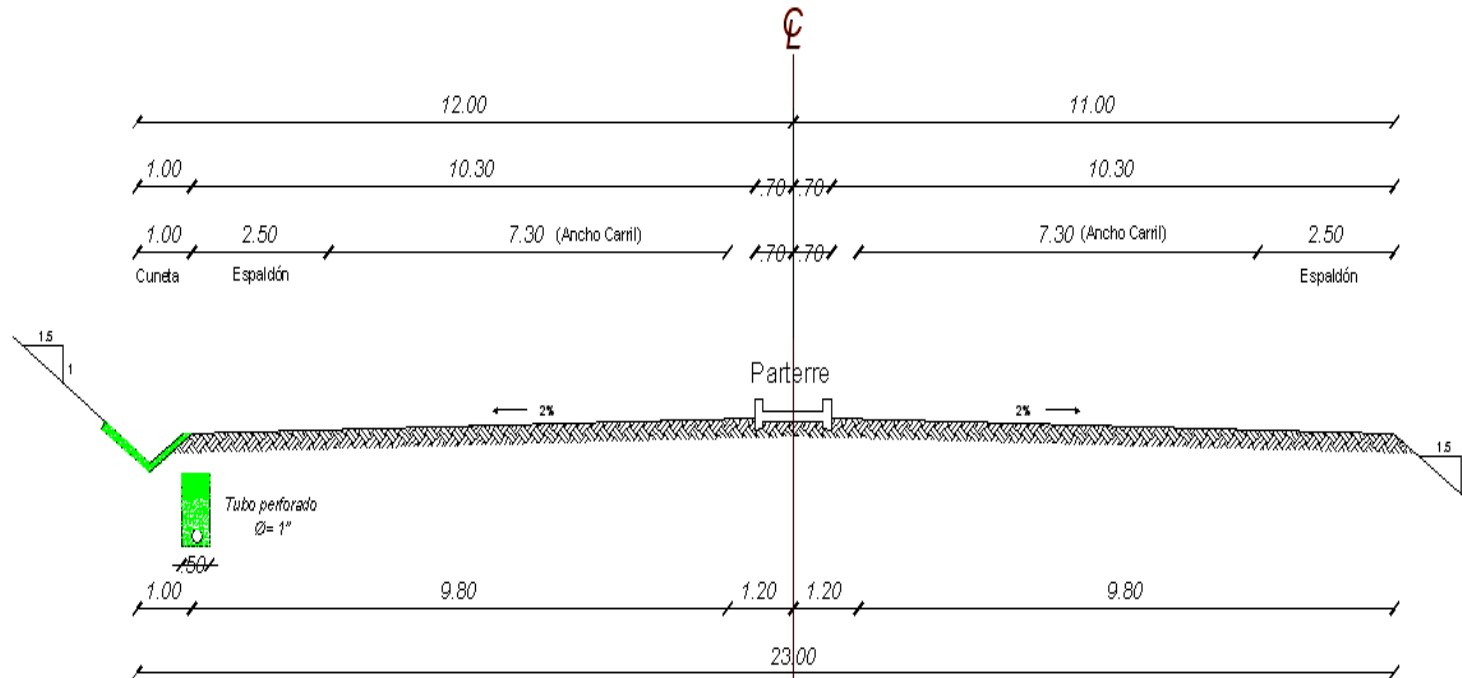
CAPÍTULO 2.

SECCIONES TÍPICAS, SUBRASANTE Y CAPAS QUE COMPONEN LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA VÍA CRUZ VERDE - CRUCITA.

2.1 SECCIONES TÍPICAS EN LOS DIFERENTES TRAMOS DE CARRETERA

En base al estudio del volumen de tráfico existente se determinó la cantidad de vehículos que circulan en dicha vía, la cual se expresó en términos de TPDA (Tráfico Promedio Diario Anual), también se consideró el uso del suelo aledaño a la vía en lo concerniente al crecimiento poblacional. Estos argumentos son utilizados para determinar la sección típica del pavimento (anchos y espesores de la vía). Para el presente proyecto se consideraron las secciones Típicas que se muestran a continuación:

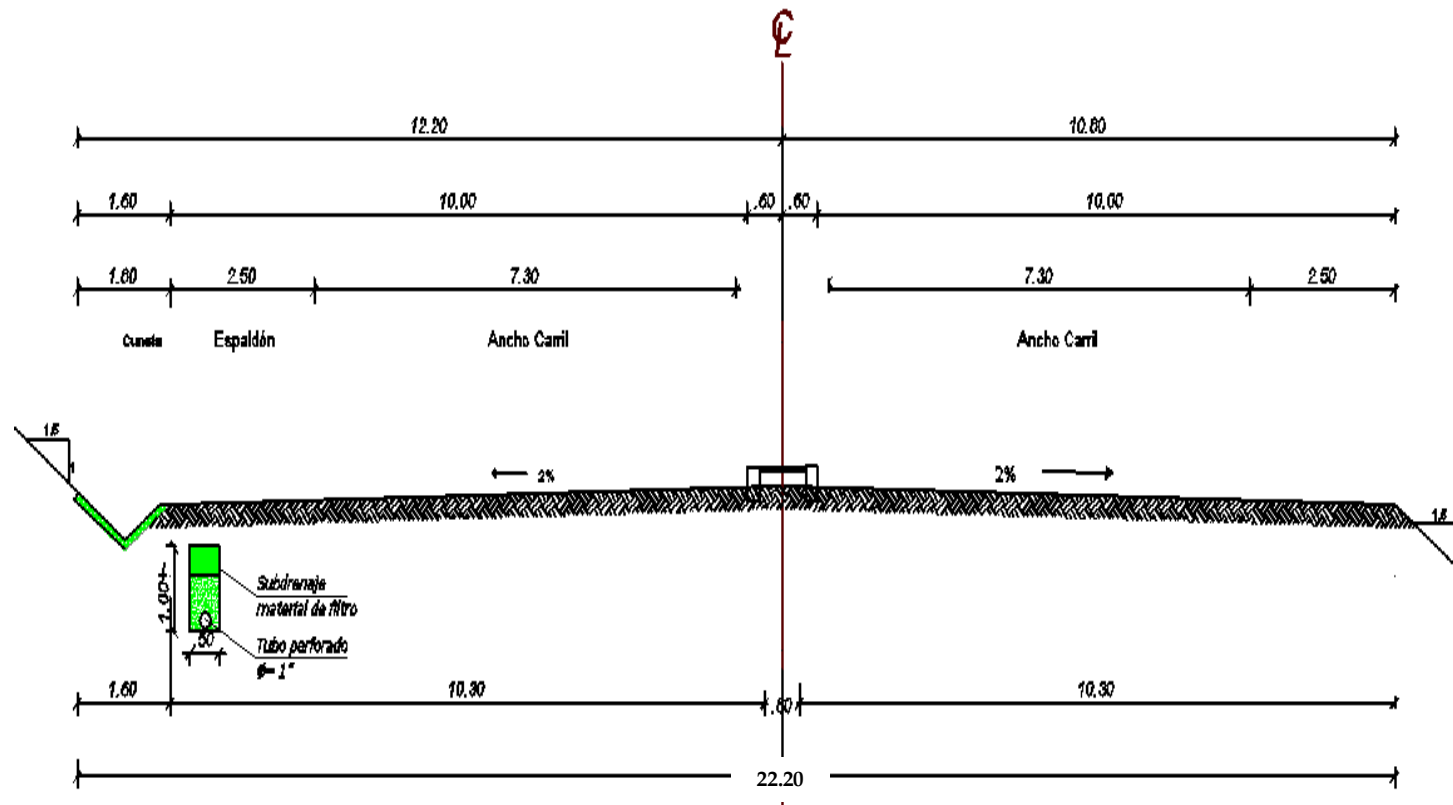
Sección Típica del Tramo (0 + 000 – 1+900) y (10 + 620 – 13 + 233)



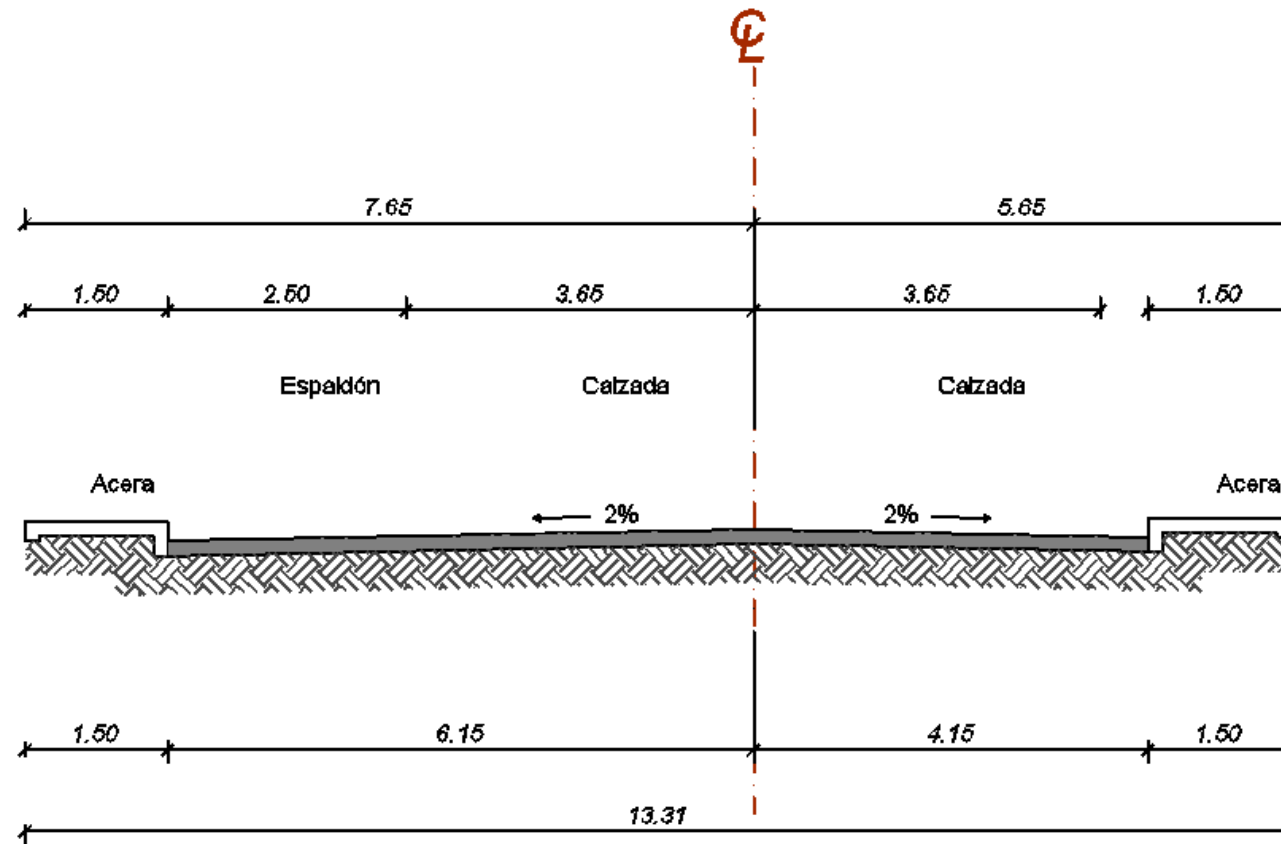
Sección Típica del Tramo (1 + 900 – 2 + 160)

Esta sección no está diseñada al momento de la realización de este trabajo.

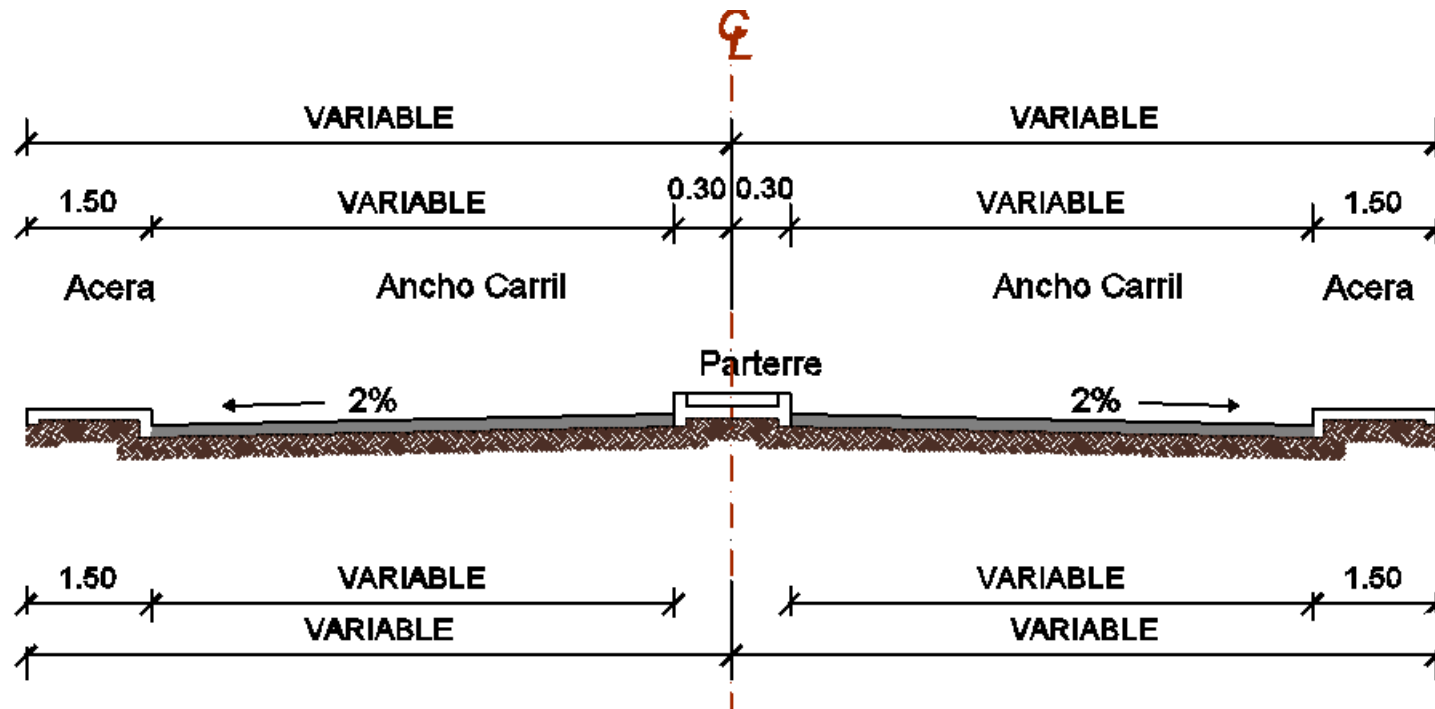
Sección Típica del Tramo [2 + 160 – 7 + 750] y [8+500 – 12+649,229]



Sección Típica del Tramo [7 + 850 – 8 + 500]



Sección Típica del Tramo [12 + 649,229 – 13 + 000]



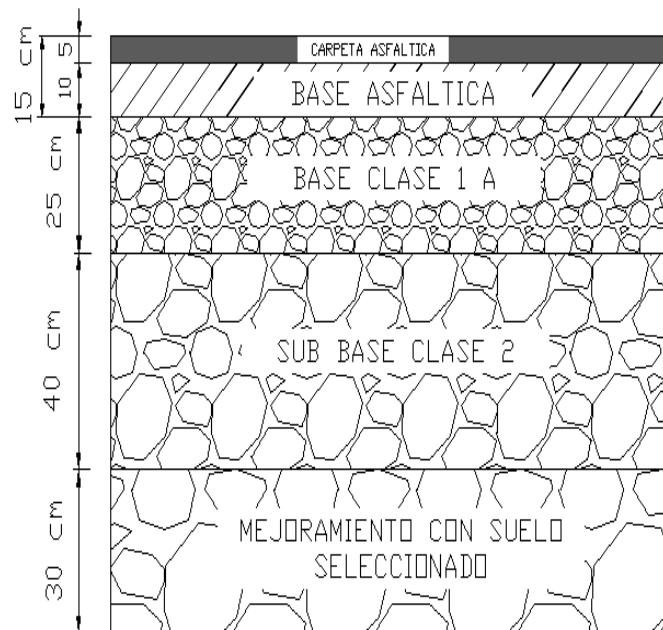
NOTA: Desde la abcisa 12+649.229 - 13+000.00: sección variable
(transición de 21.80m/calzada - 12m/calzada).

2.1.1 Espesores del Pavimento Flexible según el diseño.

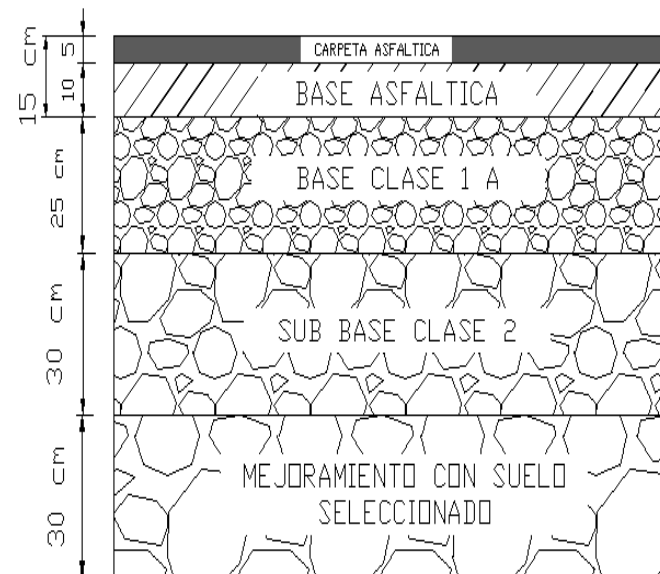
Respecto a la estructura del pavimento flexible, el diseño contempla colocar las siguientes capas de materiales y espesores los cuales se observan en la figura 2.1.1.1

SECCION TÍPICA DEL PAVIMENTO (FIG. 2.1.1.1)

ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DESDE 0+000 HASTA 2+000



ESTRUCTURA DE PAVIMENTO DESDE 2+000 HASTA 13+520



2.2. CAPA DE SUBRASANTE CON MATERIAL DE PRÉSTAMO IMPORTADO

Por definición la subrasante no forma parte de la estructura del pavimento flexible, sin embargo, esta es fundamental ya que sirve de soporte para el pavimento y además recibe las cargas del mismo.

La subrasante en la obra de Rehabilitación de la Vía Cruz Verde – Crucita en su mayor parte comienza a partir de la vía existente a excepción de tramos en donde se va a ampliar la vía. En estos tramos donde se debe completar el terraplén se ha empleado material de préstamo importado, el que será analizado y controlado en esta tesina.

Se entiende por material de préstamo importado a aquel material que se lo obtiene de depósitos o bancos preestablecidos fuera del derecho de vía. Su ubicación deberá especificarse en los planos de la obra.

El material de Préstamo Importado debe ser de calidad adecuada y no debe contener agregados superiores a los 15cm, desperdicios, raíces, material vegetal u otro material inconveniente. No puede ser suelo orgánico, turbas u otros suelos similares.

2.3. CAPAS QUE COMPONEN LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

La estructura del pavimento flexible en esta obra está compuesta por las capas que mencionamos a continuación:

- Capa de Mejoramiento con Suelo Seleccionado
- Capa de Sub Base Clase 2
- Capa de Base Granular Clase 1A
- Capa de Base de Hormigón Asfáltico
- Carpeta de Rodadura de hormigón asfáltico.

2.3.1 Capa de Mejoramiento con Suelo Seleccionado

Esta capa de mejoramiento con suelo seleccionado será considerada parte del pavimento flexible. Según el diseño se opta por colocar una capa de mejoramiento con suelo seleccionado sobre la capa de subrasante para poder economizar en los costos de materiales.

El suelo seleccionado se obtendrá de la excavación para la plataforma del camino, de excavación de préstamo, o de cualquier otra excavación debidamente autorizada y aprobada por el Fiscalizador.

Deberá ser suelo granular, material rocoso o combinaciones de ambos, libre de material orgánico y escombros, y salvo que se especifique de otra manera,

tendrá una granulometría tal que todas las partículas pasarán por un tamiz de cuatro pulgadas (100 mm.) con abertura cuadrada y no más de 20 por ciento pasará el tamiz N° 200 (0,075 mm).

2.3.2. Capa de Sub Base Clase 2.

Las capas de sub-base estarán compuestas por agregados obtenidos por proceso de trituración y de cribado, y deberá cumplir los requerimientos especificados en la Sección 5.1. La capa de sub-base se colocará sobre la subrasante previamente preparada y aprobada.

Esta capa tiene como funciones: Servir de capa de drenaje del pavimento, controla o elimina en lo posible cambios de volumen, elasticidad y plasticidad perjudiciales que pudiera tener el material de la sub rasante y controla la ascensión capilar del agua proveniente de los niveles freáticos cercanos, protegiendo así al pavimento contra los hinchamientos.

El agregado para la sub-base clase 2 se obtiene mediante trituración o cribado en yacimientos de piedras fragmentadas naturalmente o de gravas, de acuerdo con los requerimientos establecidos en la Sección 5.1, y graduados uniformemente dentro de los límites indicados para la granulometría Clase 2, en la Tabla 5.1.1.1.

2.3.3 Capa de Base Granular clase 1A

Las capas de base granular estarán compuestas por agregados triturados (total o parcialmente), cribados y estabilizados con agregado fino procedente de la trituración, o suelos finos seleccionados, o ambos.

Esta capa debe tener la resistencia estructural para soportar los esfuerzos transmitidos por los vehículos, debe tener un espesor suficiente para que pueda resistir los esfuerzos transmitidos a la Sub-base y aunque exista humedad la base no debe presentar cambios volumétricos perjudiciales.

El agregado para una Base se obtendrá por trituración de grava o roca, para producir fragmentos limpios, resistentes y durables, que no presenten partículas alargadas o planas en exceso. Estarán exentos de material vegetal, grumos de arcilla u otro material objetable. Cuando se requiera, para lograr las exigencias de graduación o eliminar un exceso de material fino, la piedra o grava deberá ser cribada antes de triturarla.

Los agregados empleados en la construcción de capas de Base Clase 1 deberán graduarse uniformemente de grueso a fino y cumplirán las exigencias de granulometría que se indican en la sección 6.1.1 , tabla 6.1.1.1 de esta tesina, los cuales serán comprobados mediante ensayos granulométricos.

2.3.4 Capa de Base de Hormigón Asfáltico.

Las capas de Base de hormigón asfáltico están constituidas por agregados de granulometría especificada y material asfáltico, mezclados en caliente en una planta central, y colocado sobre una base granular o sub-base debidamente preparada según sea el caso.

El tipo y grado del material asfáltico que deberá emplearse en la mezcla estará determinado en el contrato de la obra y será mayormente cemento asfáltico con un grado de penetración establecido en el diseño, ver sección 7.2 de la tesina.

Los agregados que se emplearán en una base de hormigón asfáltico en planta podrán estar constituidos por roca o grava triturada total o parcialmente, materiales fragmentados naturalmente, arenas y relleno mineral. Estos agregados deberán cumplir con los requisitos establecidos en la sección 7.1.2, tabla 7.1.2.1, para agregados tipo A, B o C. Los agregados estarán compuestos en todos los casos por fragmentos limpios, sólidos y resistentes, de uniformidad razonable, exentos de polvo, arcilla u otras materias extrañas.

2.3.5 Capa de Rodadura de Hormigón Asfáltico.

Las capas de rodadura de hormigón asfáltico están constituidas por agregados de granulometría especificada y material asfáltico, mezclados en caliente en una

planta central, y colocado sobre una base granular o asfáltica debidamente preparada.

