

**PAVIMENTACION DE LA VIA LA CRUZ LA ESTANCIA DESDE EL K0+ 750
AL K1+ 250 EN EL MUNICIPIO DE LA CRUZ (NARIÑO)**



**HÉCTOR ROLANDO MUÑOZ IBARRA
CODIGO: 04992247**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE VIAS Y TRANSPORTE
POPAYAN
2011**

**PAVIMENTACION DE LA VIA LA CRUZ LA ESTANCIA DESDE EL K0+ 750
AL K1+ 250 EN EL MUNICIPIO DE LA CRUZ (NARIÑO)**



HÉCTOR ROLANDO MUÑOZ IBARRA
Trabajo de Pasantía para optar al título de Ingeniero Civil

Director de Pasantía
ALEXANDRA ROSAS PALOMINO
Ingeniera Civil

Supervisor
EDMUNDO PALACIOS REALPE
Ingeniero Civil

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE VIAS Y TRANSPORTE
POPAYAN
2011**

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCION	11
2. JUSTIFICACION	12
3. OBJETIVOS	13
3.1 OBJETIVO GENERAL	13
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	13
4. INFORMACION DEL PROYECTO	14
5. GENERALIDADES DEL PROYECTO	18
5.1 EMPRESA RECEPTORA	18
5.1.1 Misión	18
5.1.2 Visión	18
5.1.3 Localización Geográfica	18
5.2 MARCO TEORICO	19
5.2.1 Definición de Pavimento	19
5.2.2 Pavimento Rígido	20
5.2.3 Parámetros de Diseño	21
5.3 METODOLOGIA	22
5.3.1 Actividades de Obra	22

6. TRABAJO REALIZADO COMO INGENIRO AUXILIAR RESIDENTE DE INTERVENTORIA	24
6.1 TRABAJOS PREVIAMENTE REALIZADOS EN LA VIA	24
6.2 CONSTRUCCION DE OBRAS DE ARTE (ALCANTARILLAS)	26
6.2.1 Formaleta	26
6.2.2 Tipo de Concreto	27
6.3 CONSTRUCCION DE FILTROS	29
6.3.1 Constitución del Filtro	30
6.3.2 Construcción Filtro Adicional	31
6.4 TRABAJOS DE ACONDICIONAMIENTO DE LA SUBRASANTE	32
6.4.1 Definición de Subrasante	32
6.4.2 Estado de la Subrasante	33
6.4.3 Acondicionamiento de la Subrasante	34
6.5 CONSTRUCCION Y PREPARACIÓN DE LA CAPA DE SUBBASE	38
6.5.1 Material de Recebo	38
6.5.2 Conformación Integrada de la Subbase	39
6.5.3 Fuentes de Materiales	41
6.5.4 Procedimiento Constructivo	43
6.5.5 Ensayo para determinar la calidad de la Subbase	43
6.6 CONSTRUCCION DE LA LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO	49
6.6.1 Comportamiento de las Losas	49
6.6.2 Efectos del Clima y el Tránsito	51

6.6.3	Diseño de la Losa por Método PCA	51
6.6.3.1	Generalidades	51
6.6.3.2	Variables	52
6.6.3.3	Cálculos y resultados del Método	53
6.6.4	Materiales empleados y Diseño de Mezcla	57
6.6.5	Proceso Constructivo	61
6.6.6	Calidad del Concreto Hidráulico	66
6.6.7	Construcción de Juntas	68
6.6.8	Equipos Empleados	72
7.	CONCLUSIONES	75
8.	RECOMENDACIONES	77
9.	BIBLIOGRAFIA	79
10.	ANEXOS	80

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Detalles del Pavimento	15
Figura 2. Diseño Planta Perfil de la Vía	16
Figura 3. Secciones Transversales	17
Figura 4. Localización Grafica del Municipio de La Cruz (Nariño)	19
Figura 5. Estructura de un Pavimento Rígido	20
Figura 6. Pavimentos Rígidos Reforzados	21
Figura 7. Toma de topografía en la Vía	25
Figura 8. Cartera de Rasante Diseño	25
Figura 9. Excavación de zanja e instalación de Tubería	26
Figura 10. Dosificación y Mezcla del Concreto en Obra	28
Figura 11. Formaleteado y Vaciado del Concreto	28
Figura 12. Construcción del Filtro	30
Figura 13. Partes constitutivas del Filtro (material filtrante grava, Geotextil NT 1600 y tubería PVC perforada de 4")	30
Figura 14. Construcción Filtro Adicional	31
Figura 15. Transición de peraltes para curvas circulares	35
Figura 16. Nivelación de la subrasante, trazado de bombeo y peralte	35
Figura 17. Acondicionamiento de la Subrasante	37

Figura 18. Motoniveladora	44
Figura 19. Compactador Vibratorio Monocilindrico	45
Figura 20. Ensayos de densidad en sitio	48
Figura 21. Dosificación de Materiales	60
Figura 22. Preparando el carril	61
Figura 23. Mezcla del concreto	62
Figura 24. Transporte y vaciado del concreto	63
Figura 25. Vibrado del concreto	64
Figura 26. Cepillo para dar textura al pavimento	64
Figura 27. Corte de juntas	65
Figura 28. Cuneta y Bordillo en concreto	65
Figura 29. Ensayo en el cono de Abrams	66
Figura 30. Fabricación de Cilindros de Prueba	67
Figura 31. Construcción de Viguetas	68
Figura 32. Dimensiones y ubicación de los Pasajuntas	70
Figura 33. Junta Transversal de Expansión	71
Figura 34. Junta longitudinal	72
Figura 35. Mezcladora de Concreto	73
Figura 36. Vibrador de concreto	73
Figura 37. Regla Vibratoria	74
Figura 38. Cortadora de Concreto	74

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Bombeo de la Calzada	33
Tabla 2. Ancho de Calzada	34
Tabla 3. Análisis Granulométrico material de Recebo	40
Tabla 4. Clasificación de la arena por módulo de finura MF	41
Tabla 5. Granulometría Integrada de Sub-Base	42
Tabla 6. Ensayo de Compactación de la Subbase	47
Tabla 7. Densidad en Sitio	49
Tabla 8. Diseño de pavimentos, Método PCA	56
Tabla 9. Materiales y especificaciones	57
Tabla 10. Diseño de Mezcla	58
Tabla 11. Dosificaciones de mezcla en Obra	60
Tabla 12. Valores de asentamiento	66

GLOSARIO DE TERMINOS

ALCANTARILLA: tipo de obra de cruce o de drenaje transversal, que tiene por objeto dar paso rápido al agua que, por no poder desviarse en otra forma, tenga que cruzar de un lado a otro del camino.¹

BOMBEO: pendiente transversal en las entretangencias horizontales de la vía, que tiene por objeto facilitar el escurrimiento superficial del agua. Está pendiente, va generalmente del eje hacia los bordes.¹

CALZADA: zona de la vía destinada a la circulación de vehículos. Generalmente pavimentada o acondicionada con algún tipo de material afirmado.¹

CARRETERA: infraestructura del transporte cuya finalidad es permitir la circulación de vehículos en condiciones de continuidad en el espacio y tiempo, con niveles adecuados de seguridad y comodidad. Puede estar constituida por una o varias calzadas, uno o varios sentidos de circulación o uno o varios carriles en cada sentido, de acuerdo con las exigencias de la demanda de tránsito y la clasificación funcional de la misma.¹

CARRIL: parte de la calzada destinada al tránsito de una sola fila de vehículos.¹

CUNETA: zanjas, revestidas o no, construidas paralelamente a las bermas, destinadas a facilitar el drenaje superficial longitudinal de la carretera. Su geometría puede variar según las condiciones de la vía y del área que drenan.¹

CURVA HORIZONTAL: trayectoria que une dos tangentes horizontales consecutivas. Puede estar constituida por un empalme básico o por la combinación de dos o más de ellos.¹

DISEÑO EN PLANTA: proyección sobre un plano horizontal de su eje real o espacial. Dicho eje horizontal está constituido por una serie de tramos rectos denominados tangentes, enlazados entre sí por trayectorias curvas.¹

DISEÑO EN PERFIL: proyección del eje real o espacial de la vía sobre una superficie vertical paralela al mismo.¹

DISEÑO DE LA SECCION TRANSVERSAL: definición de la ubicación y dimensiones de los elementos que forman la carretera, y su relación con el terreno natural, en cada punto de ella sobre una sección normal al alineamiento horizontal.¹

PAVIMENTO RIGIDO: es aquel que fundamentalmente está constituido por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa de material seleccionado, la cual se denomina subbase del pavimento rígido.¹

PERALTE: inclinación dada al perfil transversal de una carretera en los tramos en curva horizontal para contrarrestar el efecto de la fuerza centrífuga que actúa sobre un vehículo en movimiento. También contribuye al escurrimiento del agua lluvia.¹

RASANTE: es la proyección vertical del desarrollo del eje de la superficie de rodadura de la vía.¹

SUBRASANTE: superficie especialmente acondicionada sobre la cual se apoya la estructura del pavimento.¹

TRANSICION DEL PERALTE: tramo de la vía en la que es necesario realizar un cambio de inclinación de la calzada, para pasar de una sección transversal con bombeo normal a otra con peralte.¹

PROCTOR MODIFICADO: El ensayo Proctor modificado, al igual que el Proctor normal, es un ensayo de compactación de suelos. El Corps of Engineers de la U.S. Army propuso un ensayo Proctor modificado en el que se aplica mayor energía de compactación por unidad de volumen, obteniéndose unas densidades secas máximas más elevadas y unas humedades óptimas menores que en el ensayo normal.²

¹MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO PARA CARRETERAS, Glosario de Términos.

²WIKIVIA, la enciclopedia de la carretera, http://www.wikivia.org/wikivia/index.php/Ensayo_Proctor_modificado.

1. INTRODUCCION

El Consejo de Facultad del Programa de Ingeniería Civil, conforme a la reglamentación expuesta en el Acuerdo N° 051 de 2001 emitido por el Consejo Superior Universitario y la Resolución N° 281 del 10 de junio de 2005, permite establecer el trabajo de Pasantía como una de las modalidades para optar al título de Ingeniero Civil, participando en un proyecto claramente definido por alguna entidad o empresa, en el cual se pueda desarrollar actividades de tipo práctico que permitan complementar los conceptos teóricos inducidos por la Universidad.

LA ALCALDIA DE LA CRUZ NARIÑO, ha brindado como pasante la oportunidad de ser partícipe del proyecto "Pavimentación de la vía La Cruz La Estancia" con el cual se busca reforzar los conocimientos adquiridos en la Universidad del Cauca en especial en un tema como es el de la construcción de vías, trabajando con ética, responsabilidad y brindando una participación activa en todas y cada una de las actividades que sean impartidas por esta entidad.

La Práctica Profesional (Pasantía) que se desarrollará tiene que ver con las diferentes actividades y procesos que se llevan a cabo para la construcción de una vía, incluyendo prácticas de diferentes ramas de la ingeniería no solo en el campo de las vías, permitiendo con ello que futuros ingenieros puedan realizar aportes, dar opiniones, tener nuevas experiencias en todo lo concerniente a técnicas, principios y metodologías de la ingeniería civil.

2. JUSTIFICACION

El considerar como trabajo de grado la Práctica Profesional (pasantía), resulta importante ya que con ella se adquiere experiencia y se afianza aún más en los conocimientos adquiridos por el estudiante para de esta manera tener un criterio técnico bien definido a la hora de tomar decisiones en problemas con los que frecuentemente se tiene que enfrentar un ingeniero.

El municipio de La Cruz, requiere contratar la Pavimentación de la vía La Cruz La Estancia desde el K0+ 750 al K1+ 250 del Municipio de La Cruz (Nariño) por la necesidad que existe de dotar al mismo, de una infraestructura vial adecuada que permita a la comunidad beneficiada mejores condiciones para llevar a cabo las actividades desarrolladas sobre ésta vía. Este proyecto tiene algo muy importante en su total y completo desarrollo y es que logra beneficiar a 17000 habitantes del municipio de La Cruz y lugares aledaños.