Esta capa debe proporcionar una superficie de rodamiento que permita un tránsito fácil y cómodo para los vehículos. Además es la que recibe directamente las cargas debido al tránsito, por lo que debe resistir esta acción. También debe ser lo suficientemente impermeable para no permitir que el agua ingrese a las capas inferiores del pavimento, drenándola.

El tipo y grado del material asfáltico que deberá emplearse en la mezcla estará determinado en el contrato de la obra y será mayormente cemento asfáltico con un grado de penetración establecido en el diseño, ver sección 8.2 de la tesina.

Los agregados que se emplearán en carpeta de hormigón asfáltico en planta podrán estar constituidos por roca o grava triturada total o parcialmente, materiales fragmentados naturalmente, arenas y relleno mineral. Estos agregados deberán cumplir con los requisitos establecidos en la sección 8.1.2, tabla 8.1.2.2. Los agregados estarán compuestos en todos los casos por fragmentos limpios, sólidos y resistentes, de uniformidad razonable, exentos de polvo, arcilla u otras materias extrañas.

CAPÍTULO 3.

CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE PRÉSTAMO IMPORTADO PARA LA SUBRASANTE

El control de calidad que se le realiza al material de préstamo importado para la subrasante se divide en tres etapas:

- En la Fuente del material
- Transportado a Obra y
- Después de la compactación

En este caso vamos a analizar el control de calidad en la fuente del material aunque el tema de la tesis se enfoca en la inspección en obra, debido a que este proviene de la explotación del macizo rocoso de una cantera y no de una planta dosificadora.

3.1 NORMAS Y PARAMETROS

El material de préstamo importado será usado para formar el terraplén de la subrasante por lo que deberá cumplir con las “Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes” del Ministerio de Transporte y Obras Publicas Tomo I, sección 304, 304-1.01.2 y 305; y Tomo II, sección 817, 817-2.

En estas especificaciones, para un material de préstamo importado no se detallan en su totalidad los parámetros, por lo que para establecer los que no se conocen, se debe tomar muestras a diferentes materiales empleados en terraplenes y estos deben ser ensayados y analizados por expertos en mecánica de suelos, geotecnia y geología, ayudándose con la clasificación de suelos según AASHTO (ver anexo 1), para de esta manera establecer un buen parámetro a seguir para controlar la calidad de la subrasante.

3.1.1. Granulometría

La granulometría consiste en separar y clasificar por tamaños los granos de las partículas, por medio de tamices con el fin de clasificar los suelos gruesos y verificar que cumplan con las especificaciones para hormigones, carreteras, aeropuertos, etc.

El material a utilizarse debe ser de calidad adecuada para la construcción de rellenos y terraplenes hasta el nivel de subrasante para así mejorarla, y no deben contener desperdicios, raíces, material vegetal, putrescible o perecedero u otro material inconveniente. No se emplearán suelos orgánicos, turbas y otros suelos similares.

El máximo tamaño de agregados que debe tener un terraplén según lo analizado por los expertos en mecánica de suelos debe ser de 0.15m, agregados mayores a este no son recomendables para utilizarse. Y el pasante del tamiz nº 200 debe ser menor o igual a 35%.

3.1.2. Límites de Atterberg, CBR, Proctor

Los ensayos para obtener los límites de Atterberg, CBR, proctor se lo realiza con el agregado que pasa el tamiz N° 40 (0.425 mm.).

Los **Límites de Atterberg** son las fronteras que se utilizan para definir los 4 estados por los que pasan los suelos finos: Líquido, plástico, semi solido y solido; y se los identifica por el contenido de agua en la mezcla al momento del cambio de estado. El parámetro para el límite líquido fue obtenido al realizar ensayos al agregado que pasa el tamiz N° 40 por parte de expertos en Mecánica de Suelos y nos indican que debe ser menor o igual de 45%.

La plasticidad es la propiedad de los materiales por la cual es capaz de soportar deformaciones rápidas sin romperse, agrietarse, producir rebote elástico, ni variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse. Este parámetro fue dado por los expertos en Mecánica de suelos y debe ser menor o igual de 15%.

El ensayo **CBR** (Ensayo de Relación de Soporte de California) mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo obtener un porcentaje de la relación de soporte. Además nos permite evaluar la calidad del terreno. Este parámetro analizado por los expertos de Mecánica de suelos debe ser mayor de 8%.

El **ensayo Proctor** nos da la relación entre el contenido de humedad y el peso unitario seco de un suelo compactado, su objetivo es determinar la densidad seca máximo y la humedad óptima. Para Terraplenes la densidad seca máxima no debe ser menor a 1400 Kg/m³.

3.1.3. Expansividad

La **expansión** es la deformación de un suelo que se produce por el aumento del índice de los vacíos, debida a la recuperación al retirar los esfuerzos aplicados (o a la acción de agua en los suelos expansivos). Las expansividades no deben

ser mayores al 4%. En las últimas capas de los rellenos o terraplenes la expansividad debe ser menor al 2%.

3.1.4. Compactación

Cuando el terraplén deba colocarse en un camino existente, la capa superficial de este camino, hasta una profundidad de 15 cm., deberá ser escarificada y compactada, según indicaciones del Fiscalizador.

Cuando el material que se emplea para la construcción de capas contenga más de un 25% de piedras de tamaño superior a 15 cm. de diámetro mayor, será colocado en capas de suficiente espesor para contener el material de tamaño mayor; pero, en ningún caso, se colocarán capas de espesor mayor a 60 cm. en material suelto para ser compactadas. Se seguirá colocando capas hasta una altura no mayor a 60 cm. bajo el nivel de la subrasante del camino, y el completamiento del resto del terraplén se hará con material relativamente fino y en capas de hasta 20 cm. de espesor. No se permitirá la colocación de piedras mayores a 10 cm. de diámetro dentro de un espesor de 20 cm. bajo el nivel de la subrasante. La subrasante compactada no deberá variar en ningún lugar de la cota y secciones transversales establecidas, en más de 2 cm.

Para controlar la calidad del material utilizado en rellenos y terraplenes hasta el nivel de subrasante se realiza ensayos de densidad de campo, con una frecuencia de uno por cada 300 m³ de material colocado y compactado.

Adicionalmente, se efectuará un ensayo de compactación tipo proctor, por cada 1000 m³ de material colocado y compactado.

Para el control de la compactación de suelos de cimentación a nivel de subrasante se determinará la densidad máxima de laboratorio de acuerdo al método de ensayo, AASHTO T-180 (Proctor Modificado), método D, con la modificación permitida en cuanto al reemplazo de material retenido en el tamiz de ¾" (19 mm.), por material retenido en el numero 4 (4.75 mm).

El grado de compactación del material a nivel de subrasante formada por suelo seleccionado será del 95% de la densidad seca máxima.

3.2 CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE PRÉSTAMO IMPORTADO EN LA FUENTE DEL MATERIAL.

El material de préstamo importado, según lo señala como fuente del material, se lo obtendrá de la cantera ubicada en la abscisa 11+000 del proyecto, teniendo una distancia de acarreo promedio de 7 Km.

Para poder calificar el material obtenido de la cantera, se debe conocer las normas y parámetros que debe cumplir este material. Por tal motivo se muestra un resumen en la tabla 3.2.1.

TABLA 3.2.1 – RESUMEN DE NORMAS Y PARÁMETROS

TAMAÑO MAX AGREGADO	PASANTE Nº 200	INDICE PLASTICO	LIMITE LIQUIDO	DENSIDAD MÁXIMA	CBR	EXPANSIVIDAD
0.15m	<=35%	<=15%	<=45%	>1.400 Kg/m ³	> 8%	<= 4%
NOTA: Las especificaciones técnicas no aclaran cuales son los parámetros para el pasante tamiz N°200, límite líquido, Índice plástico, tamaño máximo de agregado, CBR, ya que la función principal de la capa de subrasante es de soporte de la estructura del pavimento. Para conseguir estos parámetros se han tomado diferentes muestras, las que han sido ensayadas y analizadas por expertos en Mecánica de Suelos, geotecnia y geología.						

Conociendo las normas y parámetros que debe cumplir el material de préstamo importado, se procedió a tomar 2 muestras de la cantera obteniendo los resultados que se muestran en la tabla 3.2.2.

TABLA 3.2.2- MUESTRAS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE PRESTAMO IMPORTADO EN LA FUENTE

ENSAYOS	PARÁMETROS	MUESTRA 1	MUESTRA 2	OBSERVACIONES	
				MUESTRA 1	MUESTRA 2
Pasante N° 200	$\leq 35\%$	48.03	70.03	No adecuado	No adecuado
Índice Plástico	$\leq 15\%$	35.49	32.62	No adecuado	No adecuado
Límite Líquido	$\leq 45\%$	64.58	61.67	No adecuado	No adecuado
Densidad Máxima	$> 1.400 \text{ Kg/m}^3$	1393	1373	No adecuado	No adecuado
CBR	$> 8\%$	3.1	3.1	No adecuado	No adecuado
Expansividad	$\leq 4\%$	4.9	4.9	No adecuado	No adecuado

Al analizar la tabla 3.2.2, observamos que este material contiene gran cantidad de finos y según los valores de límite líquido e índice plástico este material va a tender a admitir mucha agua, lo que conlleva a que sufra deformaciones plásticas grandes. Además este material según su CBR es muy pobre y bajo condiciones de humedad no va a resistir los esfuerzos transmitidos por las capas superiores y tendrá cambios de volumen según la expansividad.

De este análisis se puede clasificar a este material como muy pobre para ser usado en la subrasante.

Dependiendo de la circunstancia, si a los alrededores de la cantera 11+000 no hay fuentes del material, se debe mejorar este. Pero de haber fuentes cercanas es preferible evaluar estas nuevas fuentes.

Para mejorar el material se debe hacer estudios a la muestra por parte de expertos en mecánica de suelos, geología y geotecnia para indicarnos en que está fallando este material, y así controlar según el caso, la cantidad de agregado grueso y finos, si se debe colocar finos de mejor calidad, para que de esta manera cumpla con los parámetros establecidos. Este proceso de mejoramiento encarecería el costo del material y no nos asegura que sea el mejor material para ser usado como subrasante.

En este caso práctico hubieron canteras cercanas a la obra por lo que se evaluaron otras fuentes. Para lo cual se tomaron muestras de las siguientes canteras: Uruzca, Holcim, Carrillo (ubicadas estas dos últimas en la parroquia Picoaza) y “las Cañitas” ubicada en la parroquia Charapotó, obteniéndose los siguientes resultados que se muestran en la tabla 3.2.3

TABLA 3.2.3 – EVALUACION DE OTRAS FUENTES PARA ESCOGER EL NUEVO MATERIAL DE PRESTAMO IMPORTADO

PARAMETROS	ESPECIFICACIONES	CANTERAS				OBSERVACIONES			
		URUZCA	HOLCIM	CARRILLO	LAS CAÑITAS	URUZCA	HOLCIM	CARRILLO	LAS CAÑITAS
Pasante N° 200	<= 35%	10.72	11.94	9.91	19.70	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
Índice Plástico	<= 15%	10.48	12.87	15.34	9.21	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
Limite Liquido	<= 45%	36.43	38.81	43.00	35.50	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
Densidad Máxima	> 1.400 Kg/m3	1843	1710	1616	1553	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
CBR	> 8%	26.00	21.00	21.32	11.50	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
Expansividad	<= 4%	4.00	3.80	3.71	3.20	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado

Con los resultados de la tabla 3.2.3, podemos deducir que estos materiales son considerados buenos para ser usados como subrasante. La distancia de acarreo que corresponde para cada una de las canteras se detalla en la tabla 3.2.4.

TABLA 3.2.4 – DISTANCIA DE ACARREO EN KM DE NUEVAS FUENTES

CANTERAS	DISTANCIA DE ACARREO EN KM
URUZCA	34,10
HOLCIM	26,70
CARRILLO	28,00
LAS CAÑITAS	10,60

Como se puede notar en la tabla 3.2.4, en cualquiera de los casos existiría una diferencia entre la distancia de acarreo estimada para elaborar la tabla de cantidades y precios unitarios del contrato, 7 kilómetros, con las distancias de

acarreo de las mismas que cumplirían como fuente de materiales, esta diferencia incrementaría el monto del contrato como se muestra en la tabla 3.2.5.

TABLA 3.2.5 – DIFERENCIA DE MONTOS CON RESPECTO A LA DISTANCIA DE ACARREO ASUMIDA EN EL CONTRATO.

Canteras Consideradas	Volumen préstamo importado	Distancia de acarreo en Km	Transporte (m3-Km)	Precio Unitario	Precio Total del material Préstamo importado	Diferencia respecto al contrato
Asumida en el contrato	102,729.33	7.00	719,105.31	0.26	\$186,967.38	\$0.00
Uruzca	102,729.33	34.10	3'503,070.15	0.26	\$910,798.24	\$723,830.86
Holcim	102,729.33	26.70	2'742,873.11	0.26	\$713,147.01	\$526,179.63
Carrillo	102,729.33	28.00	2'876,421.24	0.26	\$747,869.52	\$560,902.14
Las Cañitas	102,729.33	10.60	1'088,930.90	0.26	\$283,122.03	\$96,154.65

Como conclusión de éstos análisis, la fiscalización considera, que la cantera LAS CAÑITAS ubicada en la parroquia Charapotó (Ver Anexo 2), es la más recomendable para calificar como fuente de materiales para la explotación del material de préstamo importado, pues cumple como material en cuanto a sus características técnicas y además representaría, en cuanto a costo, el menor valor al incremento por estar a una distancia más corta con relación a las demás canteras.

3.3 CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE PRÉSTAMO

IMPORTADO TRANSPORTADO A OBRA

El material de Préstamo Importado proviene de la cantera “LAS CAÑITAS” ubicado en la parroquia Charapotó. Este pertenece a la formación Charapotó, la cual está formada por lutitas, areniscas y conglomerado. Su apariencia es de color amarillo oscuro con fracciones rojas debido al contenido de hierro que presenta el material.

Antes de calificar el material transportado a obra, se debe conocer las Normas y los parámetros que debe cumplir este material. Por tal motivo se muestra un resumen en la tabla 3.3.1.

TABLA 3.3.1 – RESUMEN DE NORMAS Y PARÁMETROS

TAMAÑO MAX AGREGADO	PASANTE Nº 200	INDICE PLASTICO	LIMITE LIQUIDO	DENSIDAD MÁXIMA	CBR	EXPANSIVIDAD
0.15m	<=35%	<=15%	<=45%	>1.400 Kg/m ³	> 8%	<= 4%
NOTA: Las especificaciones técnicas no aclaran cuales son los parámetros para el pasante tamiz Nº 200, límite líquido, Índice plástico, tamaño máximo de agregado, CBR, ya que la función principal de la capa de subrasante es de soporte de la estructura del pavimento. Para conseguir estos parámetros se han tomado diferentes muestras, las que han sido ensayadas y analizadas por expertos en Mecánica de Suelos, geotecnia y geología.						

Una vez conocida las Normas y parámetros que debe cumplir dicho material somos capaces de poder realizar el control de calidad. Este control se lo realiza a criterio del fiscalizador cada cierta cantidad de volumen de material colocado o cuando sea necesario.

Se ha tomado muestras en las abscisas 0+780 y 10+040 y se enviaron al laboratorio de suelos para realizarle los ensayos y obtener los parámetros ya antes nombrados en la tabla 3.3.1, los cuales nos permitirán comprobar si el material que ha sido transportado a obra mantiene las características necesarias para ser utilizado hasta el nivel de subrasante. Es importante indicar que inmediatamente tomadas las muestras se continúa con el proceso de colocación, debido a que no se puede paralizar la obra esperando obtener los resultados para después colocar el material.

Los resultados obtenidos de las muestras tomadas en las abscisas 0+780 y 10+040 se describen a continuación en la tabla 3.3.2.

TABLA 3.3.2 – MUESTRA PARA CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE PRESTAMO IMPORTADO EN LAS ABSCISAS 0+780 Y 10+040

PARAMETROS	ESPECIFICACIONES	Muestra abscisa 0+780	Muestra abscisa 10+040	OBSERVACIONES	
				Muestra abscisa 0+780	Muestra abscisa 10+040
Pasante N 200	$\leq 35\%$	7.82	13.11	Adecuado	Adecuado
Índice Plástico	$\leq 15\%$	15.73	10.21	Adecuado	Adecuado
Límite Líquido	$\leq 45\%$	46.81	35.42	No Adecuado	Adecuado
Densidad Máxima	$> 1.400 \text{ Kg/m}^3$	1534	1677	Adecuado	Adecuado
CBR	$> 8\%$	11.50	13.00	Adecuado	Adecuado
Expansividad	$\leq 4\%$	3.50	3.00	Adecuado	Adecuado

Como conclusión de los resultados de la tabla 3.3.2, podemos indicar que la muestra de la abscisa 10+040 mantiene una adecuada plasticidad y no va a adquirir gran cantidad de agua, además tendrá un soporte adecuado del suelo sin deformaciones plásticas, por lo que se considerado a este material apto para ser usado como sub-rasante.

Para la muestra de la abscisa 0+780, el valor de índice plástico se encuentra al límite de su parámetro, y el Límite líquido está en poco porcentaje por encima de lo establecido. Esto nos indica que el material tiende a absorber agua, pero al recibir agua según los datos de expansividad, este material no va a deformarse ni a aumentar su volumen, además según el CBR este material tiene una calidad adecuada para subrasante y bajo condiciones de humedad va a resistir

los esfuerzos transmitidos por las capas superiores. Lo que nos indica que al absorber agua el material no va a sufrir grandes alteraciones motivo por el cual aprobamos su utilización como material para la subrasante.

Como control para las abscisas siguientes se deberá realizar ensayos más consecutivos para verificar si el material transportado a obra sigue siendo apto o no. Ya que este puede sufrir algunas alteraciones en cuanto a sus propiedades debido a que se obtiene de la explotación de una cantera y los estratos muestran heterogeneidades.

Si el material no hubiera cumplido en su mayoría con las características de subrasante se procedía a rechazarlo, es decir se lo retira por completo del sitio. Cuando el material falla en menor porcentaje podemos solucionar este inconveniente mejorándolo, a criterio del ingeniero fiscalizador.

3.4 CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE PRÉSTAMO IMPORTADO DESPUES DE LA COMPACTACION

Una vez tomada la muestra al material transportado a obra se procede a colocarlo en capas. Cuando el material transportado a obra contenga más de un 25% de piedras de tamaño superior a 15 cm de diámetro mayor, será colocado en capas de suficiente espesor para contener el material de tamaño mayor; pero, en ningún caso, se colocarán capas de espesor mayor a 60 cm. en

material suelto para ser compactadas. Se seguirá colocando capas hasta una altura no mayor a 60 cm. bajo el nivel de la subrasante del camino, y el completamiento del resto del terraplén se hará con material relativamente fino y en capas de hasta 20 cm. de espesor. No se permitirá la colocación de piedras mayores a 10 cm de diámetro dentro de un espesor de 20 cm bajo el nivel de la subrasante.

Ya colocado el material de préstamo importado, y además previamente aprobado por el debido control de calidad hecho al material se procede a compactarlo. La subrasante compactada no deberá variar en ningún lugar de la cota y secciones transversales establecidas, en más de 2 cm.

Después de compactar el material y comprobar que sus espesores no varíen en mas de 2cm se debe controlar el grado de compactación en que se encuentran las capas del material de préstamo importado, para esto se procede a hacer ensayos de densidad de campo buscando obtener un 95% de compactación en el material.

Para realizar el control de calidad del material cuando está compactado, se ha tomado pruebas en diferentes abscisas de la 1era Capa y la Capa Final, empleando un Densímetro nuclear Marca -TROXLER 3440. Los resultados obtenidos en la 1era Capa y la Capa Final se muestran respectivamente en las tablas 3.4.1. y 3.4.2.

**TABLA 3.4.1 – REPORTE DE DENSIDAD DE CAMPO DE LA 1ERA CAPA
PARA EL CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE PRESTAMO
IMPORTADO.**

ABSCISAS	DENSIDAD SECA DE CAMPO	HUMEDAD DE CAMPO	DENSIDAD SECA MAXIMA (PROCTOR)	GRADO DE COMPACTACION	
NO DE PRUEBA				PRUEBA	MTOP (95%)
1ERA CAPA LADO IZQUIEDO					
5+480	1547	19.30	1515	102.11	Adecuado
5+520	1559	19.90	1515	102.89	Adecuado
5+560	1505	19.00	1515	99.34	Adecuado
5+600	1592	19.80	1515	105.07	Adecuado
5+640	1591	16.20	1515	105.03	Adecuado
5+680	1527	18.40	1515	100.79	Adecuado
5+720	1537	19.40	1515	101.44	Adecuado
5+760	1518	16.70	1515	100.17	Adecuado

**TABLA 3.4.2 - REPORTE DE DENSIDAD DE CAMPO DE LA CAPA FINAL
PARA EL CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE PRESTAMO
IMPORTADO.**

ABSCISAS	DENSIDAD SECA DE CAMPO	HUMEDAD DE CAMPO	DENSIDAD SECA MAXIMA (PROCTOR)	GRADO DE COMPACTACION	
NO DE PRUEBA				PRUEBA	MTOP (95%)
CAPA FINAL					
4+800	1.637	16.00	1561	104.87	Adecuado
4+840	1.602	15.20	1561	102.60	Adecuado
4+880	1.521	18.70	1561	97.47	Adecuado

Como se observan en las tablas 3.4.1 y 3.4.2 podemos indicar que el grado de compactación varía a lo especificado en las normas, esto se debe a los siguientes motivos:

1. Cada 1000 m³ se toma muestras para obtener la densidad seca máxima, la que se asume constante hasta la siguiente toma de muestra. Alterando el grado de compactación debido a que no siempre este valor va a ser el indicado a lo largo del tramo, puesto que el material transportado a obra proviene de una cantera que presenta heterogeneidad en sus estratos.
2. El valor de densidad seca máxima obtenido en el proctor representa el 100% de su grado de compactación por lo que al momento de realizar el ensayo de densidad de campo los valores van a tender al 100%.

Analizados los motivos por los cuales los valores de las tablas 3.4.1 y 3.4.2, se encuentran superiores al 95% de su grado de compactación estipulado en las normas, podemos indicar que este material se encuentra adecuadamente compactado.

Cabe resaltar que según análisis hechos, hasta un 105% el material compactado mantiene sus propiedades granulométricas. A partir de valores superiores, se debe tomar muestras para verificar las propiedades

granulométricas y su densidad seca máxima. Dependiendo de estos sabremos si el material esta adecuadamente compactado o no.

En caso de que hubiera estado el material con un grado de compactación menor al indicado se deberá compactar el material según como lo indique el Ing. Fiscalizador hasta obtener el grado de compactación adecuado. Por otro lado si el material hubiera estado sobre-compactado se tendría que retirar todo el material debido a que por su exagerada compactación alteraría sus propiedades granulométricas.

CAPÍTULO 4.

CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE MEJORAMIENTO CON SUELO SELECCIONADO

El control de calidad en obra que se le realiza al material de mejoramiento con suelo seleccionado se divide en dos etapas:

- Transportado a Obra y
- Después de la compactación

En este caso no vamos a analizar el control de calidad en la fuente del material debido a que este proviene de una planta dosificadora y no abarcaría nuestro tema de tesis el cual se enfoca al control de calidad en obra.

4.1 NORMAS Y PARAMETROS

El material utilizado para mejoramiento de la subrasante deberá cumplir con las Especificaciones Generales para la construcción de Caminos y Puentes del Ministerio de Transporte y Obras Públicas Tomo I Sección 402. 402-2 y Tomo II Sección 817. 817-5

4.1.1 Granulometría

La granulometría consiste en separar y clasificar por tamaños los granos de las partículas, por medio de tamices con el fin de clasificar los suelos gruesos y verificar que cumplan con las especificaciones para hormigones, carreteras, aeropuertos, etc.