En la ejecución de la práctica profesional se quieren realizar seguimientos rigurosos que vayan dirigidos a un adecuado manejo de todas y cada una de las etapas del proyecto apoyándonos de los respectivos controles que puedan verificar el óptimo comportamiento de la obra. Determinando así variaciones que de antemano pueden ser evitadas y seguido a ello garantizar la calidad de la obra.

3. OBJETIVOS

3.2 OBJETIVO GENERAL

- ✓ Participar como auxiliar de ingeniería en los diversos procesos constructivos que se ejecuten en la obra de pavimentación de la vía La Cruz-La Estancia, en el municipio de La Cruz (Nariño).

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Vigilar que los plazos, normas constructivas, especificaciones y diseños estipulados por el proyecto se le den estricto cumplimiento.
- ✓ Realizar un seguimiento en la obra, a manera de supervisión, practicando controles de calidad antes, durante y después en todos los procesos constructivos a ejecutar.
- ✓ Realizar informes periódicos de las actividades ejecutadas en el proyecto y de la experiencia adquirida durante las mismas.
- ✓ Presentar un informe final donde queden documentados los logros alcanzados, experiencias más importantes y el desarrollo de los objetivos propuestos durante el trabajo de pasantía.
- ✓ Heredar nuevos conocimientos basados en la experiencia compartida con personal administrativo, profesional y técnico presente en la obra, con la cual se interactúa durante el desarrollo del trabajo de pasantía.

4. INFORMACION DEL PROYECTO

El proyecto de pavimentación de la vía La Cruz La Estancia, se encuentra ubicada desde el kilómetro K0+ 750 hasta el kilómetro K1+ 250, en el Municipio de La Cruz (Nariño), convenio N° 162 de 2009 Acción Social-Municipio. Licitación Pública N° 001-LP de 2010 adjudicada mediante Contrato de Obra 003-LP-2010 al Ingeniero Contratista Hugo Moran por un valor de cuatrocientos cincuenta y dos millones ochocientos nueve mil treinta y dos pesos m/cte. (\$ 452.809.032). El tramo a pavimentar tiene las siguientes especificaciones:

Serán 500 metros lineales para un área aproximada de 3000 m².

Se realizarán trabajos de excavación, de tipo manual o mecánico, las cuales estarán protegidas en el fondo y paredes contra la intemperie para evitar pérdida de estabilidad y de capacidad de soporte.

Construcción de un filtro a lo largo de todo el tramo, ancho 40 cm y altura 45 cm, con un geotextil NT 1600, el material llenante es triturado gradado y limpio de impurezas hasta un tamaño adecuado de 4" de diámetro, el filtro lleva tubería de PVC perforada de 4" de diámetro en sectores determinados por la interventoría.

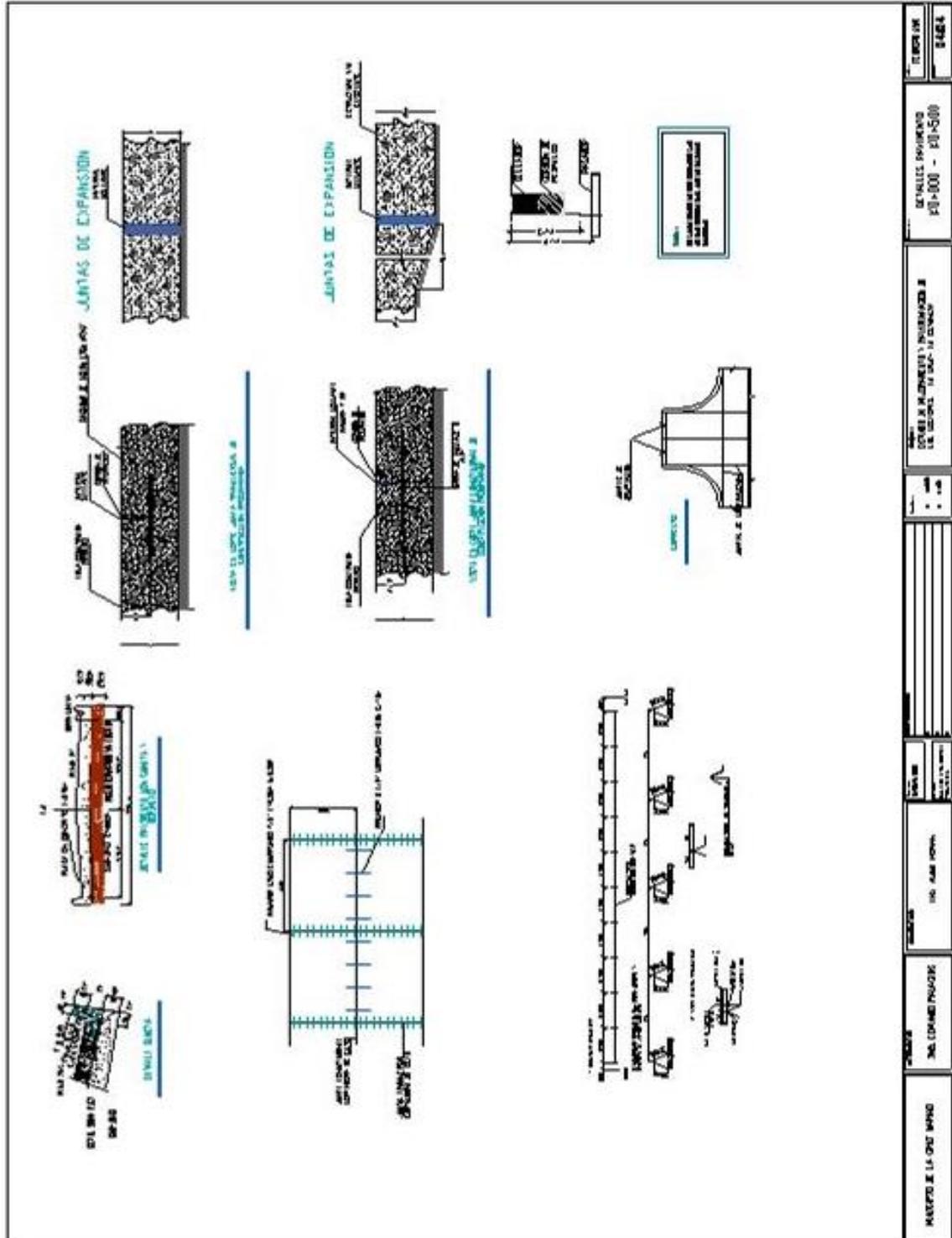
Se usará tubería de Concreto Reforzado de 900mm de diámetro para la construcción de las Alcantarillas circulares, cumpliendo con requisitos de resistencia y permeabilidad.

El trazado de la vía, a partir de la ya existente, se hace con el método de las tapas, tomando niveles desde el eje de la vía a lado y lado de la misma con puntos de referencia para luego realizar el peralte de la vía y comenzar con los cortes. La conformación de la superficie de la vía se hará con material de minas de la región, colocado y compactado con métodos manuales o mecánicos, todo bajo supervisión de la interventoría. La estructura del pavimento consta de una subbase de 20 cm de espesor y una carpeta en concreto hidráulico de 18 cm de espesor con los respectivos refuerzos transversales y longitudinales, además de cunetas y bordillos en la vía con medidas especificadas en los

planos. Se realizaran 2 nuevas alcantarillas con el fin de evacuar la mayor cantidad de agua proveniente de los filtros y las cunetas de la vía.

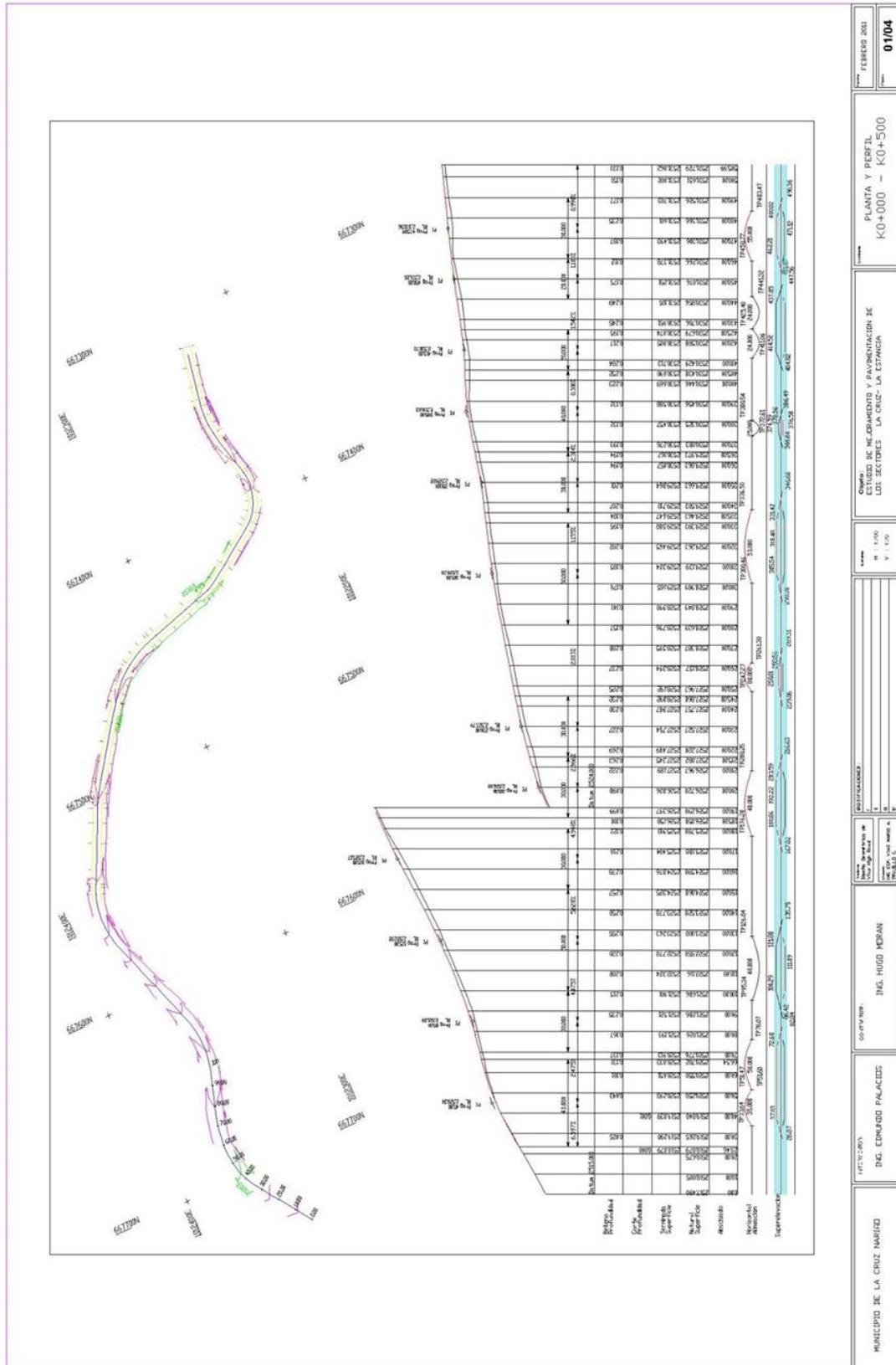
Una calzada que consta de dos carriles de 3.10m de ancho, cuneta de 0.75m solo a un lado de la vía y bordillos a lado y lado de la vía.