Debe ser suelo granular, material rocoso o combinaciones de ambos, libre de material orgánico y escombros, y salvo que se especifique de otra manera, tendrá una granulometría tal que todas las partículas pasaran por un tamiz de cuatro pulgadas (100mm) con abertura cuadrada y no más de 20 por ciento pasara el tamiz N 200 (0,075mm), de acuerdo al ensayo AASHO-T.11.

4.1.2 Límites de Atterberg, CBR, Proctor

Los ensayos para obtener los límites de Atterberg, CBR, proctor se lo realiza con el agregado que pasa el tamiz N° 40 (0.425 mm.).

Los **Límites de Atterberg** son las fronteras que se utilizan para definir los 4 estados por los que pasan los suelos finos: Líquido, plástico, semi sólido y sólido; y se los identifica por el contenido de agua en la mezcla al momento del cambio de estado. El límite líquido para este material de mejoramiento debe ser menor que 35%.

La plasticidad es la propiedad de los materiales por la cual es capaz de soportar deformaciones rápidas sin romperse, agrietarse, producir rebote elástico, ni variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse. Para el material de mejoramiento la plasticidad no debe ser mayor que el 9%.

El ensayo **CBR** (Ensayo de Relación de Soporte de California) mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, además nos permite evaluar la calidad del terreno. El valor de CBR para un material de mejoramiento con suelo seleccionado debe ser mayor al 20% tal como se determina en el ensayo AASHO-T-91

El **ensayo Proctor** nos da la relación entre el contenido de humedad y el peso unitario seco de un suelo compactado, su objetivo es determinar la densidad seca máximo y la humedad óptima. Para un material de mejoramiento se permite el empleo de suelos cuyo ensayo de compactación realizado, de acuerdo a lo prescrito en la Norma AASTHTO T-180, presenten densidades máximas menores a 1.400 Kg/m³.

4.1.3 Compactación

La compactación es la densificación del suelo por medios mecánicos, mejorando la resistencia y estabilidad volumétrica, afectando la permeabilidad.

La colocación de material puede ser de una capa, si el espesor especificado en el diseño no es de más de 30cm o en más de una capa, en tal caso el espesor de cada capa será aproximadamente igual, y se emplearán para cada una de ellas los procedimientos de tendido, hidratado, mezclado.

Las capas compactadas no deberán variar en ningún lugar de la cota y secciones transversales establecidas, en más de 2 cm.

Para controlar la calidad del material de mejoramiento se realiza ensayos de densidad de campo, con una frecuencia de uno por cada 300 m³ de material colocado y compactado. Adicionalmente, se efectuará un ensayo de compactación tipo proctor, por cada 1000 m³ de material colocado y compactado.

La densidad de la capa compactada deberá ser el 95% en vez del 100% de la densidad máxima, según AASHO-T-180, método D.

4.2 CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE MEJORAMIENTO CON SUELO SELECCIONADO TRANSPORTADO A OBRA.

El material de Mejoramiento con suelo seleccionado es producto de la trituración del basalto de la cantera “HOLCIM”, localizada en la zona de Picoazá, Cantón Portoviejo.

Antes de calificar el material transportado a obra, se debe conocer las Normas y los parámetros que debe cumplir este material. Por tal motivo se muestra un resumen de las normas y parámetros en la tabla 4.2.1.

TABLA 4.2.1 – RESUMEN DE NORMAS Y PARÁMETROS

PASANTE 4” (100mm)	PASANTE Nº 200	INDICE PLASTICO	LIMITE LIQUIDO	DENSIDAD MÁXIMA	CBR
100%	<=20%	<=9%	<=35%	>1.400 Kg/m ³	> 20%

Una vez conocida las Normas y parámetros que debe cumplir dicho material somos capaces para poder realizar el control de calidad. . Este control se lo realiza a criterio del fiscalizador cada cierta cantidad de volumen de material colocado o cuando sea necesario.

Se ha tomado muestras en las abscisas 5+250 y 11+250 y se enviaron al laboratorio de suelos para realizarle los ensayos y obtener los parámetros ya antes nombrados en la tabla 4.2.1, los cuales nos permitirán comprobar si el

material que ha sido transportado a obra mantiene las características necesarias para ser utilizado como capa de mejoramiento con suelo seleccionado. Es importante indicar que inmediatamente tomadas las muestras se continúa con el proceso de colocación, debido a que no se puede paralizar la obra esperando obtener los resultados para después colocar el material.

Los resultados obtenidos de las muestras tomadas en las abscisas 5+250 y 11+250 se describen a continuación en la tabla 4.2.2.

TABLA 4.2.2 - MUESTRAS PARA CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE MEJORAMIENTO CON SUELO SELECCIONADO EN LAS ABSCISAS 5+250 Y 11+250

PARAMETROS	ESPECIFICACIONES	MUESTRA ABSCISA 5+250	MUESTRA ABSCISA 11+250	OBSERVACIONES	
				MUESTRA ABSCISA 5+250	MUESTRA ABSCISA 11+250
Pasante 4"(100mm)	100%	100	89.54	Adecuado	No Adecuado
Pasante N 200	$\leq 20\%$	9.47	8.42	Adecuado	Adecuado
Índice Plástico	≤ 9	11.46	9.32	No Adecuado	Adecuado
Límite Líquido	$\leq 35\%$	39.61	35.38	No Adecuado	Adecuado
Densidad Máxima	$> 1.400 \text{ Kg/m}^3$	1938	1693	Adecuado	Adecuado
CBR	$> 20\%$	20.10	39.50	Adecuado	Adecuado

Analizando la tabla 4.2.2 para la abscisa 5+250, notamos que los valores del Índice Plástico y Límite Líquido están por encima del valor establecido, lo que nos indica que este material va a tender a adquirir mayor cantidad de agua conllevando a deformaciones plásticas. Además el valor de CBR se encuentra al

límite de su rango, indicándonos que tendrá problemas al soportar los esfuerzos, por lo que se procedió a mezclar con un 5% de arena, obteniendo así un valor del $IP = 6,32$; $LL = 28,77$ y $CBR = 40.24\%$

En cuanto a la abscisa 11+250 podemos observar que el material pasante del tamiz de 4" no es el 100% como debería cumplir. Esto significa que hay un porcentaje de material grueso (mayor a 4"). Al estar presente cierta cantidad de material grueso, este va a dejar espacios vacíos entre ellos, permitiendo que pueda aceptar mayor cantidad de agua; como consecuencia el límite líquido y el índice plástico están en poco porcentaje por encima de los valores que establecen los parámetros.

Se puede permitir la colocación del material debido a que el límite líquido e Índice de plasticidad son valores cercanos al que indican las especificaciones y además porque esta capa estará protegida por la capa de sub-base la cual absorbe las deformaciones e hinchamientos.

Si en estos ensayos el material no hubiera cumplido en su mayoría con las características de un material de mejoramiento con suelo seleccionado se procedía a rechazarlo, es decir se retira el material por completo.

4.3 CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE MEJORAMIENTO CON SUELO SELECCIONADO DESPUES DE LA COMPACTACIÓN

Una vez tomada la muestra al material transportado a obra se procede a colocarlo en capas. Se debe colocar una capa del material si el espesor especificado en el diseño no es de más de 30cm. Cuando sea necesario construir en más de una capa, el espesor de cada capa será aproximadamente igual, y se emplearán para cada una de ellas los procedimientos de tendido, hidratado, mezclado.

Una vez colocado el material de mejoramiento con suelo seleccionado (Ver Anexo 3), y además previamente aprobado por el debido control de calidad hecho al material transportado a obra se procede a compactarlo. Las capas compactadas no deberán variar en ningún lugar de la cota y secciones transversales establecidas, en más de 2 cm.

Después de compactar el material, se debe controlar el grado de compactación en que se encuentran las capas del material de mejoramiento, para esto se procede a hacer ensayos de densidad de campo buscando obtener un 95% de compactación en el material.

Para realizar el control de calidad del material cuando está compactado, se ha tomado pruebas de DENSIDAD DE CAMPO en diferentes abscisas de la Capa

Final tanto en el lado derecho como en el lado izquierdo, empleando un Densímetro nuclear Marca -TROXLER 3440. Los resultados obtenidos en la Capa Final, lado derecho e izquierdo, se muestran respectivamente en las tablas 4.3.1. y 4.3.2.

TABLA 4.3.1 - REPORTE DE DENSIDAD DE CAMPO DE LA CAPA FINAL LADO DERECHO PARA EL CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE MEJORAMIENTO CON SUELO SELECCIONADO

ABSCISAS	DENSIDAD SECA DE CAMPO	HUMEDAD DE CAMPO	DENSIDAD SECA MAXIMA (PROCTOR)	GRADO DE COMPACTACION	
NO DE PRUEBA				PRUEBA	MTOP (95%)
CAPA FINAL LADO DERECHO					
9+400	1.936	16.30	1866	103.73	Adecuado
9+450	1.967	15.40	1866	105.43	Adecuado
9+500	1.934	14.50	1866	103.63	Adecuado
9+550	1.837	16.20	1866	98.42	Adecuado
9+600	1.942	14.70	1866	104.05	Adecuado

TABLA 4.3.2 - REPORTE DE DENSIDAD DE CAMPO DE LA CAPA FINAL LADO IZQUIERDO PARA EL CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE MEJORAMIENTO CON SUELO SELECCIONADO

ABSCISAS	DENSIDAD SECA DE CAMPO	HUMEDAD DE CAMPO	DENSIDAD SECA MAXIMA (PROCTOR)	GRADO DE COMPACTACION	
NO DE PRUEBA				PRUEBA	MTOP (95%)
CAPA FINAL LADO IZQUIERDO					
5+620	1.961	9.60	1914	102.44	Adecuado
5+660	1976	8.70	1914	103.24	Adecuado
5+700	2.003	11.30	1914	104.63	Adecuado
5+740	1.962	12.70	1914	102.50	Adecuado

Como se observan en las tablas 4.3.1 y 4.3.2 podemos indicar que el grado de compactación varía a lo especificado en las normas, esto se debe a los siguientes motivos:

1. Cada 1000 m³ se toma muestras para obtener la densidad seca máxima, la que se asume constante hasta la siguiente toma de muestra. Alterando el grado de compactación debido a que no siempre este valor va a ser el indicado a lo largo del tramo, puesto que el material transportado a obra proviene de una cantera que presenta heterogeneidad en sus estratos.
2. El valor de densidad seca máxima obtenido en el proctor representa el 100% de su grado de compactación por lo que al momento de realizar el ensayo de densidad de campo los valores van a tender al 100%.

Analizados los motivos por los cuales los valores de las tablas 4.3.1 y 4.3.2, se encuentran superiores al 95% de su grado de compactación estipulado en las normas, podemos indicar que este material se encuentra adecuadamente compactado.

Cabe resaltar que según análisis hechos, hasta un 105% el material compactado mantiene sus propiedades granulométricas. A partir de valores superiores, se debe tomar muestras para verificar las propiedades

granulométricas y su densidad seca máxima. Dependiendo de estos sabremos si el material esta adecuadamente compactado o no.

En caso de que hubiera estado el material con un grado de compactación menor al indicado se deberá compactar el material según como lo indique el Ing. Fiscalizador hasta obtener el grado de compactación adecuado. Por otro lado si el material hubiera estado sobre-compactado se tendría que retirar todo el material debido a que por su exagerada compactación alteraría sus propiedades granulométricas.

CAPÍTULO 5.

CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE SUB-BASE CLASE 2

El control de calidad en obra que se le realiza al material de sub-base clase 2 se divide en dos etapas:

- Transportado a Obra y
- Después de la compactación

En este caso no vamos a analizar el control de calidad en la fuente del material debido a que este proviene de una planta dosificadora y no abarcaría nuestro tema de tesis el cual se enfoca al control de calidad en obra.

5.1 NORMAS Y PARAMETROS

El material utilizado como Sub-base clase 2 deberá cumplir con las “Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes” del Ministerio de Transporte y Obras Publicas Tomo I, sección 403. 403-1; y Tomo II, sección 816. 816-3.

5.1.1. Granulometría

La granulometría consiste en separar y clasificar por tamaños los granos de las partículas, por medio de tamices con el fin de clasificar los suelos gruesos y verificar que cumplan con las especificaciones para hormigones, carreteras, aeropuertos, etc.

Los agregados empleados en la construcción de capas de Sub-Base deberán graduarse uniformemente de grueso a fino y cumplirán las exigencias de granulometría que se indica en la tabla 5.1.1.1, lo cual será comprobado mediante ensayos granulométricos siguiendo lo establecido en la NORMA INEN 696 y 697 (AASHTO T-11 y T-27) luego que el material ha sido mezclado en planta o colocado en el camino.

La Sub-Base Clase 2 está formada por agregados gruesos, obtenidos mediante trituración o cribado de gravas o yacimientos cuyas partículas estén

fragmentadas naturalmente, mezclados con arena natural o material finamente triturado para alcanzar la granulometría especificada en la Tabla 5.1.1.1

Tabla 5.1.1.1 CLASIFICACIÓN DE SUB-BASES

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada		
	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
3" (76.2 mm.)	---	---	100
2" (50.4 mm.)	---	100	---
1 ½" (38.1 mm.)	100	70 – 100	
Nº 4 (4.75 mm.)	30 - 70	30 - 70	30 - 70
Nº 40 (0.425 mm.)	10 - 35	15 - 40	---
Nº 200 (0.075 mm.)	0 - 15	0 - 20	0 - 20

5.1.2. Límites de Atterberg, CBR, Abrasión de los Ángeles

Los **Límites de Atterberg** son las fronteras que se utilizan para definir los 4 estados por los que pasan los suelos finos: Líquido, plástico, semi solido y solido; y se los identifica por el contenido de agua en la mezcla al momento del cambio de estado. El límite líquido para un material de Sub-base clase 2, cuya porción de agregado pasa el tamiz nº 40, deberá carecer de plasticidad o ser menor de 25%.

La plasticidad es la propiedad de los materiales por la cual es capaz de soportar deformaciones rápidas sin romperse, agrietarse, producir rebote elástico, ni

variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse. Para el material de Sub-base clase 2, la porción de este agregado que pasa el tamiz n°40, incluyendo el relleno mineral, deberá carecer de plasticidad o tener un índice de plasticidad menor de 6.

El ensayo **CBR** (Ensayo de Relación de Soporte de California) mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, además nos permite evaluar la calidad del terreno. La capacidad de soporte para el material de sub-base clase 2 corresponderá a un CBR igual o mayor del 30%.

Para una Sub-base, los ensayos de límites de Atterberg, CBR se realizan con el agregado que pasa el tamiz n°40, y deben ser ensayados de acuerdo a los métodos establecidos en las NORMAS INEN 691 y 692 (AASHTO T-89 y T-90)

El **ensayo de abrasión** de los Ángeles mide la degradación de los agregados gruesos (menores a 1 ½ pulg.) resultante de la combinación de varias acciones como abrasión, impacto y fricción de las esferas dentro de la máquina de los ángeles. El número de esferas varía según la graduación del material a ser ensayado. Para un material de Sub-base, los agregados gruesos no presentaran un porcentaje de desgaste mayor a 50% en el ensayo de abrasión, NORMAS INEN 860 y 861 (AASHTO T-96), con 500 vueltas de la máquina de los ángeles.

5.1.3. Compactación

La compactación es la densificación del suelo por medios mecánicos, mejorando la resistencia y estabilidad volumétrica, afectando la permeabilidad.

La colocación de material puede ser de una capa, si el espesor especificado en el diseño no es de más de 30cm o en más de una capa, en tal caso el espesor de cada capa será aproximadamente igual, y se emplearán para cada una de ellas los procedimientos de tendido, hidratado, mezclado.

Para comprobar la calidad de la construcción, se deberá realizar en todas las capas de sub-base los ensayos de densidad de campo, usando equipo nuclear debidamente calibrado o mediante el ensayo AASHTO T - 147. En todo caso, la densidad mínima de la sub-base no será menor que el **100% de la densidad máxima obtenida** en laboratorio, mediante los ensayos previos de Humedad Optima y Densidad Máxima, realizados con las regulaciones AASHTO T-180, método D.

En ningún punto de la capa de sub-base terminada, el espesor deberá variar en más de dos centímetros con el espesor indicado en los planos; sin embargo, el promedio de los espesores comprobados no podrá ser inferior al especificado. Estos espesores serán medidos luego de la compactación final de la capa, cada 100 metros de longitud en puntos alternados al eje y a los costados del camino.

Cuando una medición señale una variación mayor que la tolerancia marcada, se efectuarán las mediciones adicionales que sean necesarias a intervalos más cortos, para determinar el área de la zona deficiente. Para corregir el espesor inaceptable se deberá escarificar esa zona y retirar o agregar el material necesario, para proceder luego a conformar y compactar con los niveles y espesores del proyecto. Para el caso de zonas defectuosas en la compactación, se deberá seguir un procedimiento análogo.

La superficie de la sub-base terminada deberá ser comprobada mediante nivelaciones minuciosas, y en ningún punto las cotas podrán variar en más de dos centímetros con las del proyecto.

5.2. CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE SUBBASE TRANSPORTADO A OBRA

El material de Sub-Base que se utilizará en la obra es de Clase 2 comprende una mezcla de gravas y arenas producto de la trituración del basalto de la cantera “HOLCIM”, localizada en la zona de Picoazá, Cantón Portoviejo.

Antes de calificar el material transportado a obra, se debe conocer las Normas y los parámetros que debe cumplir este material. Por tal motivo se muestra un resumen en la tabla 5.2.1.

TABLA 5.2.1 – RESUMEN DE NORMAS Y PARÁMETROS

INDICE PLASTICO	LIMITE LIQUIDO	CBR	ABRASION DE LOS ANGELES
< 6%	< 25%	>= 30%	< 50%

ENSAYO GRANULOMETRICO	
TAMIZ	% En peso que pasa
3" (76.62mm)	-----
2" (50.4mm)	100
1 ½" (38.1mm)	70 – 100
Nº 4 (4.75mm)	30 – 70
Nº 40 (0.425mm)	15 – 40
Nº 200 (0.075mm)	0 - 20

Una vez conocido las Normas y parámetros que debe cumplir dicho material somos capaces de poder realizar el control de calidad. Este control se lo realiza a criterio del fiscalizador cada cierta cantidad de volumen de material colocado o cuando sea necesario.

Se ha tomado muestras en las abscisas 5+750 y 8+980 y se enviaron al laboratorio de suelos para realizarle los ensayos y obtener los parámetros ya antes nombrados en la tabla 5.2.1, los cuales nos permitirán comprobar si el material que ha sido transportado a obra mantiene las características necesarias para ser utilizado como capa de Sub base clase 2. . Es importante indicar que inmediatamente tomadas las muestras se continúa con el proceso de

colocación, debido a que no se puede paralizar la obra esperando obtener los resultados para después colocar el material.

Los resultados obtenidos de las muestras tomadas en las abscisas 5+750 y 8+980 se describen a continuación en la tabla 5.2.2.

TABLA 5.2.2 - MUESTRAS PARA CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE SUB-BASE EN LAS ABCISAS 5+750 Y 8+980

PARAMETROS	ESPECIFICACIONES	Muestra Abscisa 5+750	Muestra Abscisa 8+980	OBSERVACIONES	
				Muestra Abscisa 5+750	Muestra Abscisa 8+980
Índice Plástico	Menos de 6	5.57	NP	Adecuado	Adecuado
Limite Líquido	Menos de 25	25.80	----	Adecuado	Adecuado
Valor CBR%	$\geq 30\%$	61%	80%	Adecuado	Adecuado
Desgaste Abrasión	Menos de 50%	31.50%	29.40%	Adecuado	Adecuado

ENSAYO GRANULOMETRICO

TAMIZ	% en peso que pasa	Muestra Abscisa 5+750	Muestra Abscisa 8+980	OBSERVACIONES	
				Muestra Abscisa 5+750	Muestra Abscisa 8+980
3" (76,2mm)	----	----	-----	Adecuado	Adecuado
2" (50,4mm)	100	100	100	Adecuado	Adecuado
1 1/2" (38,1mm)	70 – 100	100	93.45	Adecuado	Adecuado
Nº. 4 (4,75mm)	30 – 70	37.86	44.39	Adecuado	Adecuado
Nº. 40 (0,425mm)	15 – 40	23.93	29.76	Adecuado	Adecuado
Nº. 200 (0,075mm)	0 - 20	9.32	8.16	Adecuado	Adecuado

Como análisis de la Tabla 5.2.2 podemos indicar el material transportado a obra en las abscisas 5+750 y 8+980 mantiene las características necesarias para ser utilizado como capa de Sub-base Clase 2.

Si en estos ensayos el material no hubiera cumplido en su mayoría con las características de un material de Sub-base clase 2 se procedía a rechazarlo, es decir se retira el material por completo.

También se tomó una muestra al material transportado a la abscisa 11+680 Lado Derecho debido a que se notó un cambio en la apariencia en este material (café amarillento). Por tal motivo esta muestra se envió a laboratorio y se obtuvo los siguientes resultados mostrados en la tabla 5.2.3.

TABLA 5.2.3 - MUESTRAS PARA CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE SUB-BASE EN LA ABSCISA 11+680 LD

PARAMETROS	ESPECIFICACIONES	Muestra Abscisa 11+680 LD	OBSERVACIONES
Índice Plástico	Menos de 6	NP	Adecuado
Límite Líquido	Menos de 25	-----	Adecuado
Valor CBR%	Mayor de 30%	39%	Adecuado
Desgaste Abrasión	Menos de 50%	29.98%	Adecuado

ENSAYO GRANULOMETRICO

TAMIZ	% en peso que pasa	Muestra Abscisa 11+680 LD	OBSERVACIONES
3" (76,2mm)	----	----	Adecuado
2" (50,4mm)	100	100	Adecuado
1 ½" (38,1mm)	70 – 100	95.55	Adecuado
N0. 4 (4,75mm)	30 – 70	49.96	Adecuado
N0. 40 (0,425mm)	15 – 40	34.42	Adecuado
N0. 200 (0,075mm)	0 - 20	10.31	Adecuado

Como se puede observar en la tabla 5.2.3 este material de apariencia café amarillenta que no era el material que se estaba transportando a la obra cumple con los parámetros establecidos para un material de Sub-base clase 2 por lo que se aprueba su utilización.

5.3 CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE SUB-BASE DESPUES DE LA COMPACTACIÓN

Una vez tomada la muestra al material transportado a obra se procede a colocarlo en capas. Se debe colocar una capa del material si el espesor especificado en el diseño no es de más de 30cm. Cuando sea necesario construir en más de una capa, el espesor de cada capa será aproximadamente

igual, y se emplearán para cada una de ellas los procedimientos de tendido, hidratado, mezclado.

Ya colocado el material de Sub-base clase 2, y previamente aprobado por el debido control de calidad hecho al material transportado a obra se procede a compactarlo. En ningún punto de la capa de sub-base terminada, el espesor deberá variar en más de dos centímetros con el espesor indicado en los planos; sin embargo, el promedio de los espesores comprobados no podrá ser inferior al especificado. Estos espesores serán medidos luego de la compactación final de la capa, cada 100 metros de longitud en puntos alternados al eje y a los costados del camino.

Después de compactar el material, se debe controlar el grado de compactación y el porcentaje de humedad en que se encuentran las capas del material de Sub-base, para esto se procede a hacer ensayos de densidad de campo buscando obtener un 100% de compactación en el material.

Para realizar el control de calidad del material cuando está compactado, se ha tomado pruebas en diferentes abscisas de la 1era y 2da capa, empleando un densímetro nuclear marca -TROXLER 3440. Los resultados obtenidos se muestran respectivamente en las tablas 5.3.1. y 5.3.2.