Figura 1. Detalles del Pavimento



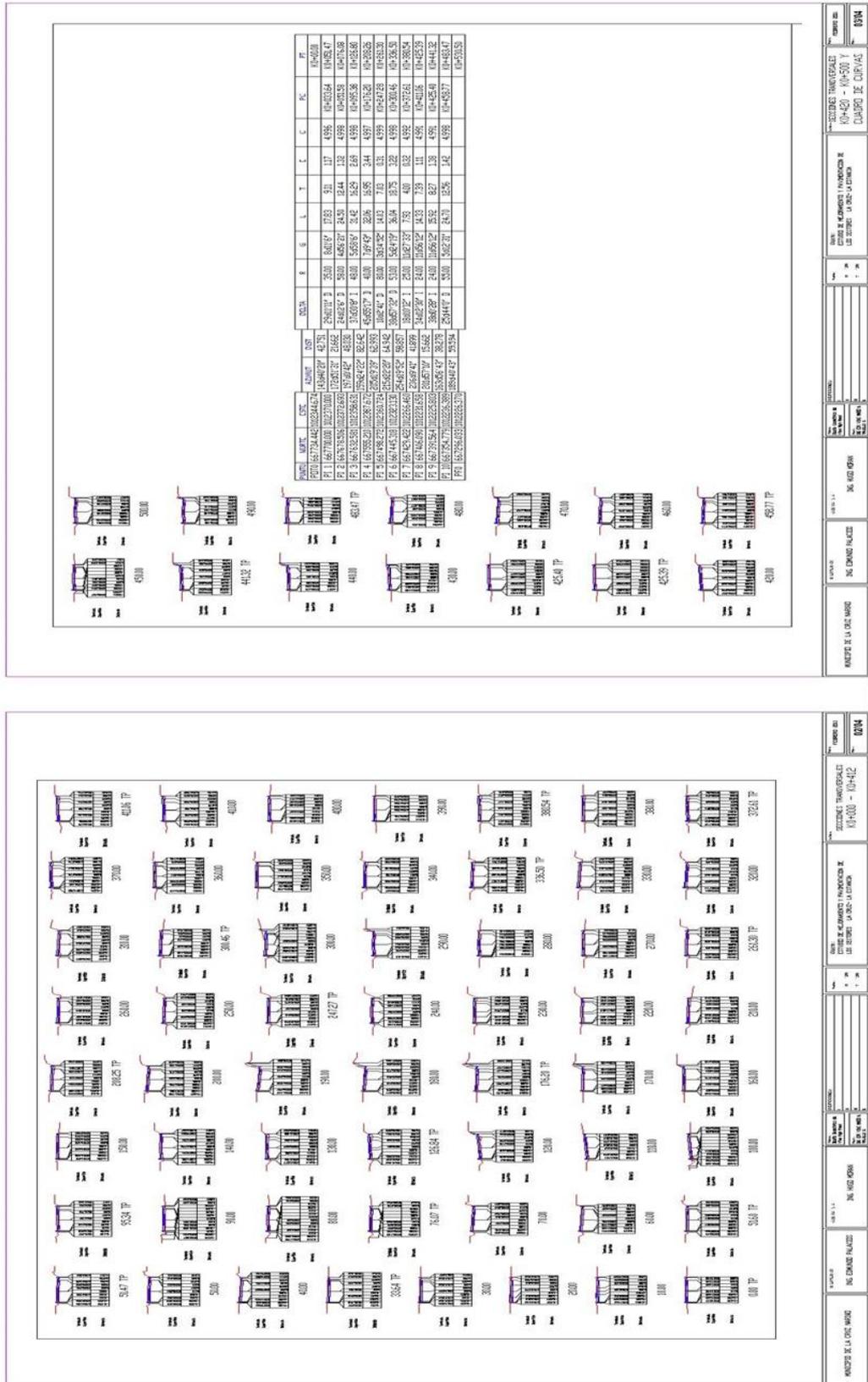
Fuente: Planos del proyecto.

Figura 2. Diseño Planta Perfil de la Vía



Fuente: Planos del proyecto.

Figura 3. Secciones Transversales



Fuente: Planos del proyecto.

5. GENERALIDADES DEL PROYECTO

5.1 EMPRESA RECEPTORA

ALCALDIA DEL MUNICIPIO DE LA CRUZ NARIÑO

5.1.1 Misión. La Cruz, Departamento de Nariño, es una entidad territorial comprometida con la satisfacción de necesidades básicas insatisfechas de su población, que trabaja en la construcción de un municipio justo y equitativo, teniendo como base el respeto por los derechos constitucionales, garantizando la satisfacción de las necesidades básicas de todos sus habitantes especialmente de los niños, adolescentes, población desplazada y madres cabeza de familia, así como un mejoramiento continuo y sostenido de su calidad de vida, a través de un acuerdo y esfuerzo interinstitucional, entre la Alcaldía, el gobierno departamental, nacional y la sociedad civil. El compromiso adquirido es lograr un verdadero desarrollo del municipio bajo los principios de democracia participativa, desarrollo humano sostenible, equidad de género, respeto por los derechos humanos y del medio ambiente.

5.1.2 Visión. Para el año 2011 La Cruz será municipio acogedor, espacio de vida saludable, participante, emprendedor, creativo y solidario, centro y líder de una región competitiva, en continuo desarrollo humano sostenible; generando colectivamente opciones y oportunidades para todos y todas especialmente para la niñez y la adolescencia, con criterios de equidad y respeto, dentro de un marco ambiental sostenible y sustentable.

5.1.3 Localización Geográfica. Se encuentra a 103 kilómetros al noreste de la ciudad de San Juan de Pasto, limitando por el norte con Colón, San Pablo y el Departamento del Cauca, por el sur con El Tablón, San Bernardo y el Departamento de Putumayo, por el oriente con el Departamento del Cauca y el Putumayo y por el occidente con San Bernardo, Belén y Colón. La altura sobre el nivel del mar es de 2.500 metros, la temperatura media es de 17 grados

centígrados, precipitación media anual 1.645 milímetros y su extensión es de 237 kilómetros cuadrados. Su territorio es montañoso, destacándose como principales accidentes orográficos el Volcán Doña Juana, La Cuchilla de las Gallardas y los cerros Doncella, El Churo, Las Animas, Petacas y Púlpito; estas tierras corresponden a pisos térmicos medio, frío y páramo, la corriente que lo riega es el Río Mayo y algunas quebradas menores.

Figura 4. Localización Geográfica del Municipio de La Cruz (Nariño)



Fuente: <http://www.lacruzdelmayo.com>

5.2 MARCO TEORICO

5.2.1 Definición de Pavimento. Se define a un Pavimento como toda estructura que descansa sobre el terreno de fundación o también llamada subrasante, formada su estructura por las diferentes capas de subbase, base y carpeta de rodadura. Su objetivo primordial es el de distribuir y transmitir las cargas aplicadas por el tránsito al cuerpo del terraplén, proporcionando una superficie de rodadura suave para los vehículos, y proteger al suelo de los agentes climatológicos los cuales afectan la resistencia al soporte del mismo. El pavimento soporta y distribuye la carga en una presión unitaria lo

suficientemente disminuida para estar dentro de la capacidad del suelo que constituye la capa de apoyo, reduciendo así la formación de fallas.