TABLA 5.3.1 - REPORTE DE DENSIDAD DE CAMPO DE LA 1ERA CAPA LADO DERECHO PARA EL CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE SUB-BASE

ABSCISAS	DENSIDAD SECA DE CAMPO	HUMEDAD DE CAMPO	DENSIDAD SECA MAXIMA (PROCTOR)	GRADO DE COMPACTACION	
NO DE PRUEBA				PRUEBA	MTOP (100%)
1ERA CAPA LADO DERECHO					
4+700	1.915	7.60	1904	100.58	Adecuado
4+660	1.941	9.87	1904	101.94	Adecuado
4+620	1.913	13.54	1904	100.50	Adecuado
2+200	1.904	10.40	1904	100.00	Adecuado
2+260	2.003	10.80	1904	105.18	Adecuado
2+320	1.991	13.54	1904	104.57	Adecuado
2+380	2.001	11.23	1904	105.08	Adecuado

TABLA 5.3.2 - REPORTE DE DENSIDAD DE CAMPO DE LA 2DA CAPA LADO IZQUIERDO PARA EL CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE SUB-BASE

ABSCISAS	DENSIDAD SECA DE CAMPO	HUMEDAD DE CAMPO	DENSIDAD SECA MAXIMA (PROCTOR)	GRADO DE COMPACTACION	
NO DE PRUEBA				PRUEBA	MTOP (100%)
2DA CAPA LADO IZQUIERDO					
9+400	2.049	9.80	1991	102.90	Adecuado
9+370	1.992	10.70	1991	100.10	Adecuado
9+340	2.026	10.60	1991	101.80	Adecuado
9+300	1.993	10.90	1991	100.10	Adecuado
9+260	2.025	11.60	1991	101.70	Adecuado

Como se observan en las tablas 5.3.1 y 5.3.2 podemos indicar que el grado de compactación varía a lo especificado en las normas, esto se debe a que cada 1000 m³ se toma muestras para obtener la densidad seca máxima, la que se asume constante hasta la siguiente toma de muestra. Alterando el grado de

compactación debido a que no siempre este valor va a ser el indicado a lo largo del tramo, puesto que el material transportado a obra proviene de una cantera que presenta heterogeneidad en sus estratos.

Analizado el motivo por el cual los valores de las tablas 5.3.1 y 5.3.2, se encuentran superiores al 100% de su grado de compactación estipulado en las normas, podemos indicar que este material se encuentra adecuadamente compactado.

Cabe resaltar que según análisis hechos, hasta un 105% el material compactado mantiene sus propiedades granulométricas. A partir de valores superiores, se debe tomar muestras para verificar las propiedades granulométricas y su densidad seca máxima. Dependiendo de estos sabremos si el material está adecuadamente compactado o no.

En caso de que hubiera estado el material con un grado de compactación menor al indicado se deberá compactar el material según como lo indique el Ing. Fiscalizador hasta obtener el grado de compactación adecuado. Por otro lado si el material hubiera estado sobre-compactado se tendría que retirar todo el material debido a que por su exagerada compactación alteraría sus propiedades granulométricas.

CAPÍTULO 6.

CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE BASE GRANULAR CLASE 1A

El control de calidad en obra que se le realiza al material base granular clase 1A se divide en dos etapas:

- Transportado a Obra y
- Después de la compactación

En este caso no vamos a analizar el control de calidad en la fuente del material debido a que este proviene de una planta dosificadora y no abarcaría nuestro tema de tesis el cual se enfoca al control de calidad en obra.

6.1 NORMAS Y PARAMETROS

El material utilizado como Base Granular clase 1A deberá cumplir con las “Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes” del Ministerio de Transporte y Obras Publicas Tomo I, sección 404. 404-1; y Tomo II, sección 814. 814-2.

6.1.1 Granulometría

La granulometría consiste en separar y clasificar por tamaños los granos de las partículas, por medio de tamices con el fin de clasificar los suelos gruesos y verificar que cumplan con las especificaciones para hormigones, carreteras, aeropuertos, etc.

Este trabajo consistirá en la construcción de capas de base compuestas por agregados triturados total o parcialmente o cribados, estabilizados con agregado fino procedente de la trituración, o suelos finos seleccionados, o ambos.

La capa de base se colocará sobre una sub-base terminada y aprobada, o en casos especiales sobre una subrasante previamente preparada y aprobada, y de acuerdo con los alineamientos, pendientes y sección transversal establecida en los planos de una obra.

En la base clase 1, los materiales se obtendrán por trituración de grava o roca en un 100%, para producir fragmentos limpios, resistentes y durables, que no presenten partículas alargadas o planas en exceso. Estarán exentos de material vegetal, grumos de arcilla u otro material objetable.

La piedra o la grava se triturarán con un equipo tal que permita la graduación de los elementos de moltura, de tal modo que se obtengan los tamaños especificados. Cuando se requiera, para lograr las exigencias de graduación o eliminar un exceso de material fino, la piedra o grava deberá ser cribada antes de triturarla.

Los agregados empleados en la construcción de capas de Base Clase 1 deberán graduarse uniformemente de grueso a fino y cumplirán las exigencias de granulometría que se indican en la Tabla 6.1.1.1, lo cual será comprobado mediante ensayos granulométricos, siguiendo lo establecido en la Norma INEN 696 y 697 (AASHTO T-11 y T-27), luego de que el material ha sido mezclado en planta, o colocado en el camino.

Tabla 6.1.1.1 CLASIFICACIÓN BASE CLASE 1

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada	
	TIPO A	TIPO B
2" (50,8 mm.)	100	- - - -
1 1/2" (38,1 mm.)	70 - 100	100
1" (25,4 mm.)	55 - 85	70 - 100
3/4" (19,0 mm.)	50 - 80	60 - 90
3/8" (9,5 mm.)	35 - 60	45 - 75
Nº 4 (4,76 mm.)	25 - 50	30 - 60
Nº 10 (2,00 mm.)	20 - 40	20 - 50
Nº 40 (0,425 mm.)	10 - 25	10 - 25
Nº 200 (0,075 mm.)	2 - 12	2 - 12

6.1.2. Límites de Atterberg, CBR, Abrasión de los Ángeles

Los **Límites de Atterberg** son las fronteras que se utilizan para definir los 4 estados por los que pasan los suelos finos: Líquido, plástico, semi solido y solido; y se los identifica por el contenido de agua en la mezcla al momento del cambio de estado. El límite líquido para un material de base granular clase 1A, cuya porción de agregado pasa el tamiz nº 40, deberá carecer de plasticidad o ser menor de 25%.

La plasticidad es la propiedad de los materiales por la cual es capaz de soportar deformaciones rápidas sin romperse, agrietarse, producir rebote elástico, ni

variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse. Para el material de base granular clase 1A, la porción de este agregado que pasa el tamiz n°40, incluyendo el relleno mineral, deberá carecer de plasticidad o tener un índice de plasticidad menor de 6.

El ensayo **CBR** (Ensayo de Relación de Soporte de California) mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, además nos permite evaluar la calidad del terreno. La capacidad de soporte para el material de base granular clase 1A corresponderá a un CBR igual o mayor del 80%.

Para una base granular, los ensayos de límites de Atterberg, CBR se realizan con el agregado que pasa el tamiz n°40, y deben ser ensayados de acuerdo a los métodos establecidos en las NORMAS INEN 691 y 692 (AASHTO T-89 y T-90)

El **ensayo de abrasión** de los Ángeles mide la degradación de los agregados gruesos (menores a 1 ½ pulg.) resultante de la combinación de varias acciones como abrasión, impacto y fricción de las esferas dentro de la máquina de los ángeles. El número de esferas varía según la graduación del material a ser ensayado. Para un material de base granular, los agregados gruesos no presentarán un porcentaje de desgaste mayor a 40 en el ensayo de abrasión,

Normas INEN 860 y 861 (AASHTO T-96), con 500 vueltas de la máquina de Los Ángeles, ni arrojarán una pérdida de peso mayor al 12% en el ensayo de durabilidad, Norma INEN 863 (AASHTO T-104), luego de 5 ciclos de inmersión y lavado con sulfato de sodio.

6.1.3. Compactación

La compactación es la densificación del suelo por medios mecánicos, mejorando la resistencia y estabilidad volumétrica, afectando la permeabilidad.

La colocación de material puede ser de una capa, si el espesor especificado en el diseño no es de más de 30cm o en más de una capa, en tal caso el espesor de cada capa será aproximadamente igual, y se emplearán para cada una de ellas los procedimientos de tendido, hidratado, mezclado.

Para comprobar la calidad de la construcción, se deberá realizar en todas las capas de base los ensayos de densidad de campo, usando equipo nuclear debidamente calibrado o mediante el ensayo AASHTO T-147.o T-191. En todo caso, la densidad mínima de la base no será menor que el 100% de la densidad máxima establecida por el Fiscalizador, mediante los ensayos de Densidad Máxima y Humedad Optima realizados con las regulaciones AASHTO T-180, método D.

En ningún punto de la capa de base terminada, el espesor deberá variar en más de un centímetro con el espesor indicado en los planos de una obra; sin embargo, el promedio de los espesores comprobados no podrá ser inferior al especificado.

Estos espesores y la densidad de la base, serán medidos luego de la compactación final de la base, cada 100 metros de longitud, en puntos alternados al eje y a los costados del camino. Cuando una medición señale una variación mayor que la tolerancia indicada, se efectuarán las mediciones adicionales que sean necesarias a intervalos más cortos, para determinar el área de la zona deficiente.

Para corregir el espesor inaceptable, se deberá escarificar esa zona y retirar o agregar el material necesario, para proceder de inmediato a la conformación y compactación con los niveles y espesores del proyecto. Sin embargo, antes de corregir los espesores deberán tomarse en consideración las siguientes tolerancias adicionales:

Si el espesor sobrepasa lo estipulado en los documentos contractuales y la cota de la superficie se halla dentro de un exceso de 1.5 centímetros sobre la cota del proyecto, no será necesario efectuar correcciones; así mismo, si el espesor es menor que el estipulado y la cota de la superficie se halla dentro de un

faltante de 1.5 centímetros de la cota del proyecto, podrá no corregirse el espesor de la base siempre y cuando el espesor de la base terminada sea mayor a 10 centímetros, y la capa de rodadura sea de hormigón asfáltico y el espesor faltante sea compensado con el espesor de la capa de rodadura hasta llegar a la rasante.

6.2 CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE BASE GRANULAR CLASE 1A TRANSPORTADO A OBRA

El material de Base granular que se utilizará en la obra es de Clase 1A, comprende una mezcla de rocas o gravas producto de la trituración del basalto de la cantera “HOLCIM”, localizada en la zona de Picoazá, Cantón Portoviejo.

Antes de calificar el material transportado a obra, se debe conocer las Normas y los parámetros que debe cumplir este material. Por tal motivo se muestra un resumen en la tabla 6.2.1.

TABLA 6.2.1 – RESUMEN DE NORMAS Y PARÁMETROS

INDICE PLASTICO	LIMITE LIQUIDO	CBR	ABRASION DE LOS ANGELES
< 6%	< 25%	>= 80%	< 40%

ENSAYO GRANULOMETRICO	
TAMIZ	% En peso que pasa
2" (50.4mm)	100
1 1/2" (38.1mm)	70 - 100
1" (25.4mm)	55 - 85
3/4" (19.0mm)	50 - 80
3/8" (9.5mm)	35 - 60
Nº 4 (4.75mm)	25 - 50
Nº 10 (2.0mm)	20 - 40
Nº 40 (0.425mm)	10 - 25
Nº 200 (0.075mm)	2 - 12

Una vez conocida las normas y parámetros que debe cumplir dicho material somos capaces de poder realizar el control de calidad. . Este control se lo realiza a criterio del fiscalizador cada cierta cantidad de volumen de material colocado o cuando sea necesario.

Se ha tomado muestras en las abscisas 6+000 y 13+320 y se enviaron al laboratorio de suelos para realizarle los ensayos y obtener los parámetros ya antes nombrados en la tabla 6.2.1, los cuales nos permitirán comprobar si el material que ha sido transportado a obra mantiene las características necesarias para ser utilizado como capa de Base granular clase 1A. Es importante indicar que inmediatamente tomadas las muestras se continúa con el proceso de colocación, debido a que no se puede paralizar la obra esperando obtener los resultados para después colocar el material.

Los resultados obtenidos de las muestras tomadas en las abscisas 6+000 y 13+320 se describen a continuación en la tabla 6.2.2.

**TABLA 6.2.2 - MUESTRAS PARA CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL
DE BASE GRANULAR EN LAS ABSCISAS 6+000 Y 13+320**

Parámetros exigidos en las Especificaciones	Especificaciones Generales	Muestra Abscisa 6+000	Muestra Abscisa 13+320	OBSERVACIONES	
				Muestra Abscisa 6+000	Muestra Abscisa 13+320
Índice Plástico	Menos de 6	NP	3.49	Adecuado	Adecuado
Limite Líquido	Menos de 25	-----	26.40	Adecuado	No Adecuado
Valor CBR%	Igual o mayor de 80%	85%	86%	Adecuado	Adecuado
Desgaste Abrasión	Menos de 40%	24.30%	22.92%	Adecuado	Adecuado

ENSAYO GRANULOMETRICO

TAMIZ	% en peso que pasa	Muestra abscisa 6+000	Muestra Abscisa 13+320	OBSERVACIONES	
				Muestra abscisa 6+000	Muestra Abscisa 13+320
2" (50,4mm)	100	100	100	Adecuado	Adecuado
1 1/2" (38,1mm)	70 – 100	89.09	91.00	Adecuado	Adecuado
1" (25.4mm)	55 – 85	66.61	80.00	Adecuado	Adecuado
3/4" (19.0mm)	50 – 80	55.82	68.00	Adecuado	Adecuado
3/8" (9.5mm)	35 – 60	41.29	47.00	Adecuado	Adecuado
No. 4 (4,75mm)	25 – 50	33.06	31.00	Adecuado	Adecuado
No. 10 (2.00mm)	20 – 40	28.58	28.04	Adecuado	Adecuado
No. 40 (0,425mm)	10 – 25	22.69	21.65	Adecuado	Adecuado
No. 200 (0,075mm)	2 – 12	3.75	5.66	Adecuado	Adecuado

Como conclusión de los resultados de la tabla 6.2.2, podemos indicar que la muestra de la abscisa 6+000 es considerada para ser utilizado como capa de

Base Granular Clase 1A debido a que esta cumple con los parámetros establecidos en las especificaciones del MTOP.

Para la muestra de la abscisa 13+320, el Límite líquido está en poco porcentaje por encima de lo establecido. Esto nos indica que el material tiende a absorber agua, pero al recibir agua según los análisis del material, este no va a presentar mucha plasticidad, es decir que va a soportar deformaciones sin romperse, ni agrietarse, ni va a sufrir variaciones volumétricas apreciables. También observamos que la granulometría, CBR y abrasión de los ángeles están dentro de los parámetros establecidos. Motivo por el cual se considera que este único valor que está en pequeña cantidad fuera de las especificaciones no alteraría al material, por lo que se aprueba su utilización como Base granular clase 1A.

Como control para las abscisas siguientes se deberá realizar ensayos más consecutivos para verificar si el material transportado a obra sigue siendo apto o no. Ya que este puede sufrir algunas alteraciones en cuanto a sus propiedades debido a que se obtiene de la explotación de una cantera y los estratos muestran heterogeneidades.

Si en estos ensayos el material no hubiera cumplido en su mayoría con las características de un material de Base clase 1A se procedía a rechazarlo, es decir se retira el material por completo.

6.3 CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE BASE GRANULAR CLASE 1A DESPUES DE LA COMPACTACIÓN

Una vez tomada la muestra al material transportado a obra se procede a colocarlo en capas. Se debe colocar una capa del material si el espesor especificado en el diseño no es de más de 30cm. Cuando sea necesario construir en más de una capa, el espesor de cada capa será aproximadamente igual, y se emplearán para cada una de ellas los procedimientos de tendido, hidratados, mezclados.

Una vez colocado el material de Base granular, y además previamente aprobado por el debido control de calidad hecho al material transportado a obra se procede a compactarlo. En ningún punto de la capa de base terminada, el espesor deberá variar en más de un centímetro con el espesor indicado en los planos de una obra; sin embargo, el promedio de los espesores comprobados no podrá ser inferior al especificado.

Después de compactar el material con el rodillo se debe controlar el grado de compactación y el porcentaje de humedad en que se encuentran las capas del material de Base granular, para esto se procede a hacer ensayos de densidad de campo buscando obtener un 100% de compactación en el material.

Para realizar el control de calidad del material, se ha tomado pruebas en diferentes abscisas de la Capa Final tanto para el lado derecho como el izquierdo, empleando un Densímetro nuclear Marca -TROXLER 3440.

Los resultados obtenidos en las Capas Finales Lado derecho e Izquierdo, se muestran respectivamente en las tablas 6.3.1. y 6.3.2.

TABLA 6.3.1 - REPORTE DE DENSIDAD DE CAMPO DE LA CAPA FINAL LADO DERECHO PARA EL CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE BASE GRANULAR CLASE 1A

ABSCISAS	DENSIDAD SECA DE CAMPO	HUMEDAD DE CAMPO	DENSIDAD SECA MAXIMA (PROCTOR)	GRADO DE COMPACTACION	
NO DE PRUEBA				PRUEBA	MTOP (100%)
CAPA FINAL LADO DERECHO					
11+620	1.959	9.50	1.857	105.49	Adecuado
11+720	1.884	8.50	1.857	101.45	Adecuado
11+780	1.876	9.50	1.857	101.01	Adecuado
11+900	1.911	8.20	1.857	102.92	Adecuado
12+050	1.932	9.00	1.857	104.04	Adecuado
12+200	1.929	6.00	1.857	103.89	Adecuado
12+350	1.893	9.10	1.857	101.93	Adecuado
12+500	1.924	10.90	1.857	103.62	Adecuado

TABLA 6.3.2 - REPORTE DE DENSIDAD DE CAMPO DE LA CAPA FINAL LADO IZQUIERDO PARA EL CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE BASE GRANULAR CLASE 1A

ABSCISAS NO DE PRUEBA	DENSIDAD SECA DE CAMPO	HUMEDAD DE CAMPO	DENSIDAD SECA MAXIMA (PROCTOR)	GRADO DE COMPACTACION	
				PRUEBA	MTOP (100%)
CAPA FINAL LADO IZQUIERDO					
11+660	1.920	8.60	1.857	103.39	Adecuado
11+800	1.887	8.10	1.857	101.62	Adecuado
11+900	1.924	8.50	1.857	103.58	Adecuado
12+050	1.965	7.00	1.857	105.84	Adecuado
12+200	1.957	7.30	1.857	105.39	Adecuado
12+350	1.956	8.60	1.857	105.32	Adecuado

Como se observan en las tablas 6.3.1 y 6.3.2 podemos indicar que el grado de compactación varía a lo especificado en las normas, esto se debe a que cada 1000 m³ se toma muestras para obtener la densidad seca máxima, la que se asume constante hasta la siguiente toma de muestra. Alterando el grado de compactación debido a que no siempre este valor va a ser el indicado a lo largo del tramo, puesto que el material transportado a obra proviene de una cantera que presenta heterogeneidad en sus estratos.

Analizado el motivo por el cual los valores de las tablas 6.3.1 y 6.3.2, se encuentran superiores al 100% de su grado de compactación estipulado en las normas, podemos indicar que este material se encuentra adecuadamente compactado.

Cabe resaltar que según análisis hechos, hasta un 105% el material compactado mantiene sus propiedades granulométricas. A partir de valores superiores, se debe tomar muestras para verificar las propiedades granulométricas y su densidad seca máxima. Dependiendo de estos sabremos si el material esta adecuadamente compactado o no.

En caso de que hubiera estado el material con un grado de compactación menor al indicado se deberá compactar el material según como lo indique el Ing. Fiscalizador hasta obtener el grado de compactación adecuado. Por otro lado si el material hubiera estado sobre-compactado se tendría que retirar todo el material debido a que por su exagerada compactación alteraría sus propiedades granulométricas.

CAPÍTULO 7.

CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE BASE DE HORMIGÓN ASFÁLTICO

El control de calidad en obra que se le realiza al material de base de hormigón asfáltico se divide en dos etapas:

- Mezcla Transportada a Obra y
- Mezcla compactada.

En este caso no vamos a analizar el control de calidad en la fuente del material debido a que este proviene de una planta asfáltica, lo que incluiría nuevos análisis, los cuales no se enfocarían en nuestro tema de tesina el que es controlar la calidad del material en obra, aun así se dará un breve análisis en la sección 7.3.1.

7.1. NORMAS Y PARAMETROS

Este trabajo consistirá en el control de las capas de base de hormigón asfáltico en caliente mezclado en planta central, colocadas sobre una sub-base o base previamente preparada y aceptada.

El material utilizado como Base de hormigón Asfáltico deberá cumplir con las “Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes” del Ministerio de Transporte y Obras Públicas Tomo I, sección 404. 404 - 5; y Tomo II, sección 811. 811-2.

7.1.1. Cemento Asfáltico

Los cementos asfálticos son residuos de la destilación del petróleo y se caracterizan por permanecer en estado semisólido a la temperatura del ambiente. Se distinguen entre sí por su grado de penetración, en la tabla 7.1.1.1 mostraremos los siguientes tipos:

TABLA 7.1.1.1. TIPOS DE CEMENTOS ASFALTICOS

TIPOS	Penetración a 25°C en decimas de mm. Con aguja standard
1	40 – 50
2	50 – 60
3	60 – 70
4	70 – 85
5	85 – 100
6	100 – 120
7	120 – 150
8	150 - 200

Valores mayores a los de la tabla 7.1.1.1 se consideran asfaltos líquidos. El ensayo de penetración determina la dureza de un cemento asfáltico por consiguiente cuando más blando sea, mayor será su penetración.

Todos los cementos asfálticos son tan viscosos a bajas temperaturas que ambos, agregados y ligantes, deben calentarse antes de mezclarlos. Los cementos asfálticos mezclados con agregados forman el hormigón asfáltico, empleado en pavimentos, en las capas de rodadura o base.

El tipo y grado del material asfáltico que deberá emplearse en una mezcla estará determinado en las especificaciones Técnicas de un contrato y será mayormente cemento asfáltico con un grado de penetración 60 - 70. En caso de vías que serán sometidas a un tráfico liviano o medio se permitirá el empleo de cemento asfáltico 85 – 100. Para vías o carriles especiales donde se espere el paso de un tráfico muy pesado, se admitirá el empleo de cementos asfálticos mejorados. El cemento asfáltico que se utilice deberá cumplir con los requisitos de calidad señalados en la tabla 7.1.1.2.

TABLA 7.1.1.2. REQUISITOS DE CALIDAD DEL CEMENTO ASFÁLTICO

ENSAYOS	GRADO DE PENETRACION							
	40 - 50		60 - 70		85 - 100		120 - 150	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Penetración a 25°C, 100g, 5 seg.	40	50	60	70	85	100	120	150
Punto inflamador, ensayo Cleveland, °F	450	---	450	---	450	---	425	---
Ductilidad a 25°C, 5cm, por min,cm	100	---	100	---	100	---	100	---
Solubilidad en tricloroetileno, por ciento	99	---	99	---	99	---	99	---
TFOT, 3.2mm, 163°C, 5horas								
Perdida por calentamiento, por ciento	---	0.8	---	0.8	---	1.0	---	1.3
Perdida por residuo, % del original	58	---	54	---	50	---	46	---
Ductilidad del residuo a 25°C, 5cm, por min,cm	---	---	50	---	75	---	100	---
Ensayo de la mancha	NEGATIVO		NEGATIVO		NEGATIVO		NEGATIVO	

TFOT (Thin Film Oven Test)- Ensayo en horno sobre película delgada

7.1.2 Agregados para Base de Hormigón Asfáltico

La granulometría consiste en separar y clasificar por tamaños los granos de las partículas, por medio de tamices con el fin de clasificar los suelos gruesos y verificar que cumplan con las especificaciones para hormigones, carreteras, aeropuertos, etc.

Esta será comprobada mediante el ensayo INEN 696, que se efectuará sobre muestras que se tomarán periódicamente de los acopios de existencia, de las tolvas de recepción en caliente y de la mezcla asfáltica preparada, para asegurar que se encuentre dentro de las tolerancias establecidas para la fórmula maestra de obra.

Los agregados que se emplearán en una base de hormigón asfáltico en planta podrán estar constituidos por partículas de piedra triturada, grava triturada, grava o piedra natural, arena, etc., de tal manera que cumplan los requisitos de graduación que se establecen en la TABLA 7.1.2.1 y se clasifican en “A”, “B”, “C”. Los agregados estarán compuestos en todos los casos por fragmentos limpios, sólidos y resistentes, de uniformidad razonable, exentos de polvo, arcilla u otras materias extrañas.

- a) **Agregados tipo A:** Son aquellos en los cuales todas las partículas que forman el agregado grueso se obtienen por trituración. El agregado fino puede ser arena natural o material triturado y, de requerirse, se puede añadir relleno mineral para cumplir las exigencias de graduación antes mencionadas. Este relleno mineral puede ser inclusive cemento Portland, si así se establece para la obra.

- b) **Agregados tipo B:** Son aquellos en los cuales por lo menos el 50% de las partículas que forman el agregado grueso se obtienen por trituración. El agregado fino y el relleno mineral pueden ser triturados o provenientes de depósitos naturales, según la disponibilidad de dichos materiales en la zona del proyecto.
- c) **Agregados tipo C:** Los agregados tipo C para hormigón asfáltico son aquellos provenientes de depósitos naturales o de trituración, según las disponibilidades propias de la región, siempre que se haya verificado que la estabilidad, medida en el ensayo de Marshall, se encuentre dentro de los límites fijados en la TABLA 7.1.2.2

TABLA 7.1.2.1 CLASIFICACIÓN DE AGREGADOS PARA BASE ASFÁLTICA

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través los tamices de malla cuadrada		
	A	B	C
2" (50.8 mm.)	100	--	--
1 1/2" (38.1 mm.)	90 - 100	100	--
1" (25.4 mm.)	--	90 - 100	100
3/4" (19.0 mm.)	56 - 80	--	90 - 100
1/2" (12.5 mm.)	--	56 - 80	--
3/8" (9.5 mm.)	--	--	56 - 80
Nº 4 (4.75 mm.)	23 - 53	29 - 59	35 - 65
Nº 8 (2.36 mm.)	15 - 41	19 - 45	23 - 49
Nº 50 (0.30 mm.)	4 - 16	5 - 17	5 - 19
Nº 200 (0.075 mm.)	0 - 6	1 - 7	2 - 8

TABLA 7.1.2.2 VERIFICACIÓN PARA USO DE AGREGADO TIPO C

Ensayos de acuerdo al método Marshall	TRAFICO					
	PESADO		MEDIO		LIVIANO	
	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
Nº GOLPES	75		50		35	
Estabilidad (libras)	1.800	----	1.200	----	750	----
Flujo (pulg/100)	8	16	8	18	8	20
% vacíos con aire						
Carpeta	3	5	3	5	3	5
Base	3	8	3	8	3	8

Los agregados serán fragmentos limpios, resistentes y duros, libres de materia vegetal y de exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables, así como de material mineral cubierto de arcilla u otro material inconvenientes. Se utilizarán agregados completamente secos y de no poder cumplirse esto, se instalarán dos secadores en serie, de tal forma que cuando se termine la operación de mezclado, la humedad de los agregados no exceda de 1%.

7.1.2.1 Límites de Atterberg, Abrasión de los Ángeles

Los **Límites de Atterberg** son las fronteras que se utilizan para definir los 4 estados por los que pasan los suelos finos: Líquido, plástico, semi solido y solido; y se los identifica por el contenido de agua en la mezcla al momento del cambio de estado.

La plasticidad es la propiedad de los materiales por la cual es capaz de soportar deformaciones rápidas sin romperse, agrietarse, producir rebote elástico, ni variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse. El agregado utilizado en una base de hormigón asfáltico, deberá pasar el tamiz n°40, incluyendo el relleno mineral, y carecerá de plasticidad o tendrá un índice de plasticidad menor de 4, según lo establecido en las Normas INEN 691 y 692.

El **ensayo de abrasión** de los Ángeles mide la degradación de los agregados gruesos (menores a 1 ½ pulg.) resultante de la combinación de varias acciones como abrasión, impacto y fricción de las esferas dentro de la máquina de los ángeles. El número de esferas varía según la graduación del material a ser ensayado. Los agregados gruesos utilizados en una base asfáltica no deberán tener un desgaste mayor de 40% luego de 500 revoluciones de la máquina de los Ángeles, cuando sean ensayados a la abrasión, según la norma INEN 860.

El agregado no debe experimentar desintegración ni pérdida total mayor del 12%, cuando se lo someta a 5 ciclos de inmersión y lavado con sulfato de sodio, en la prueba de durabilidad, como lo dispone la NORMA INEN 863, salvo que las especificaciones especiales indiquen otra cosa.

Los agregados serán de características tales que, al ser impregnados con material bituminoso, más de un 95% de este material bituminoso permanezca impregnando las partículas, después de realizado el ensayo de resistencia a la peladura, según la Norma AASHTO T-182.

El máximo porcentaje en peso de partículas alargadas y achatadas retenidas en el tamiz INEN 4.75mm cuya relación entre las dimensiones máximas y mínimas mayor que 5, no deberá ser mayor de un 10% según la Norma ASTM D4791. El máximo porcentaje de materiales deletéreos en los agregados es de 1% en peso según la Norma ASTM C142.

7.1.3 Tolerancia de la Mezcla

Las muestras de Base de Hormigón asfáltico serán tomadas de la mezcla preparada de acuerdo con la fórmula maestra de obra, y sometidas a los ensayos según el método Marshall.

El hormigón asfáltico que se produzca en la planta deberá cumplir con la fórmula maestra, dentro de las siguientes tolerancias:

TOLERANCIAS PARA LA MEZCLA ASFALTICA	
Peso de los agregados secos que pasen el tamiz de 1/2" y mayores	±8%.
Peso de los agregados que pasen los tamices de 3/8" y N° 4	±7%.
Peso de los agregados secos que pasen los tamices N° 8 y N° 16	±6%.
Peso de los agregados secos que pasen el tamiz N° 30 y N°50	±5%.
Peso de los agregados que pasen el tamiz N° 100	±4%.
Peso de los agregados que pasen el tamiz N° 200	±3%.
Dosificación del material asfáltico en peso	±0.3%.
Temperatura de la mezcla al salir de la mezcladora	±10°C.
Temperatura de la mezcla al colocarla en el sitio	±10°C.

Las mezclas asfálticas a emplearse en capas de rodadura para vías de tráfico pesado y muy pesado deberán cumplir que la relación entre el porcentaje en peso del agregado pasante del tamiz INEN 75micrones y el contenido de asfalto en porcentaje en peso del total de la mezcla (relación filler/betún), sea mayor o igual a 0,8 y nunca superior a 1,2.

Las mezclas asfálticas de Granulometría cerrada (densa) y semicerrada deberán cumplir con los requisitos especificados en la tabla. 7.1.3.1. Las mezclas asfálticas de Granulometría Abierta deben cumplir los mismos requisitos de estabilidad y flujo Marshall establecidos para mezclas anteriores

TABLA 7.1.3.1 TRAFICO EXISTENTE - CRITERIO MARSHALL A CUMPLIR

TIPO DE TRAFICO	MUY PESADO		PESADO		MEDIO		LIVIANO	
CRITERIOS MARSHALL	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Nº de golpes/cara	75		75		50		50	
Estabilidad (libras)	2200	----	1800	----	1200	----	1000	2400
Flujo (pulgada/100)	8	14	8	14	8	14	8	14
% de vacios en mezcla								
Capa de Rodadura	3	5	3	5	3	5	3	5
Capa intermedia	3	8	3	8	3	8	3	8
Capa de Base	3	9	3	9	3	9	3	9
% Vacios agregados								
Relacion filler/betún	0.8	1.2	0.8	1.2				
% Estabilidad retenida luego 7 días en agua temperatura ambiente								
Capa de Rodadura	70	----	70	----				
Intermedia o base	60	----	60	----				

El Fiscalizador rechazará todas las mezclas heterogéneas, sobrecalentadas o carbonizadas, todas las que tengan espuma o presenten indicios de humedad y todas aquellas en que la envoltura de los agregados con el asfalto no sea perfecta.

7.1.4 Compactación de la Mezcla

El espesor de la capa terminada de Base asfáltico no deberá variar en más de 6 mm de lo especificado en una obra; sin embargo, el promedio de los

espesores medidos, en ningún caso será menor que el espesor establecido en el contrato.

Las cotas de la superficie terminada no deberán variar en más de un centímetro de las cotas establecidas en los planos. La pendiente transversal de la superficie deberá ser uniforme y lisa, y en ningún sitio tendrá una desviación mayor a 6 mm con el perfil establecido.

Concluida la compactación de la Base asfáltica, el Fiscalizador deberá comprobar los espesores, la densidad de la mezcla y su composición, a intervalos de 500 a 800 metros lineales en sitios elegidos al azar, a los lados del eje del camino, mediante extracción de muestras; o a criterio del fiscalizador según la longitud de la carretera.

Cuando las mediciones de comprobación indicadas señalen para el espesor una variación mayor que la especificada arriba, o cuando el ensayo de densidad indique un valor inferior **al 97% de la densidad máxima** establecida en el laboratorio, o cuando la composición de la mezcla no se encuentre dentro de las tolerancias admitidas, el Fiscalizador efectuará las mediciones adicionales necesarias para definir con precisión el área de la zona deficiente.

En caso de encontrarse sectores inaceptables, tanto en espesor como en composición o en densidad, se deberá reconstruir completamente el área afectada, y de acuerdo con las instrucciones del Fiscalizador.

7.2. DESCRIPCION DEL DISEÑO DE LA FORMULA MAESTRA PARA LA ELABORACIÓN DE LA BASE DE HORMIGON ASFALTICO.

El objetivo principal de la fórmula maestra consiste en obtener una mezcla de agregados y cementos asfálticos, en proporciones ideales que origine un producto económico y que a la vez satisfaga las exigencias estructurales que genere el tráfico vehicular, la misma que será utilizada como base asfáltica en la vía.

La fórmula maestra establecerá:

- Las cantidades de las diversas fracciones definidas para los agregados;
- El porcentaje de material asfáltico para la dosificación, en relación al peso total de todos los agregados, inclusive el relleno mineral y aditivos para el asfalto si se los utilizare;
- La temperatura que deberá tener el hormigón al salir de la mezcladora, y
- La temperatura que deberá tener la mezcla al colocarla en sitio.

7.2.1. Agregados a utilizarse en la Mezcla

Los agregados empleados en el diseño de la mezcla de base de Hormigón asfáltico, son obtenidos en la Cantera Basáltica de Picoazá, aprobados por el Ministerio de Obras Publicas para todo su uso.

Para la granulometría de la mezcla intervienen dos tipos de agregados:

Un Material conocido como Ripio No. 7, compuesto de 45% de agregados grueso pasante 1^{1/2}" al No.4. Un material conocido como Dren, compuesto del 55% de agregado pasante 3/8" al #200.

De esta manera se obtiene una granulometría que cumple las condiciones del agregado tipo B estipuladas en la sección 7.1.2 Tabla 7.1.2.1 de la presente tesina guiada del Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes MTOP-001-F-2002.

7.2.2. Descripción de la Mezcla

El diseño de la mezcla de Base de Hormigón Asfáltico se lo obtiene de probetas de pruebas ensayadas por el método Marshall.

El cemento asfáltico utilizado en este diseño, proviene de la refinería estatal de Esmeraldas, cuyo peso específico es de 1.010 y de penetración 85-100.

Según el estudio que se realizó para la obra se determinó que el porcentaje óptimo de asfalto en la mezcla es de 5.58%.

La Densidad Bulk es el promedio de los pesos específicos que se toman a las probetas de una mezcla asfáltica que contengan el mismo porcentaje de asfalto, descartando las que se alejan del promedio. Para este porcentaje de asfalto se ha obtenido una Densidad Bulk promedio de 2.163 gr/cm³.

El ensayo de **estabilidad Marshall** está dirigido a medir la resistencia a la deformación de la mezcla. Es una medida de la carga bajo la cual una probeta cede o falla totalmente. Para esta mezcla se determinó que el valor de Estabilidad Marshall es de 2.201 lb

El ensayo de **fluencia Marshall** mide la deformación, bajo carga, que ocurre en la mezcla. Es medida en centésimas de pulgada y representa la deformación de la briqueta. Su valor para la mezcla debe ser de 13 pulg/100

Los vacíos son pequeñas bolsas de aire que se encuentran entre las partículas de agregado revestidas de asfalto. El **análisis de vacíos** tiene como propósito conocer el porcentaje de vacíos en la mezcla compactada. Para esta mezcla el porcentaje de vacíos es de 5.96%,

Los vacíos en el agregado mineral (**VMA**) están definidos por el espacio intergranular de vacíos que se encuentra entre las partículas de agregados de la mezcla de pavimento compactado, incluyendo los vacíos de aire y el contenido efectivo de asfalto. Para esta mezcla el porcentaje de Vacíos de agregados (VMA) es de 16.1%

Los vacíos llenos de asfaltos (**VFA**), son el porcentaje de vacíos intergranulares entre las partículas de agregados (VMA) que se encuentran llenos de asfalto. También se conoce como relación bitumen-vacíos o betún-vacíos. Para esta mezcla el porcentaje de Vacíos Llenos de Asfalto (VFA) es de 68%,

La **Temperatura de la mezcla asfáltica** al salir de la planta debe ser de 150 °C, al llegar a la obra mayor que 120 °C y la temperatura de compactación entre 100-110 °C.

El Peso específico máximo de la mezcla asfáltica será dado por el ensayo Rice ASTM 2041 (Esta norma describe la determinación de la Gravedad y Densidad teórica máxima de las mezclas asfálticas no compactadas a una temperatura de 25°C.) y deberá ser de 2.300 gr/cm³ (5.58% de C.A)

A continuación se muestran las curvas de diseño de la mezcla Asfáltica.

CURVA DENSIDAD DE PROBETA VS. PORCENTAJE DE ASFALTO

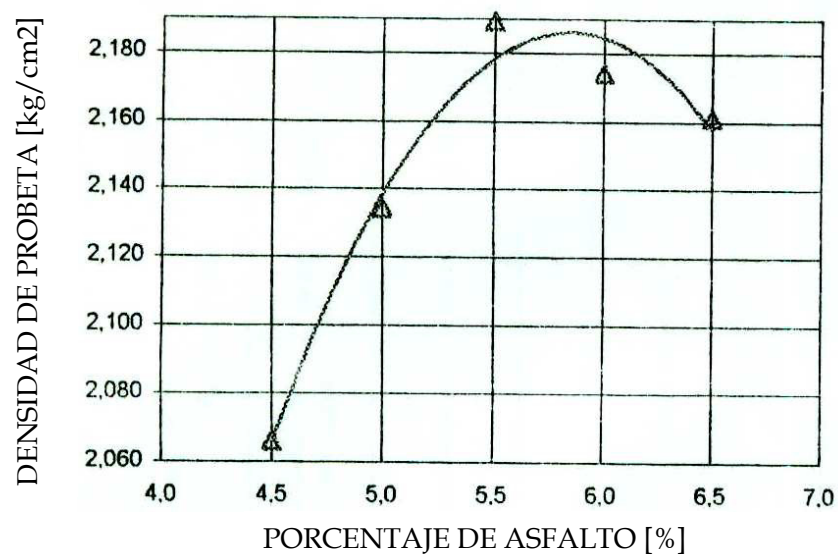


Fig. 7.2.2.1 – Curva de diseño de la densidad de la probeta

CURVA FLUENCIA VS. PORCENTAJE DE ASFALTO

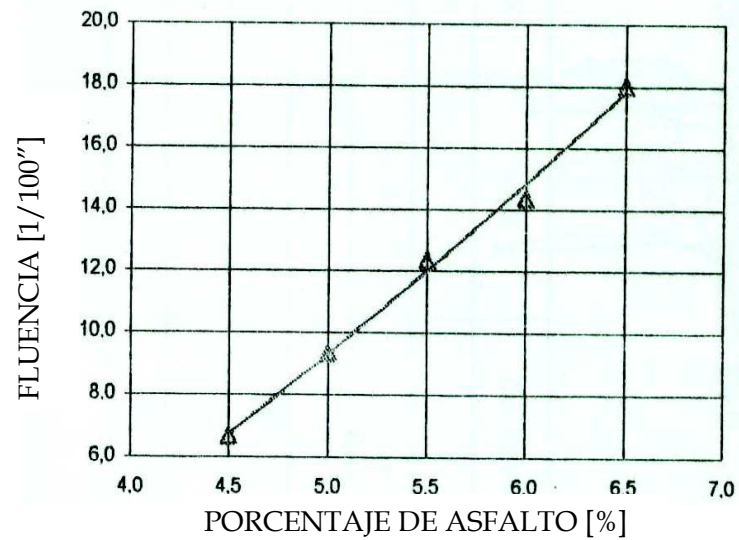


Fig. 7.2.2.2 – Curva de diseño de la Fluencia

CURVA ESTABILIDAD VS. PORCENTAJE DE ASFALTO

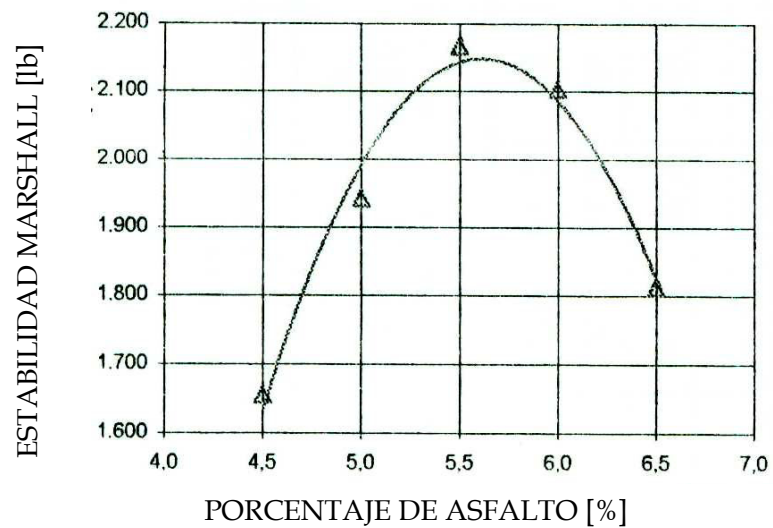


Fig. 7.2.2.3 – Curva de diseño de la Estabilidad

CURVA PORCENTAJE DE VACIOS VS. PORCENTAJE DE ASFALTO

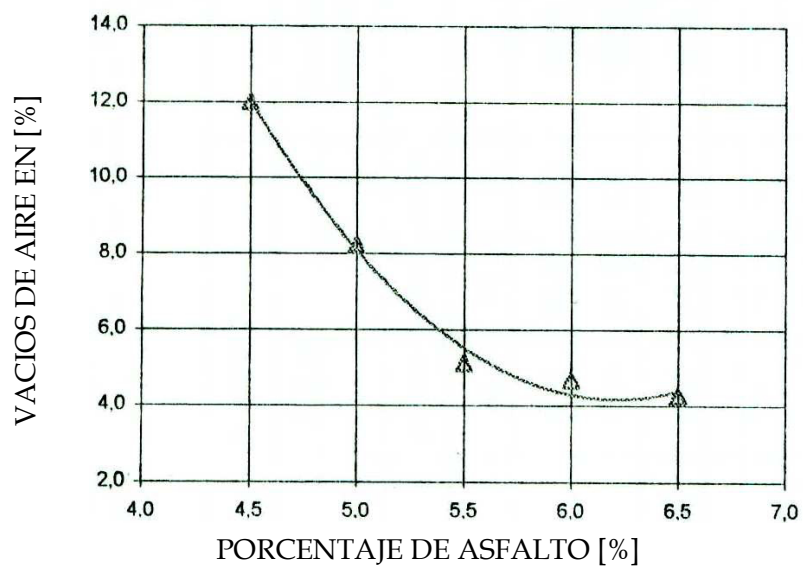


Fig. 7.2.2.3 – Curva de diseño del porcentaje de vacios

CURVA VAM VS. PORCENTAJE DE ASFALTO

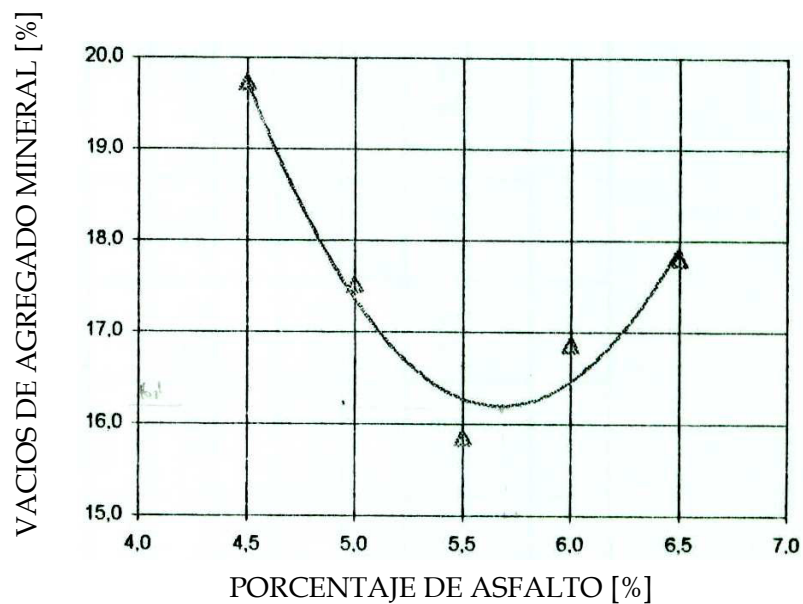


Fig. 7.2.2.4 – Curva de diseño del porcentaje de vacios del agregado mineral

CURVA RELACION BETUN-VACIOS VS. PORCENTAJE DE ASFALTO

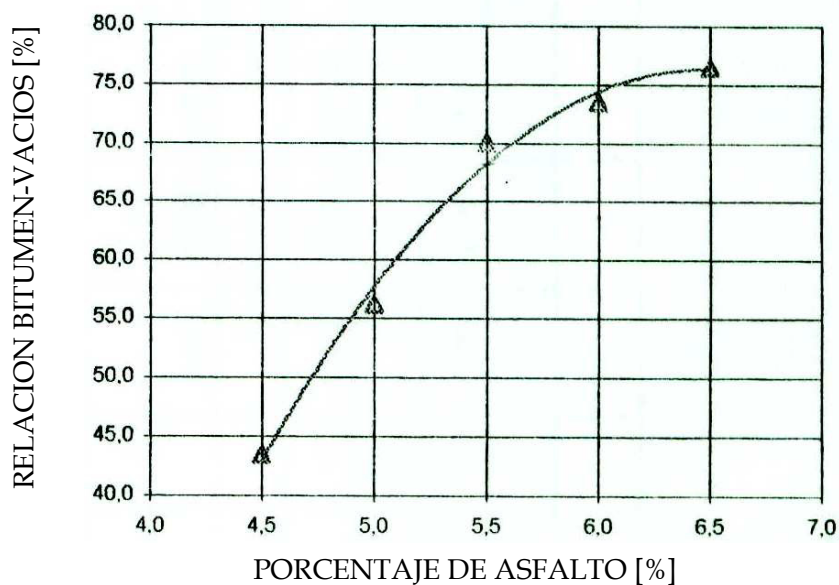


Fig. 7.2.2.5 – Curva de diseño de la relación betún-vacios

7.3. CONTROL DE CALIDAD DE LA MEZCLA DE BASE DE HORMIGON ASFALTICO EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO

7.3.1 Control en Planta de la Mezcla de Base de Hormigón Asfáltico

El control de calidad para un material de Base de Hormigón Asfáltico en planta es de gran importancia (Ver Anexo 4), pero nuestra tesina no se enfoca en este tema, aun así nombraremos algunos puntos importantes a realizarse en este control.