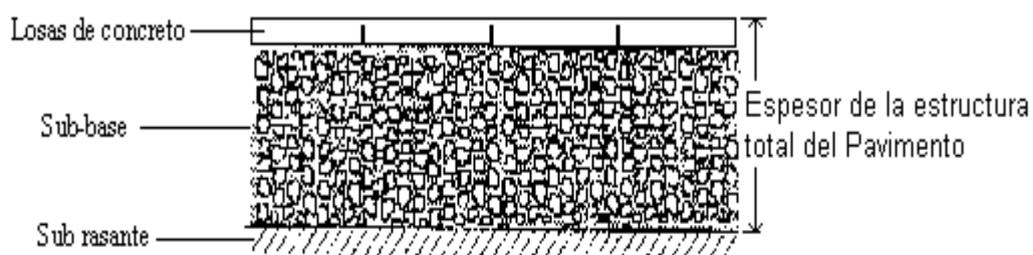
Existen dos tipos de pavimento: los flexibles (de asfalto) y los rígidos (de concreto hidráulico). La diferencia entre ellos es la resistencia que presentan a la Flexión.

5.2.2 Pavimento Rígido. Estos pavimentos se conforman por una subbase y una losa de Concreto Hidráulico (ver Figura 5), la cual le va a dar una alta resistencia a la flexión Además de los esfuerzos a flexión y de compresión, este pavimento se va a ver afectado en gran parte por los esfuerzos que tenga que resistir al expandirse o contraerse por cambios de temperatura y condiciones climáticas.

Este pavimento debe satisfacer, además, las características principales del pavimento de Concreto Hidráulico como son:

- Estar previstas para un periodo largo de servicio.
- Prever un bajo mantenimiento.

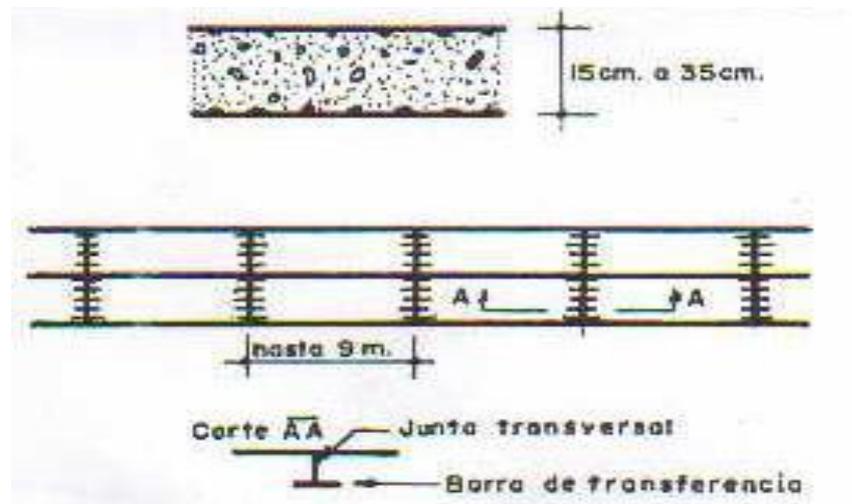
Figura 5. Estructura de un Pavimento Rígido



Fuente: <http://www.trituradoselchocho.com.co>

Existen pavimentos rígidos sin y con elementos de transferencia de carga, éstos últimos consisten en pequeñas barras de acero, que se colocan en la sección transversal, en las juntas de contracción. Su función estructural es transmitir las cargas de una losa a la losa contigua, mejorando las condiciones de deformación en las juntas, evitando los desplazamientos verticales diferenciales (escalonamiento)

Figura 6. Pavimentos Rígidos Reforzados



Fuente: www.ingenieracivil.com/pavimento-rigido.html

5.2.3 Parámetros de Diseño. El diseño de un Pavimento Rígido toma como parámetros los siguientes conceptos:

- ❖ Volumen, tipo y peso de los vehículos que transitarán por la vía.
- ❖ Módulo de reacción de la Subrasante.
- ❖ Resistencia del Concreto que se va a utilizar, construcción y mantenimiento.
- ❖ Condiciones climáticas.
- ❖ Posición de la estructura.
- ❖ Geometría del proyecto (Diseño Vial).

El tránsito puede ser calculado a través de aforos, la resistencia del concreto puede proponerse, las condiciones climáticas se pueden obtener de cartas climáticas del lugar, la posición de la estructura mediante ensayos e investigaciones del terreno, diseño vial por distribución del tráfico en el pavimento y el valor relativo de soporte "K" está en función de una prueba de placa, la cual es una prueba de penetración sobre la subrasante.

5.3 METODOLOGIA

En el proyecto de la vía La Cruz La Estancia se van a pavimentar 500 metros lineales para un aproximado de 3.000 metros cuadrados (m²); aquí se trata de observar, puntualizar y analizar todas y cada una de las actividades y procesos constructivos que se realicen dentro de la obra, es decir todo lo concerniente a controles de calidad, mediciones, cálculo de cantidades de material, interpretación de planos, trazado y localización de la vía, transporte, colocación y compactación del material de subbase, mezclado y transporte del concreto en la obra, manejo del acero de refuerzo en los diferentes puntos de la obra; así como también el manejo de los diferentes equipos usados en la construcción tales como decámetros, nivel de manguera, plomadas, hilos, maquinaria pesada, equipos de topografía, etc. La forma como se manejan en obra estos instrumentos, las artimañas que los maestros se dan para una correcta concepción y materialización, llevando así un adecuado control de la obra y garantizando un resultado óptimo.