Entre los controles a realizarse en Planta tendremos:

- a) Verificar que el tipo de agregado que se está utilizando cumple con la granulometría indicada en el diseño y demás parámetros nombrados en la sección 7.1.2. (Ver Anexo 4.1)
- b) Verificar la temperatura de la mezcla en Planta, antes de ser transportada. (Ver Anexo 4.1)
- c) Tomar muestra de la mezcla asfáltica y en laboratorio realizar las pruebas de estabilidad, fluencia, porcentaje de vacíos, densidad bulk promedio según el método Marshall.

7.3.2 Control en Obra de la Mezcla de Base de Hormigón Asfáltico

7.3.2.1 Control de la Mezcla Transportada a obra

El material de Base de Hormigón Asfáltico transportado a obra proviene de la Planta Asfáltica ubicada en la zona de Picoazá, Cantón Portoviejo (Ver Anexo 4.1). Según el diseño nombrado en la sección 7.2.1 el agregado a utilizarse va a cumplir las condiciones de la clasificación tipo B (Tabla 7.3.2.1.1), y será mezclado con cemento asfáltico de penetración 85-100. El proceso de mezclado es en caliente; es decir tanto el asfalto como el agregado deben ser calentados antes de ser combinados en el mezclador. Se calienta el asfalto para darle

suficiente fluidez y el agregado para que este lo suficiente seco y caliente tal que pueda producir una mezcla final a la temperatura deseada.

TABLA 7.3.2.1.1 AGREGADO UTILIZADO EN LA MEZCLA DE BASE DE HORMIGON ASFÁLTICO

TAMIZ	PORCENTAJE EN PESO QUE PASA A TRAVES DE LOS TAMICES DE MALLA CUADRADA
	TIPO B
2" (50.8 mm.)	--
1 1/2" (38.1 mm.)	100
1" (25.4 mm.)	90 - 100
3/4" (19.0 mm.)	--
1/2" (12.5 mm.)	56 - 80
3/8" (9.5 mm.)	--
Nº 4 (4.75 mm.)	29 - 59
Nº 8 (2.36 mm.)	19 - 45
Nº 50 (0.30 mm.)	5 - 17
Nº 200 (0.075 mm.)	1 - 7

Obtenida la mezcla en planta, antes de ser transportada a obra se debe verificar la temperatura de salida y las propiedades de la mezcla. Así mismo al llegar a la obra se debe verificar la temperatura de llegada y las propiedades de la mezcla compactada (sección 7.3.2.2). Para conocer la temperatura de la mezcla en obra utilizamos un Termómetro de campo de cuadrante y vástago acorazado (Figura 7.3.2.1.1) el cual se introduce en la mezcla asfáltica. El valor de temperatura que la mezcla debe tener al llegar a obra debe ser mayor a 120 °C según el diseño.



Figura 7.3.2.1.1 – TERMÓMETRO DE CAMPO

Para comprobar la temperatura de la mezcla en la obra se ha tomado datos a diferentes abscisas en los días 23 de Enero del 2010 y 4 de Febrero del 2010. Los resultados obtenidos se mostrarán en las tablas 7.3.2.1.2 y 7.3.2.1.3

TABLA 7.3.2.1.2 - CONTROL EN OBRA DE LA TEMPERATURA DE LA MEZCLA DE HORMIGON ASFALTICO

FECHA: SABADO 23 DE ENERO DEL 2010
CALZADA IZQUIERDA – FRANJA DERECHA

VIAJE NO	ABSCISAS		°C	OBSERVACIONES
	DESDE	HASTA		Temperatura Diseño: >120 °C
1	10+200	10+220	130	Adecuado
2	10+220	10+240	128	Adecuado
3	10+240	10+267	122	Adecuado
4	10+267	10+290	130	Adecuado
5	10+290	10+308	126	Adecuado
6	10+308	10+324	115	Adecuado
7	10+324	10+340	100	Adecuado
8	10+340	10+368	110	Adecuado

TABLA 7.3.2.1.3 - CONTROL EN OBRA DE LA TEMPERATURA DE LA MEZCLA DE HORMIGON ASFALTICO

**FECHA: JUEVES 4 DE FEBRERO DEL 2010
CALZADA DERECHA – FRANJA IZQUIERDA**

VIAJE No	ABSCISAS		°C	OBSERVACIONES
	DESDE	HASTA		Temperatura Diseño: >120 °C
1	0+080	0+107	135	Adecuado
2	0+107	0+137	130	Adecuado
3	0+137	0+158	130	Adecuado
4	0+158	0+178	128	Adecuado
5	0+178	0+200	128	Adecuado
6	0+200	0+215	130	Adecuado
7	0+215	0+233	125	Adecuado
8	0+233	0+253	130	Adecuado

Como conclusión de estas tablas podemos indicar que la mezcla asfáltica transportada a obra llega con una temperatura adecuada; a excepción de los viajes 6,7 y 8 de la tabla 7.3.2.1.2 valores que no se encuentran dentro del rango especificado, debido a que desde planta debió salir con una temperatura menor a la adecuada.

Las temperaturas bajas de una mezcla, pueden ocasionar problemas, debido a que mientras más baja sea la temperatura, la mezcla tenderá a endurecerse hasta llegar al punto que se solidifique, no permitiendo que el rodillo compacte la mezcla. Para evitar esto, una vez que se conoce que la mezcla transportada a obra tiene una temperatura menor a los 120°C, pero no inferior a los 100°C (temperatura de compactación), se procede a la inmediata colocación y

compactación. En mezclas transportadas a obra inferiores a los 100°C el rodillo no podrá cumplir con su función de compactar la mezcla por lo que en estos casos se rechaza el material.

7.3.2.2 Control de la mezcla compactada

Una vez que se controla la temperatura transportada a obra y esta cumple con el rango especificado, se procede a colocarla utilizando la terminadora de asfalto o también llamada Finisher (Ver Anexo 4.2 y 4.3).

En el proceso de colocación se debe controlar el espesor de la capa, su largo y ancho. El espesor de la capa terminada según el diseño es de 0.10 m. Para llegar a este valor al inicio de la obra se realiza una banca de prueba colocando capas de concreto asfáltico de diferentes espesores las cuales se compactan con un rodillo liso doble tándem (Anexo 4.2 fig. 4.2.4). De esta manera se determina que se debe colocar 0.13 m de mezcla y con 6 a 8 pasadas del rodillo se obtiene el espesor de la capa terminada con un error tolerable de hasta 6 mm según las especificaciones. Como en la presente tesina nos enfocamos en hacer el control de calidad del material, no profundizamos en esta etapa de la colocación.

Después de haber colocado la mezcla en el sitio se procede a tomar la temperatura para verificar que esta cumpla con la diseñada.

La temperatura de compactación de la mezcla según el diseño está entre 100-110°C, pero al inicio de la obra se realiza una banca de prueba en la cual se puede determinar la temperatura adecuada para que el rodillo al momento de compactar no deforme la mezcla. El valor obtenido de esta banca de prueba nos indica que la mezcla debe estar entre 100-105°C.

Una vez que la mezcla ha alcanzado la temperatura adecuada se procede a realizar la compactación. Concluida esta se debe comprobar la composición de la mezcla y su grado de compactación, a intervalos de 500 a 800 metros lineales en sitios elegidos al azar, a los lados del eje del camino, mediante extracción de muestras.

La composición de la mezcla se verifica realizando ensayos en laboratorio de probetas tomadas a la mezcla compactada utilizando el Método Marshall. Los valores obtenidos en estos ensayos deben ser similares al diseño o estar entre el rango de tolerancia que nos indica las especificaciones y que aparte podemos encontrar en esta tesina en la sección 7.1.3. En la tabla 7.3.2.2.1 se muestra un resumen de los ensayos y su rango de tolerancia.

Para comprobar la composición de la mezcla en obra se ha tomado diferentes briquetas a la mezcla compactada y se ha realizado los ensayos mostrados en la tabla 7.3.2.2.1 obteniendo los siguientes resultados detallados en la tabla 7.3.2.2.2.

TABLA 7.3.2.2.1 RESUMEN DE ENSAYOS PARA MEZCLA ASFALTICA

ENSAYOS	DISEÑO	RANGOS	
		MIN	MAX
ESTABILIDAD (lb)	2201	1800	-----
FLUENCIA (pulg/100)	13	8	14
% VACIOS	5,96	3	8
% ASFALTO	5,58	4,8	6,0

TABLA 7.3.2.2.2 CONTROL EN OBRA DE LA COMPOSICION DE LA MEZCLA

MUESTRA ABSCISAS	CAMPO				OBSERVACIONES			
	ESTABILIDAD MARSHALL	FLUENCIA MARSHALL	% VACIOS	% ASFALTO	ESTABILIDAD MARSHALL	FLUENCIA MARSHALL	% VACIOS	% ASFALTO
11+000	2173	10,62	6,98	5,30	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
11+500	2195	11,00	6,03	5,40	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
12+000	2133	10,04	8,69	5,00	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
12+500	2273	10,48	5,69	5,41	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
13+000	2235	12,17	5,49	5,57	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
13+500	2191	12,05	6,96	5,58	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
5+500	2155	9,63	8,33	5,17	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
6+000	2223	10,18	6,81	5,33	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
6+500	2259	10,04	6,47	5,44	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
7+000	2216	10,27	5,89	5,30	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
7+500	2247	12,31	5,80	5,63	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
8+000	1663	8,03	10,14	4,83	No Adecuado	No Adecuado	No Adecuado	No Adecuado
8+500	2204	13,45	5,21	5,87	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
9+000	2238	10,51	6,76	5,32	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado

Para el análisis de la tabla 7.3.2.2.2 nos hemos guiado de las curvas de diseño y de los rangos establecidos en la tabla 7.3.2.2.1; los que nos han ayudado para comparar los resultados obtenidos con los valores óptimos para la mezcla. De esta manera concluimos que los valores del porcentaje de vacíos que se encuentran al límite del rango de diseño no afectan la composición de la mezcla debido a que el contenido de cemento asfáltico, estabilidad y fluencia son satisfactorios, los que nos indican que la mezcla bajo cargas va a resistir las deformaciones, va a ser poco permeable y durable. La mezcla va a tener una durabilidad y poca permeabilidad, ya que al contener una cantidad adecuada de asfalto, esta sellará eficazmente un gran porcentaje de vacíos interconectados en el pavimento, haciendo difícil la penetración del aire y del agua. Por estos motivos se aprueba el material compactado.

Por otra parte la muestra de la abscisa 8+000, contiene una baja estabilidad, fluencia y contenido de asfalto, con un gran porcentaje de vacíos. Lo que nos indica que la mezcla no va a resistir las deformaciones y va a ser permeable. Por tal motivo la muestra tomada en la abscisa 8+000 no es la adecuada para utilizarse como base asfáltica, por lo que se debe retirar los alrededores de esta abscisa, es decir la mitad entre las abscisas 7+500 - 8+000 y 8+000 - 8+500 y en su lugar colocar una nueva mezcla la cual cumpla con las especificaciones.

Una vez que se ha asegurado que la composición de la mezcla compactada es la adecuada podemos continuar a comprobar su grado de compactación. Para esto se procede a hacer ensayos de densidad de campo buscando obtener un 97% de compactación en el material.

Para controlar el grado de compactación de la mezcla, se ha tomado pruebas en diferentes abscisas de los días 19 de Marzo y 29 de abril del 2010, empleando un Densímetro nuclear Marca -TROXLER 3440.

Los resultados obtenidos en de los días 19 de Marzo y 29 de abril del 2010, se muestran respectivamente en las tablas 7.3.2.2.3 y 7.3.2.2.4

TABLA 7.3.2.2.3 - REPORTE DE DENSIDAD DE CAMPO PARA EL CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE BASE DE HORMIGON ASFALTICO

FECHA: VIERNES 19 DE MARZO DEL 2010

ABSCISAS	FAJA	CALZADA	DENSIDAD DE CAMPO	DENSIDAD BULK	OBSERVACIONES	
					PRUEBA DE CAMPO	MTOP >97%
5+380	CENTRO	IZQUIERDA	2252	2258	99,70	Adecuado
5+400	CENTRO	DERECHA	2232	2258	98,80	Adecuado
5+400	IZQUIERDA	IZQUIERDA	2252	2258	99,70	Adecuado
5+480	DERECHA	IZQUIERDA	2196	2258	97,20	Adecuado
5+480	DERECHA	DERECHA	2196	2258	97,20	Adecuado
5+560	IZQUIERDA	DERECHA	2253	2258	99,80	Adecuado
5+560	IZQUIERDA	IZQUIERDA	2279	2258	100,90	Adecuado
5+620	CENTRO	IZQUIERDA	2196	2258	97,20	Adecuado
5+620	CENTRO	DERECHA	2216	2258	98,10	Adecuado

TABLA 7.3.2.2.4 - REPORTE DE DENSIDAD DE CAMPO PARA EL CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE BASE DE HORMIGON ASFALTICO

FECHA: JUEVES 29 DE ABRIL DEL 2010

ABSCISAS	FAJA	CALZADA	DENSIDAD DE CAMPO	DENSIDAD BULK	GRADO DE COMPACTACION	
					PRUEBA DE CAMPO	MTOP >97%
13+400	IZQUIERDA	DERECHA	2248	2259	99,50	Adecuado
13+450	IZQUIERDA	DERECHA	2311	2259	102,30	Adecuado
13+500	IZQUIERDA	DERECHA	2441	2259	108,10	No Adecuado
13+400	DERECHA	IZQUIERDA	2374	2259	105,10	Adecuado
13+450	DERECHA	IZQUIERDA	2400	2259	106,20	No Adecuado
13+500	DERECHA	IZQUIERDA	2273	2259	100,60	Adecuado
13+400	IZQUIERDA	IZQUIERDA	2289	2259	101,30	Adecuado
13+450	IZQUIERDA	IZQUIERDA	2498	2259	110,60	No Adecuado
13+500	IZQUIERDA	IZQUIERDA	2188	2259	96,90	Adecuado

Como se observan en las tablas 7.3.2.2.3 y 7.3.2.2.4 podemos indicar que el grado de compactación varía a lo especificado en las normas, esto se debe a los siguientes motivos:

1. Cada cierto tramo como indique el Ing. Fiscalizador, se toma muestras para obtener la densidad Bulk de la mezcla, la que se asume constante hasta la siguiente toma de muestra. Alterando el grado de compactación debido a que no siempre este valor va a ser el indicado a lo largo del

tramo, debido a la heterogeneidad de los materiales, factores externos como humedad, temperatura.

2. El valor de densidad bulk obtenido en el ensayo de compactación representa el 100% de compactación por lo que al momento de realizar el ensayo de densidad de campo los valores van a tender al 100%.

Analizado el motivo por el cual los valores de las tablas 7.3.2.2.3 y 7.3.2.2.4 se encuentran superiores al 97% de su grado de compactación estipulado en las normas, podemos indicar que en su mayoría este material se encuentra adecuadamente compactado.

Para algunas abscisas de la tabla 7.3.2.2.4 el grado de compactación sobrepasa el 105%, cuando se pasa en más del 5% del valor de compactación máxima hay la probabilidad de que la mezcla este sobre compactada lo que alteraría la granulometría, en este caso se considera que la densidad bulk puede ser que no represente a la mezcla que se está analizando, por lo que se procede a extraer una muestra del material sobre compactado en dicha abscisa y se lleva al laboratorio donde se obtiene como resultado un nuevo valor de la densidad el cual es comparada con la obtenida en campo dándonos así el nuevo valor de compactación en está abscisa. Los resultados se muestran en la tabla 7.3.2.2.5.

TABLA 7.3.2.2.5 - REPORTE DE DENSIDAD DE CAMPO PARA EL CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE BASE DE HORMIGON ASFALTICO

ABSCISAS	FAJA	CALZADA	DENSIDAD SECA	NUEVA DENSIDAD Bulk	GRADO DE COMPACTACION	
					PRUEBA	MTOP 97%
13+500	IZQUIERDA	DERECHA	2441	2377	102,70	Adecuado
13+450	DERECHA	IZQUIERDA	2400	2363	101,60	Adecuado
13+450	IZQUIERDA	IZQUIERDA	2498	2398	104,20	Adecuado

En caso de que hubiera estado el material con un grado de compactación menor al indicado se deberá compactar el material según como lo indique el Ing. Fiscalizador hasta obtener el grado de compactación adecuado. Por otro lado si el material hubiera estado sobre-compactado se tendría que retirar todo el material debido a que por su exagerada compactación alteraría sus propiedades granulométricas.

CAPÍTULO 8.

CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE CARPETA ASFÁLTICA

El control de calidad en obra que se debe realizar al material de carpeta de hormigón asfáltico se divide en dos etapas:

- Mezcla Transportada a Obra y
- Mezcla compactada.

No se va a analizar el control de calidad en la fuente del material debido a que este proviene de una planta asfáltica, lo que incluiría nuevos análisis, los cuales no se enfocarían en nuestro tema de tesis el que es controlar la calidad del material en obra, aun así se dará un breve análisis en la sección 8.3.1.

8.1. NORMAS Y PARAMETROS

Este trabajo consistirá en el control de la mezcla de una carpeta de hormigón asfáltico en caliente mezclado en planta central, colocadas sobre una sub-base o base previamente preparada y aceptada.

El material utilizado como Carpeta Asfáltica deberá cumplir con las “Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes” del Ministerio de Transporte y Obras Publicas Tomo I, sección 405. 405-5; y Tomo II, sección 811. 811-2.

8.1.1. Cemento Asfáltico

Los cementos asfálticos son residuos de la destilación del petróleo y se caracterizan por permanecer en estado semisólido a la temperatura del ambiente. Se distinguen entre sí por su grado de penetración, en la tabla 8.1.1.1 mostraremos los siguientes tipos:

TABLA 8.1.1.1. TIPOS DE CEMENTOS ASFALTICOS

TIPOS	Penetración a 25°C en decimas de mm. Con aguja standard
1	40 – 50
2	50 – 60
3	60 – 70
4	70 – 85
5	85 – 100
6	100 – 120
7	120 – 150
8	150 - 200

Valores mayores a los de la tabla 8.1.1.1 se consideran asfaltos líquidos. El ensayo de penetración determina la dureza de un cemento asfáltico por consiguiente cuando más blando sea, mayor será su penetración.

Todos los cementos asfálticos son tan viscosos a bajas temperaturas que ambos, agregados y ligantes, deben calentarse antes de mezclarlos. Los cementos asfálticos mezclados con agregados forman el hormigón asfáltico, empleado en pavimentos, en las capas de rodadura o base.

El tipo y grado del material asfáltico que deberá emplearse en una mezcla estará determinado en las especificaciones técnicas de un contrato y será mayormente cemento asfáltico con un grado de penetración 60 - 70. En caso de vías que serán sometidas a un tráfico liviano o medio se permitirá el empleo de cemento asfáltico 85 – 100. Para vías o carriles especiales donde se espere el paso de un tráfico muy pesado, se admitirá el empleo de cementos asfálticos mejorados. El cemento asfáltico que se utilice deberá cumplir con los requisitos de calidad señalados en la tabla 8.1.1.2.

TABLA 8.1.1.2. – REQUISITOS DE CALIDAD DEL CEMENTO ASFÁLTICO

ENSAYOS	GRADO DE PENETRACION							
	40 - 50		60 - 70		85 - 100		120 - 150	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Penetración a 25°C, 100g, 5 seg.	40	50	60	70	85	100	120	150
Punto inflamador, ensayo Cleveland, °F	450	---	450	---	450	---	425	---
Ductilidad a 25°C, 5cm, por min,cm	100	---	100	---	100	---	100	---
Solubilidad en tricloroetileno, por ciento	99	---	99	---	99	---	99	---
TFOT, 3.2mm, 163°C, 5horas								
Perdida por calentamiento, por ciento	---	0.8	---	0.8	---	1.0	---	1.3
Perdida por residuo, % del original	58	---	54	---	50	---	46	---
Ductilidad del residuo a 25°C, 5cm, por min,cm	---	---	50	---	75	---	100	---
Ensayo de la mancha	NEGATIVO		NEGATIVO		NEGATIVO		NEGATIVO	

TFOT (Thin Film Oven Test)- Ensayo en horno sobre película delgada

8.1.2 Agregados para Hormigón Asfáltico

La granulometría consiste en separar y clasificar por tamaños los granos de las partículas, por medio de tamices con el fin de clasificar los suelos gruesos y verificar que cumplan con las especificaciones para hormigones, carreteras, aeropuertos, etc.

Esta será comprobada mediante el ensayo INEN 696, que se efectuará sobre muestras que se tomarán periódicamente de los acopios de existencia, de las tolvas de recepción en caliente y de la mezcla asfáltica preparada, para asegurar que se encuentre dentro de las tolerancias establecidas para la fórmula maestra de obra.

Los agregados que se emplearán en el hormigón asfáltico en planta podrán estar constituidos por partículas de piedra triturada, grava triturada, grava o piedra natural, arena, etc., de tal manera que cumplan los requisitos de graduación que se establecen en las TABLAS 8.1.2.1 y 8.1.2.2 y se clasifican en “A”, “B”, “C”. Los agregados estarán compuestos en todos los casos por fragmentos limpios, sólidos y resistentes, de uniformidad razonable, exentos de polvo, arcilla u otras materias extrañas.

- a) **Agregados tipo A:** Son aquellos en los cuales todas las partículas que forman el agregado grueso se obtienen por trituración. El agregado fino puede ser arena natural o material triturado y, de requerirse, se puede añadir relleno mineral para cumplir las exigencias de graduación antes mencionadas. Este relleno mineral puede ser inclusive cemento Portland, si así se establece para la obra.
- b) **Agregados tipo B:** Son aquellos en los cuales por lo menos el 50% de las partículas que forman el agregado grueso se obtienen por trituración.

El agregado fino y el relleno mineral pueden ser triturados o provenientes de depósitos naturales, según la disponibilidad de dichos materiales en la zona del proyecto.

- c) **Agregados tipo C:** Los agregados tipo C para hormigón asfáltico son aquellos provenientes de depósitos naturales o de trituración, según las disponibilidades propias de la región, siempre que se haya verificado que la estabilidad, medida en el ensayo de Marshall, se encuentre dentro de los límites fijados en la TABLA 8.1.2.3

**Tabla 8.1.2.1 - CLASIFICACIÓN DE AGREGADOS PARA HORMIGON
ASFÁLTICO**

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través los tamices de malla cuadrada		
	A	B	C
2" (50.8 mm.)	100	--	--
1 1/2" (38.1 mm.)	90 - 100	100	--
1" (25.4 mm.)	--	90 - 100	100
3/4" (19.0 mm.)	56 - 80	--	90 - 100
1/2" (12.5 mm.)	--	56 - 80	--
3/8" (9.5 mm.)	--	--	56 -80
Nº 4 (4.75 mm.)	23 - 53	29 – 59	35 -65
Nº 8 (2.36 mm.)	15 - 41	19 - 45	23 -49
Nº 50 (0.30 mm.)	4 - 16	5 - 17	5 -19
Nº 200 (0.075 mm.)	0 - 6	1 - 7	2- 8

**Tabla 8.1.2.2 - CLASIFICACIÓN DE AGREGADOS PARA HORMIGÓN
ASFÁLTICO**

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada			
	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4
1" (25.4 mm.)	100	--	--	--
3/4" (19.0 mm.)	90 - 100	100	--	--
1/2" (12.7 mm.)	--	90 - 100	100	--
3/8" (9.50 mm.)	56 - 80	--	90 - 100	100
Nº 4 (4.75 mm.)	35 - 65	44 - 74	55 - 85	80 - 100
Nº 8 (2.36 mm.)	23 - 49	28 - 58	32 - 67	65 - 100
Nº 16 (1.18 mm.)	--	--	--	40 - 80
Nº 30 (0.60 mm.)	--	--	--	25 - 65
Nº 50 (0.30 mm.)	5 - 19	5 - 21	7 - 23	7 - 40
Nº 100 (0.15 mm.)	--	--	--	3 - 20
Nº 200 (0.075 mm.)	2 - 8	2 - 10	2 - 10	2 - 10

TABLA 8.1.2.3 – VERIFICACIÓN PARA USO DE AGREGADO TIPO C

Ensayos de acuerdo al método Marshall	TRAFICO					
	PESADO		MEDIO		LIVIANO	
	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
N0 GOLPES	75		50		35	
Estabilidad (libras)	1.800	----	1.200	----	750	----
Flujo (pulg/100)	8	16	8	18	8	20
% vacios con aire						
Carpeta	3	5	3	5	3	5
Base	3	8	3	8	3	8

Los agregados serán fragmentos limpios, resistentes y duros, libres de materia vegetal y de exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables, así como de material mineral cubierto de arcilla u otro material inconvenientes. Se utilizarán agregados completamente secos y de no poder cumplirse esto, se instalarán dos secadores en serie, de tal forma que cuando se termine la operación de mezclado, la humedad de los agregados no exceda de 1%.

8.1.2.1 Límites de Atterberg, Abrasión de los Ángeles

Los **Límites de Atterberg** son las fronteras que se utilizan para definir los 4 estados por los que pasan los suelos finos: Líquido, plástico, semi sólido y sólido; y se los identifica por el contenido de agua en la mezcla al momento del cambio de estado.

La plasticidad es la propiedad de los materiales por la cual es capaz de soportar deformaciones rápidas sin romperse, agrietarse, producir rebote elástico, ni variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse. El agregado utilizado en una base de hormigón asfáltico, deberá pasar el tamiz n°40, incluyendo el relleno mineral, y carecerá de plasticidad o tendrá un índice de plasticidad menor de 4, según lo establecido en las Normas INEN 691 y 692.

El **ensayo de abrasión** de los Ángeles mide la degradación de los agregados gruesos (menores a 1 ½ pulg.) resultante de la combinación de varias acciones

como abrasión, impacto y fricción de las esferas dentro de la máquina de los ángeles. El número de esferas varía según la graduación del material a ser ensayado. Los agregados gruesos utilizados en una base asfáltica no deberán tener un desgaste mayor de 40% luego de 500 revoluciones de la máquina de los Ángeles, cuando sean ensayados a la abrasión, según la norma INEN 860.

El agregado no debe experimentar desintegración ni pérdida total mayor del 12%, cuando se lo someta a 5 ciclos de inmersión y lavado con sulfato de sodio, en la prueba de durabilidad, como lo dispone la NORMA INEN 863, salvo que las especificaciones especiales indiquen otra cosa.

Los agregados serán de características tales que, al ser impregnados con material bituminoso, más de un 95% de este material bituminoso permanezca impregnando las partículas, después de realizado el ensayo de resistencia a la peladura, según la Norma AASHTO T-182.

El máximo porcentaje en peso de partículas alargadas y achatadas retenidas en el tamiz INEN 4.75mm cuya relación entre las dimensiones máximas y mínimas mayor que 5, no deberá ser mayor de un 10% según la Norma ASTM D4791.

8.1.3 Tolerancia de la Mezcla

Las muestras de hormigón asfáltico serán tomadas de la mezcla preparada de acuerdo con la fórmula maestra de obra, y sometidas a los ensayos según el método Marshall. El hormigón asfáltico que se produzca en la planta deberá cumplir con la fórmula maestra de obra, dentro de las siguientes tolerancias:

TOLERANCIAS PARA LA MEZCLA ASFALTICA	
Peso de los agregados secos que pasen el tamiz de 1/2" y mayores	±8%.
Peso de los agregados que pasen los tamices de 3/8" y N° 4	±7%.
Peso de los agregados secos que pasen los tamices N° 8 y N° 16	±6%.
Peso de los agregados secos que pasen el tamiz N° 30 y N°50	±5%.
Peso de los agregados que pasen el tamiz N° 100	±4%.
Peso de los agregados que pasen el tamiz N° 200	±3%.
Dosificación del material asfaltico en peso	±0.3%.
Temperatura de la mezcla al salir de la mezcladora	±10°C.
Temperatura de la mezcla al colocarla en el sitio	±10°C.

Las mezclas asfálticas a emplearse en capas de rodadura para vías de tráfico pesado y muy pesado deberán cumplir que la relación entre el porcentaje en peso del agregado pasante del tamiz INEN 75micrones y el contenido de asfalto en porcentaje en peso del total de la mezcla (relación filler/betún), sea mayor o igual a 0,8 y nunca superior a 1,2.

Las mezclas asfálticas a emplearse en capas de rodadura para vías de tráfico pesado y muy pesado deberán cumplir que la relación entre el porcentaje en

peso del agregado pasante del tamiz INEN 75micrones y el contenido de asfalto en porcentaje en peso del total de la mezcla (relación filler/betún), sea mayor o igual a 0,8 y nunca superior a 1,2.

Las mezclas asfálticas de Granulometría cerrada (densa) y semicerrada deberán cumplir con los requisitos especificados en la tabla 8.1.3.1. Las mezclas asfálticas de Granulometría Abierta deben cumplir los mismos requisitos de estabilidad y flujo Marshall establecidos para mezclas anteriores

TABLA 8.1.3.1 – REQUISITOS SEGÚN CRITERIO MARSHALL

TIPO DE TRAFICO	MUY PESADO		PESADO		MEDIO		LIVIANO	
CRITERIOS MARSHALL	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Nº de golpes/cara	75		75		50		50	
Estabilidad (libras)	2200	----	1800	----	1200	----	1000	2400
Flujo (pulgada/100)	8	14	8	14	8	14	8	14
% de vacios en mezcla								
Capa de Rodadura	3	5	3	5	3	5	3	5
Capa intermedia	3	8	3	8	3	8	3	8
Capa de Base	3	9	3	9	3	9	3	9
% Vacios agregados								
Relacion filler/betún	0.8	1.2	0.8	1.2				
% Estabilidad retenida luego 7 dias en agua temperatura ambiente								
Capa de Rodadura	70	----	70	----				
Intermedia o base	60	----	60	----				

8.1.4 Compactación de la Mezcla

El espesor de la capa terminada de hormigón asfáltico no deberá variar en más de 6 mm. De lo especificado en los planos; sin embargo, el promedio de los espesores medidos, en ningún caso será menor que el espesor establecido en el contrato.

Las cotas de la superficie terminada no deberán variar en más de un centímetro de las cotas establecidas en los planos. La pendiente transversal de la superficie deberá ser uniforme y lisa, y en ningún sitio tendrá una desviación mayor a 6 mm. con el perfil establecido.

Concluida la compactación de la carpeta asfáltica, el Fiscalizador deberá comprobar los espesores, la densidad de la mezcla y su composición, a intervalos de 500 a 800 metros lineales en sitios elegidos al azar, a los lados del eje del camino, mediante extracción de muestras; o a criterio del fiscalizador según la longitud de la carretera.

Cuando las mediciones de comprobación indicadas señalen para el espesor una variación mayor que la especificada arriba, o cuando el ensayo de densidad indique un valor inferior **al 97% de la densidad máxima** establecida en el laboratorio, o cuando la composición de la mezcla no se encuentre dentro de las

tolerancias admitidas, el Fiscalizador efectuará las mediciones adicionales necesarias para definir con precisión el área de la zona deficiente.

En caso de encontrarse sectores inaceptables, tanto en espesor como en composición o en densidad, el Contratista deberá reconstruir completamente el área afectada, a su costa, y de acuerdo con las instrucciones del Fiscalizador.

8.2. DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO DE LA FORMULA MAESTRA PARA LA ELABORACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA

El objetivo principal consiste en obtener una mezcla de agregados y cementos asfálticos, en proporciones ideales que origine un producto económico y que a la vez satisfaga las exigencias estructurales que genere el tráfico vehicular, la misma que será utilizada como carpeta asfáltica en la vía.

La fórmula maestra establecerá:

- Las cantidades de las diversas fracciones definidas para los agregados;
- El porcentaje de material asfáltico para la dosificación, en relación al peso total de todos los agregados, inclusive el relleno mineral y aditivos para el asfalto si se los utilizare;
- La temperatura que deberá tener el hormigón al salir de la mezcladora, y
- La temperatura que deberá tener la mezcla al colocarla en sitio.

8.2.1. Agregados a utilizarse en la Mezcla

Los agregados empleados en el diseño de la mezcla de hormigón asfáltico, son obtenidos en la Cantera Basáltica de Picoazá, aprobados por el Ministerio de Obras Publicas para todo su uso.

Para la granulometría de la mezcla intervienen tres tipos de agregados:

Un Material conocido como Ripio No. 7, compuesto de 30% de agregados grueso pasante $\frac{3}{4}$ " al #200. Un material conocido como Dren, compuesto del 64% de agregado pasante $\frac{3}{8}$ " al #200 y 6% de arena de las playas de crucita.

De esta manera se obtiene una granulometría que cumple las condiciones estipuladas en la sección 8.1.1.2 **Tabla 8.1.1.2.2** de la presente tesina guiada del Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes MOP-001-F-2002, tamaño máximo nominal $\frac{1}{2}$ " de las especificaciones.

8.2.2. Descripción de la mezcla

El diseño de la mezcla de Hormigón Asfáltico se lo obtiene de probetas de pruebas ensayadas por el método Marshall.

El cemento asfáltico utilizado en este diseño, proviene de la refinería estatal de Esmeraldas, cuyo peso específico es de 1.010 y de penetración 85-100.

Según el estudio que se realizó para la obra se determinó que el porcentaje óptimo de asfalto en la mezcla es de 6.84%.

La Densidad Bulk es el promedio de los pesos específicos que se toman a las probetas de una mezcla asfáltica que contengan el mismo porcentaje de asfalto, descartando las que se alejan del promedio. Para este porcentaje de asfalto se ha obtenido una Densidad Bulk promedio de 2.171 gr/cm³.

El ensayo de **estabilidad Marshall** está dirigido a medir la resistencia a la deformación de la mezcla. Es una medida de la carga bajo la cual una probeta cede o falla totalmente. Para esta mezcla se determinó que el valor de Estabilidad Marshall es de 2.287 lb

El ensayo de **fluencia Marshall** mide la deformación, bajo carga, que ocurre en la mezcla. Es medida en centésimas de pulgada y representa la deformación de la briqueta. Su valor para la mezcla debe ser de 12 pulg/100.

Los vacíos son pequeñas bolsas de aire que se encuentran entre las partículas de agregado revestidas de asfalto. El **análisis de vacíos** tiene como propósito conocer el porcentaje de vacíos en la mezcla compactada. Para esta mezcla el porcentaje de vacíos es de 3.94%,

Los vacíos en el agregado mineral (**VMA**) están definidos por el espacio intergranular de vacíos que se encuentra entre las partículas de agregados de la

mezcla de pavimento compactado, incluyendo los vacíos de aire y el contenido efectivo de asfalto. Para esta mezcla el porcentaje de Vacíos de agregados (VMA) es de 17.8%

Los vacíos llenos de asfaltos (**VFA**), son el porcentaje de vacíos intergranulares entre las partículas de agregados (VMA) que se encuentran llenos de asfalto. También es conocido como relación bitumen-vacíos o betún-vacíos. Para esta mezcla el porcentaje de Vacíos Llenos de Asfalto (VFA) es de 78%,

La **Temperatura de la mezcla asfáltica** al salir de la planta debe ser de 150 °C, al llegar a la obra mayor que 120 °C y la temperatura de compactación entre 100-110 °C.

El Peso específico máximo de la mezcla asfáltica será dado por el ensayo Rice ASTM 2041 (Esta norma describe la determinación de la Gravedad y Densidad teórica máxima de las mezclas asfálticas no compactadas a una temperatura de 25°C.) y deberá ser de 2.260 gr/cm³ (6.84% de C.A)

A continuación mostraremos las Curvas de Diseño para un Hormigón Asfáltico.

CURVA DENSIDAD DE PROBETA VS PORCENTAJE DE ASFALTO

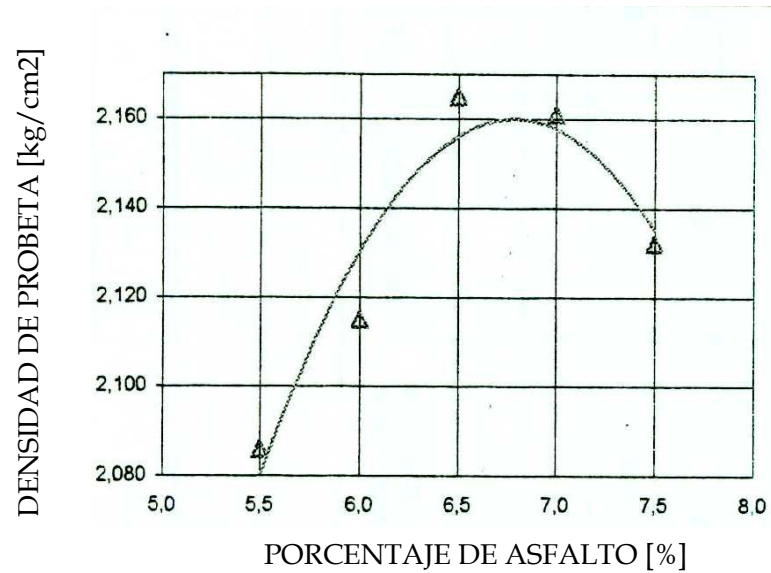


Fig. 8.2.2.1 – Curva de Diseño de la densidad de la probeta.

CURVA FLUENCIA VS PORCENTAJE DE ASFALTO

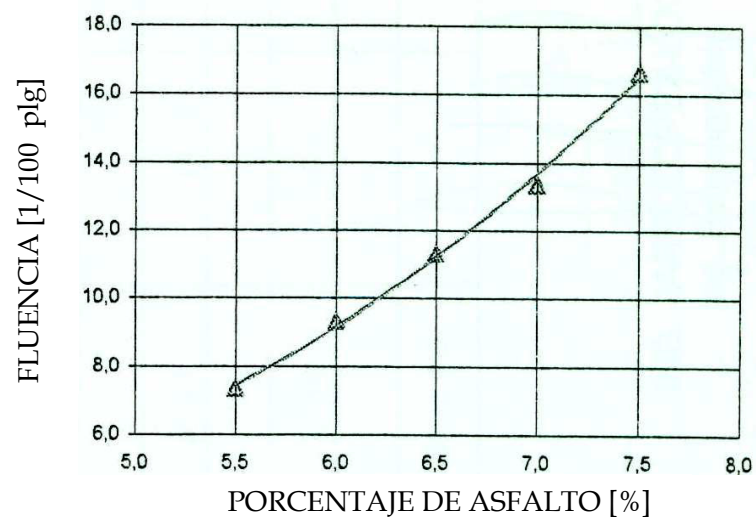


Fig. 8.2.2.2 – Curva de Diseño de la Fluencia

CURVA ESTABILIDAD VS PORCENTAJE DE ASFALTO

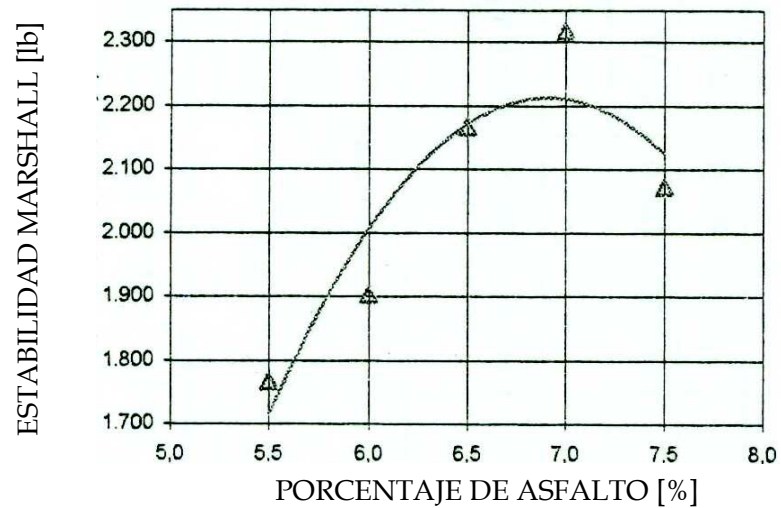


Fig. 8.2.2.3 – Curva de Diseño de la Estabilidad

CURVA PORCENTAJE DE VACIO VS PORCENTAJE DE ASFALTO

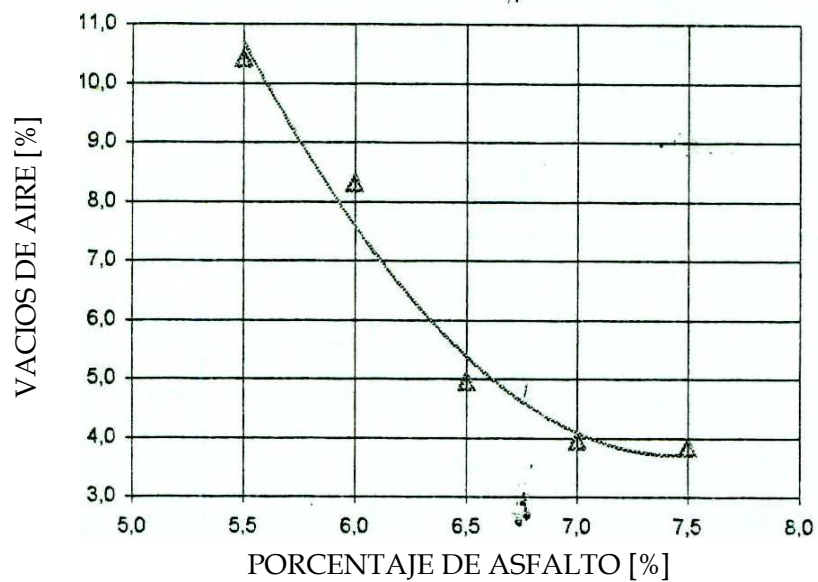


Fig. 8.2.2.4 – Curva de Diseño del porcentaje de vacios

CURVA PORCENTAJE DE VMA VS PORCENTAJE DE ASFALTO

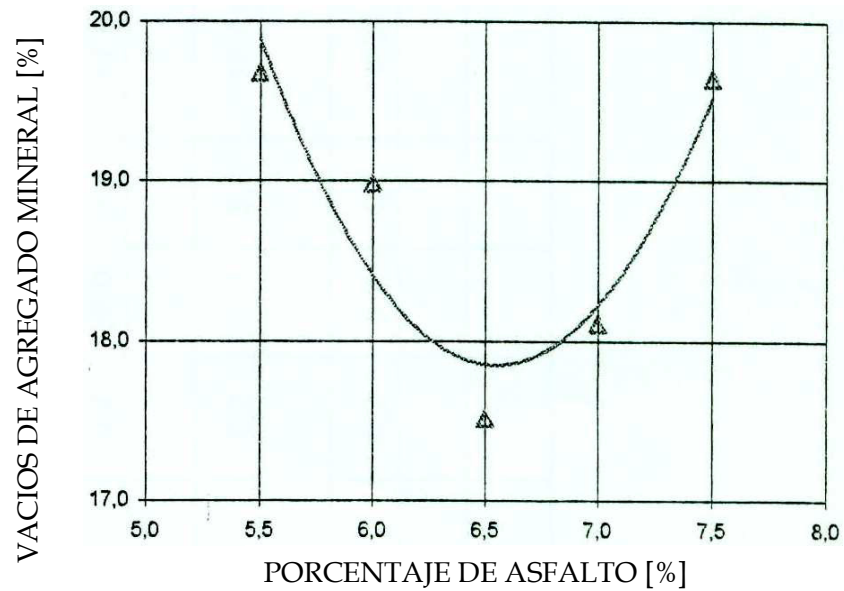


Fig. 8.2.2.5 – Curva de Diseño del porcentaje de vacíos de agregado mineral

CURVA RELACION BETUN-VACIOS VS PORCENTAJE DE ASFALTO

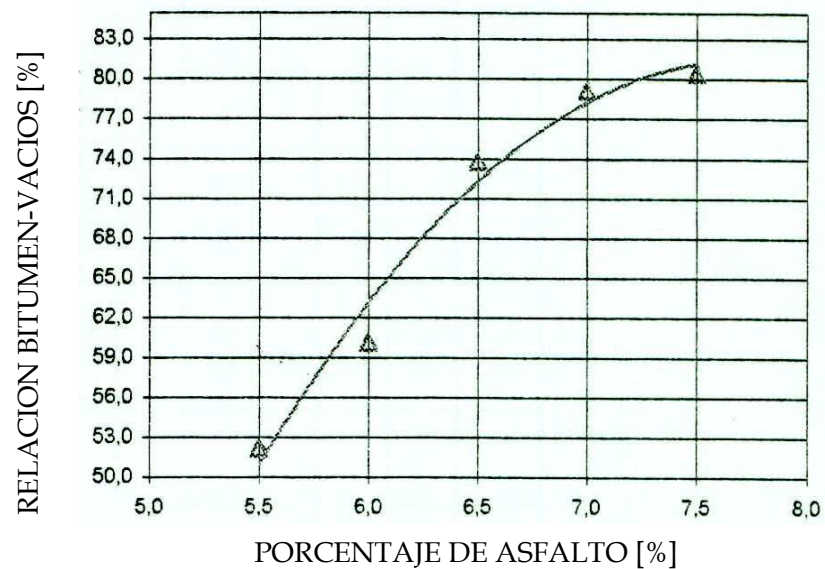


Fig. 8.2.2.6 – Curva de Diseño de la relación betún-vacíos

8.3. CONTROL DE CALIDAD DE LA MEZCLA DE HORMIGON ASFALTICO EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO

8.3.1 Control en Planta de la Mezcla de Hormigón Asfáltico

El control de calidad para un material de Hormigón Asfáltico en planta es de gran importancia, pero nuestra tesina no se enfoca en este tema, aun así nombraremos algunos puntos importantes a realizarse en este control.

Entre los controles a realizarse en Planta tendremos:

- a) Verificar que el tipo de agregado que se está utilizando cumple con la granulometría indicada en el diseño y demás parámetros nombrados en la sección 8.1.2.
- b) Verificar la temperatura de la mezcla en Planta, antes de ser transportada.
- c) Tomar muestra de la mezcla asfáltica y en laboratorio realizar las pruebas de estabilidad, fluencia, porcentaje de vacíos, densidad bulk promedio según el método Marshall.