5.3.1 Actividades en Obra. La obra tendrá un desarrollo en el cual se irán revisando y analizando actividades constructivas tales como:

- Localización y nivelación del eje de la vía (a partir de la vía ya existente).
- Construcción de 2 nuevas alcantarillas con tubería circular de 900mm de diámetro en concreto reforzado.
- Realizar excavaciones según lo estipulado en planos para cimentaciones de obras de arte, protegidas adecuadamente en el fondo y paredes.
- Construcción de filtros en geotextil NT 1600, triturado ¾" a 4" y tubería de PVC perforada de diámetro 4".
- Trazar el peralte en la vía para comenzar trabajos con la motoniveladora y dejar nivelada la superficie de la vía es decir la subrasante.
- Relleno compactado con material de afirmado, refiriéndose a la conformación de la superficie de la vía con el material colocado y compactado con métodos manuales o mecánicos.
- Realización de Concretos, los cuales deberán componerse de mezclas, POR PESO, de cemento portland, agua, agregado grueso y agregado

fino. Con excepción del aditivo impermeabilizante, cuyo uso estará sujeto a la aprobación del interventor.

- Realizar controles de calidad al concreto tales como ensayos de manejabilidad y consistencia (fabricación de cilindros y viguetas, ensayo del slump).
- Construcción de formaletas.
- Mezcla, transporte, colocación y vaciado del concreto.
- Protección y Curado del concreto.
- Construcción de muros de contención en concreto ciclópeo.
- Construcción de juntas y sello para juntas.
- Manejo del acero de refuerzo dentro de la obra.

Es necesario realizar un control diario de cada una de las actividades expuestas anteriormente, observando el avance y resultados en obra, ayudándonos de documentos en Excel, informes, fotos, planos, etc.

6. TRABAJO REALIZADO COMO AUXILIAR DE INGENIERIA

6.1 TRABAJOS PREVIAMENTE REALIZADOS EN LA VIA

Un equipo de topógrafos desarrollaron un trabajo de rediseño de la vía sobre la ya existente, ya que como estaba trazada no era posible el trazado de algunas curvas horizontales y el diseño geométrico de la vía no era el correcto, entonces fueron trazando el nuevo diseño geométrico sobre el eje central de la vía usando el método de las tapas el cual consistía en ubicar en el centro de la vía tapas clavadas en la subrasante con clavos de 3 pulgadas cada 10 metros y en puntos importantes tales como PC, PI, PT entre otros que nos van definiendo el diseño geométrico de la vía.

Todo lo anterior se definió en las respectivas carteras de tránsito, las cuales son de gran ayuda en el resto del proyecto debido a que con ellas nos podemos guiar sobre en qué punto nos encontramos, comienzos de curvas verticales y horizontales, peraltado de la vía en cada una de las zonas abscisadas, y lo más importante es que ahí se definen las cotas de trabajo, cotas rojas y modificadas para con esto entrar a trabajar con las cotas de la subrasante, la subbase y la carpeta o losa en concreto hidráulico.

Cada punto que se colocaba en el eje central de la vía; demarcado con una tapa clavada en la abscisa correspondiente; era muy bien referenciado colocando a cada lado, izquierdo y derecho, un palo de guadua en el cual se inscribía la distancia desde este punto al eje central y además la altura del punto central sumado 1 o 1.5 metros en la guadua según la conveniencia.

Así se fue trazando y ubicando el nuevo eje central de la vía, es decir el rediseño, a lo largo de todo el proyecto de pavimentación de la misma que constituye desde el K0+750 hasta el K1+250 (500 metros lineales), todo esto se hizo bajo supervisión de topógrafos profesionales y con la ayuda de los respectivos equipos.

Figura 7. Toma de topografía en la Vía



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados entregados al final de dicho trabajo, por parte de los topógrafos, es una cartera de rasante diseño que abarca todos los 500 metros lineales en las cuales se dan a conocer las abscisas, cota negra, cota rasante, cota rasante corregida, pendiente longitudinal, peraltado izquierdo y derecho, cotas de bordillo, de cuneta entre otros, una serie de planos con detalles de planta y perfil del nuevo diseño geométrico (ver Figura 2), secciones transversales (ver Figura 3) y otros detalles de la vía.

Figura 8. Cartera de Rasante Diseño

ENTRADA COORDENADA				CARTERA DE RASANTE DISEÑO											
ALCALDIA DE LA CIEBA NARIÑO				PARRAMUNEN DE LA VALLA DEL CAUCA (CALLE DE LA CRUZ DEL MUNICIPIO DE LA CRUZ)											
				Tramos: 0+0000 a 0+1500 desde inicio, se ajusta al tramo 0+000000											
				Escala: 1:100											
Abscisa	Cota Negra	Cota Rasante	Pendiente %	PERALTE		Cuneta		Bordillo		Cuneta		Bordillo			
				Del	Hacia	Del	Hacia	Del	Hacia	Del	Hacia				
0+000	2104.870	2108.870	4.250	-0.30	-0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10		
PCV 1	2104.870	2108.870	4.250	-0.30	-0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10		
Transición 1a 1/2	2104.870	2108.870	4.250	-0.30	-0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10		
0+100	2108.900	2112.900	4.250	-0.30	-0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10		
PCT 1	2108.900	2112.900	4.250	-0.30	-0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10		
0+200	2112.930	2116.930	4.250	-0.30	-0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10		
Transición Max 1	2112.930	2116.930	4.250	-0.30	-0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10		
0+300	2116.960	2120.960	4.250	-0.30	-0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10		
PCT 2	2116.960	2120.960	4.250	-0.30	-0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10		
0+400	2120.990	2124.990	4.250	-0.30	-0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10		
Transición Max 2	2120.990	2124.990	4.250	-0.30	-0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10		
0+500	2125.020	2129.020	4.250	-0.30	-0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10		
PCT 3	2125.020	2129.020	4.250	-0.30	-0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10		
0+600	2129.050	2133.050	4.250	-0.30	-0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10		
Transición Max 3	2129.050	2133.050	4.250	-0.30	-0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10		
0+700	2133.080	2137.080	4.250	-0.30	-0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10		
PCT 4	2133.080	2137.080	4.250	-0.30	-0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10		
0+800	2137.110	2141.110	4.250	-0.30	-0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10		
Transición Max 4	2137.110	2141.110	4.250	-0.30	-0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10		
0+900	2141.140	2145.140	4.250	-0.30	-0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10		
PCT 5	2141.140	2145.140	4.250	-0.30	-0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10		
0+1000	2145.170	2149.170	4.250	-0.30	-0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10		
Transición Max 5	2145.170	2149.170	4.250	-0.30	-0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10		
0+1100	2149.200	2153.200	4.250	-0.30	-0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10		
PCT 6	2149.200	2153.200	4.250	-0.30	-0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10		
0+1200	2153.230	2157.230	4.250	-0.30	-0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10		
Transición Max 6	2153.230	2157.230	4.250	-0.30	-0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10		
0+1300	2157.260	2161.260	4.250	-0.30	-0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10		
PCT 7	2157.260	2161.260	4.250	-0.30	-0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10		
0+1400	2161.290	2165.290	4.250	-0.30	-0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10		
Transición Max 7	2161.290	2165.290	4.250	-0.30	-0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10		
0+1500	2165.320	2169.320	4.250	-0.30	-0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10		
PCT 8	2165.320	2169.320	4.250	-0.30	-0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10		

Fuente: Elaboración propia.