8.3.2 Control en Obra de la Mezcla de Hormigón Asfáltico

8.3.2.1 Control de la Mezcla Transportada a obra

El material de Hormigón Asfáltico transportado a obra proviene de la Planta Asfáltica ubicada en la zona de Picoazá, Cantón Portoviejo (Ver Anexo 4.1). Según el diseño nombrado en la sección 8.2.1 el tamaño máximo nominal del

agregado va a ser de 1/2" (Tabla 8.3.2.1.1), y será mezclado con cemento asfáltico de penetración 85-100. El proceso de mezclado es en caliente; es decir tanto el asfalto como el agregado deben ser calentados antes de ser combinados en el mezclador. Se calienta el asfalto para darle suficiente fluidez y el agregado para que este lo suficiente seco y caliente tal que pueda producir una mezcla final a la temperatura deseada.

TABLA 8.3.2.1.1 AGREGADO UTILIZADO EN LA MEZCLA DE BASE DE HORMIGON ASFÁLTICO

TAMIZ	PORCENTAJE EN PESO QUE PASA A TRAVES DE LOS TAMICES DE MALLA CUADRADA
	1/2"
1" (25.4 mm.)	--
3/4" (19.0 mm.)	100
1/2" (12.5 mm.)	90 - 100
3/8" (9.5 mm.)	--
Nº 4 (4.75 mm.)	44 – 74
Nº 8 (2.36 mm.)	28 – 58
Nº 16 (1.18 mm.)	--
Nº 30 (0.60 mm.)	--
Nº 50 (0.30 mm.)	5 – 21
Nº 100 (0.15 mm.)	--
Nº 200 (0.075 mm.)	2 - 10

Obtenida la mezcla en planta, antes de ser transportada a obra se debe verificar la temperatura de salida y las propiedades de la mezcla. Así mismo al llegar a la obra se debe verificar la temperatura de llegada y las propiedades de la mezcla compactada (sección 8.3.2.2). Para conocer la temperatura de la mezcla en obra utilizamos un Termómetro de campo de cuadrante y vástago acorazado

(Figura 8.3.2.1.1) el cual se introduce en la mezcla asfáltica. El valor de temperatura que la mezcla debe tener al llegar a obra debe ser mayor a 120 °C ± 10 °C según el diseño.



Figura 8.3.2.1.1 – TERMÓMETRO DE CAMPO

Para comprobar la temperatura de la mezcla en la obra se ha tomado datos a diferentes abscisas en los días 9 y 29 de Julio del 2010. Los resultados obtenidos se mostrarán en las tablas 8.3.2.1.2 y 8.3.2.1.3

TABLA 8.3.2.1.2 - CONTROL EN OBRA DE LA TEMPERATURA DE LA MEZCLA DE HORMIGON ASFALTICO

FECHA: VIERNES 9 DE JULIO DEL 2010
CALZADA IZQUIERDA – FRANJA DERECHA

VIAJE NO	ABSCISAS		°C	OBSERVACIONES
	DESDE	HASTA		Temperatura Diseño >120°C
1	10+008	9+994	135	Adecuado
2	9+994	9+970	125	Adecuado
3	9+970	9+952	120	Adecuado
4	9+952	9+934	125	Adecuado
5	9+934	9+910	120	Adecuado
6	9+910	9+892	120	Adecuado
7	9+892	9+870	120	Adecuado
8	9+870	9+842	120	Adecuado

TABLA 8.3.2.1.3 - CONTROL EN OBRA DE LA TEMPERATURA DE LA MEZCLA DE HORMIGON ASFALTICO

**FECHA: JUEVES 29 DE JULIO DEL 2010
CALZADA DERECHA – FRANJA IZQUIERDA**

VIAJE NO	ABSCISAS		°C	OBSERVACIONES
	DESDE	HASTA		Temperatura Diseño >120°C
1	10+190	10+177	130	Adecuado
2	10+177	10+155	120	Adecuado
3	10+155	10+124	125	Adecuado
4	10+124	10+107	120	Adecuado
5	10+107	10+090	120	Adecuado
6	10+090	10+070	130	Adecuado
7	10+070	10+048	125	Adecuado
8	10+048	10+027	125	Adecuado

Como conclusión de las tablas 8.3.2.1.2 y 8.3.2.1.3 podemos indicar que la mezcla asfáltica transportada a obra llega con una temperatura adecuada; ya que sus temperaturas están de acuerdo a la establecida en el diseño (120 °C ± 10°C).

En el caso de que la mezcla transportada a obra tuviera una temperatura menor a los 120°C, pero no inferior a los 100°C (temperatura de compactación), se procede a la inmediata colocación y compactación. Ya que temperaturas inferiores a los 100°C, pueden ocasionar problemas, debido a que mientras más baja sea la temperatura, la mezcla tenderá a endurecerse hasta llegar al punto que se solidifique, no permitiendo que el rodillo compacte la mezcla.

8.3.2.2 Control de la mezcla compactada

Una vez que se controla la temperatura transportada a obra y esta cumple con el rango especificado, se procede a colocarla utilizando la terminadora de asfalto o también llamada Finisher.

En el proceso de colocación se debe controlar el espesor de la capa, su largo y ancho. El espesor de la capa terminada según el diseño es de 0.05 m. Para llegar a este valor al inicio de la obra se realiza una banca de prueba colocando capas de concreto asfáltico de diferentes espesores las cuales se compactan con un rodillo liso doble tándem (Anexo 4.2 fig.4.2.4). De esta manera se determina que se debe colocar la mezcla con 0.07 m y de 6 a 8 pasadas del rodillo para obtener el espesor de capa terminada correspondiente con un margen de error tolerable de hasta 6 mm según las especificaciones. Como en la presente tesina nos enfocamos en hacer el control de calidad del material, no profundizamos en esta etapa de la colocación.

Después de haber colocado la mezcla en el sitio se procede a tomar la temperatura para verificar que esta cumpla con la diseñada.

La temperatura de compactación de la mezcla según el diseño está entre 100-110°C, pero al inicio de la obra se realiza una banca de prueba en la cual se puede determinar la temperatura adecuada para que el rodillo al momento de

compactar no deforme la mezcla. El valor obtenido de esta banca de prueba nos indica que la mezcla debe estar entre 100-105°C.

Una vez que la mezcla ha alcanzado la temperatura adecuada se procede a realizar la compactación. Concluida esta se debe comprobar la composición de la mezcla y su grado de compactación, a intervalos de 500 a 800 metros lineales en sitios elegidos al azar, a los lados del eje del camino, mediante extracción de muestras.

La composición de la mezcla se verifica realizando ensayos en laboratorio de probetas tomadas a la mezcla compactada utilizando el Método Marshall. Los valores obtenidos en estos ensayos deben ser similares al diseño o estar entre el rango de tolerancia que nos indica las especificaciones y que aparte podemos encontrar en esta tesina en la sección 8.1.3. En la tabla 8.3.2.2.1 se muestra un resumen de los ensayos y su rango de tolerancia.

Para comprobar la composición de la mezcla en obra se ha tomado diferentes briquetas a la mezcla compactada y se ha realizado los ensayos mostrados en la tabla 8.3.2.2.1 obteniendo los siguientes resultados detallados en la tabla 8.3.2.2.2.

TABLA 8.3.2.2.1 RESUMEN DE ENSAYOS PARA MEZCLA ASFALTICA

ENSAYOS	DISEÑO	RANGOS	
		MIN	MAX
ESTABILIDAD (lb)	2287	1800	-----
FLUENCIA (pulg/100)	12	8	14
% VACIOS	3,94	3	5
% ASFALTO	6,84	5,7	7,3

TABLA 8.3.2.2.2 CONTROL EN OBRA DE LA COMPOSICION DE LA MEZCLA

ABSCISAS	CAMPO				OBSERVACIONES			
	ESTABILIDAD MARSHALL	FLUENCIA MARSHALL	% VACIOS	% ASFALTO	ESTABILIDAD MARSHALL	FLUENCIA MARSHALL	% VACIOS	% ASFALTO
4+750	2190	10,60	5,05	6,60	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
5+250	2218	13,98	4,11	7,13	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
6+750	2207	13,16	4,53	6,82	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
7+500	2202	13,94	4,18	7,00	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
8+000	2226	13,99	4,42	7,08	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
8+700	2214	13,68	4,36	6,97	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
9+500	2210	12,91	4,62	6,81	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
10+000	2223	13,70	4,33	6,94	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
10+500	2211	12,25	4,84	6,79	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
11+100	2192	14,00	4,00	7,10	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
11+600	2205	13,91	4,23	7,03	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
12+200	2216	13,14	4,28	6,88	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
12+750	2216	13,63	4,30	6,93	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
13+250	2200	11,88	4,92	6,67	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado

Para el análisis de la tabla 8.3.2.2.2 nos hemos guiado de las curvas de diseño y de los rangos establecidos en la tabla 8.3.2.2.1; los que nos han ayudado para comparar los resultados obtenidos con los valores óptimos para la mezcla.

De esta manera concluimos que todas las muestras tomadas a la mezcla compactada mantienen sus debidas propiedades ya que cumplen con lo establecido, lo que nos indica que esta mezcla bajo cargas va a resistir las deformaciones, va a ser poco permeable y durable. La mezcla va a tener una durabilidad y poca permeabilidad, ya que al contener una cantidad adecuada de asfalto, esta sellará eficazmente un gran porcentaje de vacios interconectados en el pavimento, haciendo difícil la penetración del aire y del agua. Por estos motivos se aprueba el material compactado.

Una vez que se ha asegurado que la composición de la mezcla compactada es la adecuada podemos continuar a comprobar su grado de compactación. Para esto se procede a hacer ensayos de densidad de campo buscando obtener un 97% de compactación en el material.

Para controlar el grado de compactación de la mezcla, se ha tomado pruebas en diferentes abscisas de los días 16 y 30 de Julio del 2010, empleando un Densímetro nuclear Marca -TROXLER 3440.

Los resultados obtenidos en de los días 16 y 30 de julio del 2010, se muestran respectivamente en las tablas 8.3.2.2.3 y 8.3.2.2.4

TABLA 8.3.2.2.3 - REPORTE DE DENSIDAD DE CAMPO PARA EL CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE BASE DE HORMIGON ASFALTICO

FECHA: VIERNES 16 DE JULIO DEL 2010

ABSCISAS	FAJA	CALZADA	DENSIDAD DE CAMPO	DENSIDAD BULK	OBSERVACIONES	
					PRUEBA DE CAMPO	MTOP >97%
9+280	DERECHA	DERECHA	2204	2216	99,50	Adecuado
9+320	DERECHA	DERECHA	2158	2216	97,04	Adecuado
9+340	DERECHA	DERECHA	2188	2216	98,70	Adecuado
9+380	DERECHA	DERECHA	2223	2216	100,70	Adecuado
9+360	IZQUIERDA	DERECHA	2177	2216	98,30	Adecuado
9+280	DERECHA	IZQUIERDA	2311	2216	104,30	Adecuado
9+320	DERECHA	IZQUIERDA	2169	2216	99,90	Adecuado
9+340	DERECHA	IZQUIERDA	2223	2216	100,30	Adecuado

TABLA 8.3.2.2.4 - REPORTE DE DENSIDAD DE CAMPO PARA EL CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL DE BASE DE HORMIGON ASFALTICO

FECHA: VIERNES 30 DE JULIO DEL 2010

ABSCISAS	FAJA	CALZADA	DENSIDAD DE CAMPO	DENSIDAD BULK	OBSERVACIONES	
					PRUEBA DE CAMPO	MTOP >97%
10+200	CENTRO	DERECHA	2173	2204	98,60	Adecuado
10+250	CENTRO	DERECHA	2158	2204	97,90	Adecuado
10+300	CENTRO	DERECHA	2178	2204	98,80	Adecuado
10+200	CENTRO	DERECHA	2197	2204	99,7	Adecuado
10+250	CENTRO	DERECHA	2199	2204	99,80	Adecuado
10+300	IZQUIERDA	DERECHA	2164	2204	98,20	Adecuado
10+200	IZQUIERDA	DERECHA	2214	2204	100,40	Adecuado
10+250	DERECHA	DERECHA	2208	2204	100,20	Adecuado
10+300	DERECHA	DERECHA	2151	2204	97,60	Adecuado

Como se observan en las tablas 8.3.2.2.3 y 8.3.2.2.4 podemos indicar que el grado de compactación varía a lo especificado en las normas, esto se debe a los siguientes motivos:

1. Cada cierto tramo como indique el Ing. Fiscalizador, se toma muestras para obtener la densidad Bulk de la mezcla, la que se asume constante hasta la siguiente toma de muestra. Alterando el grado de compactación debido a que no siempre este valor va a ser el indicado a lo largo del tramo, debido a la heterogeneidad de los materiales, factores externos como humedad, temperatura.
2. El valor de densidad Bulk obtenido en el ensayo de compactación representa el 100% de compactación por lo que al momento de realizar el ensayo de densidad de campo los valores van a tender al 100%.

Analizado el motivo por el cual los valores de las tablas 8.3.2.2.3 y 8.3.2.2.4 se encuentran superiores al 97% de su grado de compactación estipulado en las normas, podemos indicar que este material se encuentra adecuadamente compactado.

En el caso donde se hubiera encontrado un grado de compactación superior al 105%, cuando se pasa en más del 5% del valor de compactación máxima hay la probabilidad de que la mezcla este sobre compactada lo que alteraría la

granulometría, en este caso se considera que la densidad bulk puede ser que no represente a la mezcla que se está analizando, por lo que se procede a extraer una muestra del material sobre compactado en dicha abscisa y se lleva al laboratorio donde se obtiene como resultado un nuevo valor de la densidad el cual es comparada con la obtenida en campo dándonos así el nuevo valor de compactación en esta abscisa.

Si hubiera estado el material con un grado de compactación menor al indicado se deberá compactar el material según como lo indique el Ing. Fiscalizador hasta obtener el grado de compactación adecuado. Por otro lado si el material hubiera estado sobre-compactado se tendría que retirar todo el material debido a que por su exagerada compactación alteraría sus propiedades granulométricas.

CONCLUSIONES

- Al material de préstamo importado se le controló la calidad desde la fuente del material, al material transportado a obra y después de la compactación. Se controló en la fuente aunque el tema de tesina se enfoca en la inspección en obra, debido a que este proviene de la explotación del macizo rocoso de una cantera y no de una planta dosificadora. Para el control de calidad al material en la fuente se realizó los ensayos a la cantera seleccionada en la obra, y del análisis se observó que esta no cumplía con los parámetros establecidos por lo que se rechazó tal cantera y se procedió a hacer una nueva selección entre otras canteras haciéndoles los ensayos ya nombrados a lo largo de la tesina y como resultado se terminó escogiendo la Cantera las Cañitas. Luego este material se transportó a obra y nuevamente fue analizado tomando muestras en las abscisas 0+780 y 10+040, donde se obtuvo datos aceptables según las normas, aprobando su utilización. Una vez que el material se ha colocado y compactado, se verificó por medio de ensayos de densidad de campo que el material mantiene un grado de compactación adecuado y en ningún momento el material estuvo sobrecompactado.

- Al material de mejoramiento con suelo seleccionado se le controló la calidad en obra al material transportado y después de la compactación. Para el control de calidad al material transportado se tomaron muestras en las abscisas 5+250 y 11+250, las que fueron ensayadas y analizadas, dándonos la abscisa 5+250 problemas con la plasticidad por lo que se tuvo que mejorar el material con un 5% de arena. Una vez que el material se ha colocado y compactado, se verificó por medio de ensayos de densidad de campo que el material mantiene un grado de compactación adecuado y en ningún momento el material estuvo sobre-compactado.
- Al material Sub-base clase 2 se le controló la calidad en obra al material transportado y después de la compactación. Para el control de calidad al material transportado se tomaron muestras en las abscisas 5+750 y 8+980, las que fueron ensayadas y analizadas, dándonos resultados adecuados según las normas, por lo que se aprobó su utilización. Es importante indicar que mientras se realizaba el control se detectó que el material de la abscisa 11+680 que llegaba a obra tenía un aspecto diferente al que se estaba colocando, por esta razón se procedió a efectuar los ensayos correspondientes y se determinó que el material era apto para su colocación. Una vez que el material se ha colocado y compactado, se verificó por medio

de ensayos de densidad de campo que el material mantiene un grado de compactación adecuado y en ningún momento el material estuvo sobrecompactado.

- Al material de Base granular clase 1A se le controló la calidad en obra al material transportado y después de la compactación. Para el control de calidad al material transportado se tomaron muestras en las abscisas 6+000 y 13+320, las que fueron ensayadas y analizadas, dándonos resultados adecuados según las normas, por lo que se aprobó su utilización. Una vez que el material se ha colocado y compactado, se verificó por medio de ensayos de densidad de campo que el material mantiene un grado de compactación adecuado y en ningún momento el material estuvo sobrecompactado.
- Al material de Base de hormigón asfáltico se le controló la calidad en obra a la mezcla transportado y a la mezcla compactada. Para el control de calidad a la mezcla transportado, se verificó la temperatura con la que llega la mezcla, la cual estuvo en su mayoría por encima de los $120^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, como indica el diseño. En algunos casos llegó con una temperatura menor a esta pero no inferior a los 100°C por lo que se procedió a la inmediata colocación y compactación para que el material no se endurezca. Para el control a la mezcla compactada se verificó la composición de la mezcla y su grado de

compactación. Para comprobar la composición de la mezcla compactada se tomaron diferentes muestras en campo, a las que se analizó la estabilidad, fluencia, porcentaje de vacíos y asfalto, obteniendo en su gran mayoría valores adecuados según las normas, indicándonos que la mezcla bajo cargas va a resistir las deformaciones. La muestra N° 12 no cumplió para nada con lo exigido en las normas por lo que tuvo que ser rechazada. Además a la mezcla compactada se le verificó el grado de compactación, para esto se hicieron ensayos de densidad de campo en algunas abscisas, las cuales en su gran mayoría estuvieron debidamente compactadas a excepción de las abscisas 13+500; 13+450; a las cuales se le tuvo que volver a ensayar para conocer la verdadera densidad seca máxima y comparar con la densidad de campo, para obtener los nuevos grados de compactación, esta vez aceptables según las normas.

- Al material de hormigón asfáltico se le controló la calidad en obra a la mezcla transportado y a la mezcla compactada. Para el control de calidad a la mezcla transportado, se verificó la temperatura con la que llega la mezcla, la cual estuvo en su mayoría por encima de los $120^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, como indica el diseño. En algunos casos llegó con una temperatura menor a esta pero no inferior a los 100°C por lo que se procedió a la inmediata colocación y compactación para que el material no se endurezca. Para el control a la

mezcla compactada se verificó la composición de la mezcla y su grado de compactación. Para comprobar la composición de la mezcla compactada se tomaron diferentes muestras en campo, a las que se analizó la estabilidad, fluencia, porcentaje de vacíos y asfalto, obteniendo valores adecuados según las normas, indicándonos que la mezcla bajo cargas va a resistir las deformaciones.. Además a la mezcla compactada se le verificó el grado de compactación, para esto se hicieron ensayos de densidad de campo en algunas abscisas, las cuales estuvieron debidamente compactadas según las normas y en ningún caso la mezcla estuvo sobre-compactada.

RECOMENDACIONES

- Al realizar el control de calidad de los materiales, se recomienda no seguir estrictamente los parámetros que estipulan las especificaciones técnicas nombrados a lo largo de esta tesina, sino mas bien entenderlos y analizarlos con criterio ingenieril para poder tomar la decisión correcta de aprobar o rechazar un material si este no cumple con los parámetros establecidos.
- Cuando el material transportado a obra ha tenido algún inconveniente con sus parámetros, pero según el análisis de control de calidad, se ha aprobado su utilización, se recomienda como control para las abscisas siguientes realizar ensayos más consecutivos para verificar si el material transportado a obra sigue teniendo las propiedades granulométricas adecuadas para ser utilizado.
- Para controlar el grado de compactación en el que se encuentra una capa del pavimento, se utiliza un densímetro nuclear, el que emite emisiones gamas peligrosas para el ser humano, por lo que recomendamos tener todas las precauciones y evitar estar muy cerca del equipo a la hora de ser utilizarlo

BIBLIOGRAFIA

- Texto: Estudios para la Rehabilitación de la Carretera Cruz Verde – Crucita

Autor: CONSDISEÑO C. LTDA.

- Ensayos de laboratorio del proyecto de Rehabilitación de la Carretera Cruz Verde – Crucita brindada por la Fiscalizadora CPR

- Texto: Mecánica de Suelos Instructivos para Ensayos de Suelos

Autor: Secretaria de Recursos Hidráulicos; México 1967

- Manual MS-22 “ Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente”

Autor: Instituto de Asfalto (Asphalt Institute)

- “Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes”
Tomo I y Tomo II.

Autor: Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP)

ANEXOS

ANEXO 1 – TABLA N°1

TABLA N° 1 : Clasificación de Suelos según AASHTO

CLASIFICACION GENERAL	Materiales Granulares (igual o menor del 35% pasa el tamiz N° 200)							Materiales Limo - Arcillosos (más del 35% que pasa el tamiz N° 200)			
GRUPOS	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
SUB - GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
											A-7-6
% que pasa el Tamiz:											
N° 10	50 máx.										
N° 40	30 máx.	50 máx.	51 máx.								
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			NO PLÁSTICO	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 máx.
Índice de Plasticidad	6máx	6 máx.		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	fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Grava, arenas limosas y arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
Terreno de Fundación	Excelente a Bueno						Regular a Deficiente				

NOTA: El índice de plasticidad de los suelos A-7-5 es igual o menor que su Límite Líquido 30, el de los A-7-6 mayor que su Límite Líquido (fig. 1) se halla indicada la relación entre lo LL e IP de los materiales finos. Dicho de otro modo, el grupo A-7 es subdividido en A-7-5 ó A-7-6 dependiendo del Límite Plástico (L.P.)
Si el LP ≥ 30, la clasificación es A-7-6
Si el LP < 30, la clasificación es A-7-5

ANEXO 2 (MATERIAL DE PRÉSTAMO IMPORTADO)



Fig. 2.1 – Macizo Rocosó ubicado en Parroquia Charapotó



Fig. 2.2 – Macizo Rocos por explotar



Fig. 2.3 – Macizo Rocos explotado

ANEXO 3 (MATERIAL DE MEJORAMIENTO CON SUELO SELECCIONADO)



Fig. 3.1 – Proceso de mezclado del material de mejoramiento



Fig. 3.2 – Mezcla del material con Motoniveladora



Fig. 3.3 – Mezcla de Material de mejoramiento.

ANEXO 4 (MATERIAL DE BASE ASFÁLTICA)

ANEXO 4.1 - PROCESO EN PLANTA



Fig. 4.1.1 – Planta Asfáltica



Fig. 4.1.2 – Contenedores de Cemento Asfáltico



Fig. 4.1.3 – Agregado utilizado para la Mezcla



Fig. 4.1.4 – Control en Planta de la Base Asfáltica



Fig. 4.1.5 – Control de Temperatura en Planta



Fig. 4.1.6 – Control de la mezcla con equipo Marshall



Fig. 4.1.7 – Descarga de Base Asfáltica en Volqueta

ANEXO 4.2. - EQUIPO UTILIZADO PARA LA COLOCACIÓN Y COMPACTACIÓN DE LA BASE ASFÁLTICA



Fig. 4.2.1 - Terminadora de Asfalto (FINISHER)



Fig. 4.2.2 – Imprimadora de asfalto



Fig. 4.2.3 – Rodillo Neumático



Fig. 4.2.4 – Rodillo Metálico Liso

ANEXO 4.3 - COLOCACIÓN DE LA BASE ASFÁLTICA



Fig. 4.3.1 – Imprimación asfáltica (sellado)



Fig. 4.3.2 – Colocación de la Base Asfáltica



Fig. 4.3.3 – Retiro de exceso de material



Fig. 4.3.4 – Compactación con rodillo Metálico Liso y Con Rodillo Neumático