Luego comienzan trabajos de excavación de dos zanjas con ayuda de equipo pesado como lo es la Retroexcavadora para instalación de tubería circular de 36" del alcantarillado recolector de aguas lluvias, ayudando así a evacuar aguas provenientes del mismo pavimento y de escorrentías aledañas minimizando los riesgos de accidentes en la vía para los futuros usuarios de la misma.

Figura 9. Excavación de zanja e instalación de Tubería



Fuente: Elaboración propia.

6.2 CONSTRUCCION OBRAS DE ARTE (ALCANTARILLAS)

Se hace necesario la construcción de alcantarillas en este caso 2 para evacuar las aguas lluvias que caen directamente al pavimento y también las provenientes de las escorrentías superficiales de las montañas.

La ubicación de estas alcantarillas es una en el K0+928 y la otra en el K1+133, las cuales se construyen ya que no existían dichas obras antes de comenzar el proyecto de pavimentación. Luego por intervención de Acción Social se ve la necesidad de construir una tercera alcantarilla ubicada en el K1+068, para mejorar las condiciones de uso y lograr evacuar aún mejor las aguas que caen sobre el pavimento (lluvias, escorrentías, etc)

6.2.1 Formaleta. Lo que primero se hace es la excavación del lugar donde van ubicadas las alcantarillas según lo establecido en los planos para

cimentaciones de obras de arte protegidas de forma adecuada en el fondo y las paredes, luego comienzan a ubicarse una serie de tablas con las cuales se hará la formaleta de la alcantarilla cuidando de que dicha formaleta quede con las dimensiones correctas, es decir altura, espesor y longitud indicadas por el ingeniero constructor. La construcción e instalación de la formaleta se hace con ayuda de niveles de burbuja y plomadas, para dar verticalidad a las paredes de la alcantarilla y horizontalidad a los solados de la misma, aunque haya que darle un poco de desnivel para que el agua corra y no se quede estancada en la alcantarilla. Se hace necesario colocar puntales detrás de la formaleta para contrarrestar el empuje generado por el concreto a la hora de vaciarlo, y así obtener los espesores adecuados de las paredes de la alcantarilla.

Estos concretos no se vibran y su colocación es manual al igual que su mezcla.

6.2.2 Tipo de Concreto. Para llevar a cabo dichas obras, en el contrato se ha establecido que la clase de concreto para este tipo de construcciones adicionales es un Concreto Clase E de 2500 psi, y son concretos que no llevan refuerzos en acero.

Estos tipos de concreto se realizan en obra mezclando de manera manual y en los cuales la dosificación es que por cada bulto de cemento se adiciona $\frac{1}{2}$ bugi o carretilla de arena equivalente a 5 baldes de 0.01m^3 y 2 bugis o carretillas de mixto (arena de río + triturado) equivalente a 20 baldes de 0.01m^3 , ya que no tiene grandes exigencias, pero sin dejar de lado características importantes como resistencia, durabilidad, etc. Es decir si se hiciera la dosificación con cajones de 0.04 m^3 de volumen (medidas $0.34*0.34*0.35\text{ m}$) la dosificación quedaría como 1:1:4.

Para la dosificación de la mezcla de concreto se utilizan instrumentos de trabajo tales como un balde de aproximadamente 0.01 m^3 , con el cual se mide la cantidad de agregados a adicionar a la mezcla así como también el agua, mientras que el cemento si viene por sacos de 50 Kg y no hay necesidad de medirlo; algo que también utiliza el maestro en obra para realizar la mezcla y llevar a cabo la dosificación es mediante carretas o más conocidos como “bugis” los cuales tienen un volumen aproximado equivalente a 8 baldes de

0.01 m³. Se procede a revolver primero los agregados con el cemento en seco y luego ya se adiciona el agua y se revuelve hasta que la mezcla quede homogénea, se carga en bugis, se transporta y por último se vacía en la formaleta.

Figura 10. Dosificación y Mezcla del Concreto en Obra



Fuente: Elaboración propia.

Figura 11. Formaleta y Vaciado del Concreto



Fuente: Elaboración propia.

6.3 CONSTRUCCION DE FILTROS

Una vez ya se tiene la topografía del lugar con las respectivas carteras de rasante y los planos, se empieza a dar ubicación de un filtro que será construido a todo lo largo del pavimento y constituye 480 metros lineales.

Tomando la vía en sentido de norte a sur, el filtro va ubicado en el carril derecho por fuera de los 3.10 m que mide el carril, es decir va por debajo de la cuneta la cual solamente se construirá de este lado no más (carril derecho). La razón por la cual se construye este filtro es que nos ayudara a proteger a toda la estructura del nuevo pavimento rígido, evitando así que el agua proveniente de escorrentías subterráneas penetren la estructura del pavimento y lo debiliten de tal manera que llegue a fallar y por ende su durabilidad y resistencia no alcance los estándares especificados en el contrato de obra.

La excavación para instalar dicho filtro se hará de forma manual, para ello se tiene una cuadrilla constituida por un maestro y 8 obreros (puede variar), los cuales con ayuda de herramienta menor como palas, picas, machete entre otros empiezan a excavar y evacuar el material que sale de esta zanja de 480 metros de longitud con una sección rectangular de 0.45m * 0.40 m, para un volumen total de excavación de aproximadamente 87 m³.

Al realizar las excavaciones para el filtro, con ayuda de las referencias inscritas en las guaduas y la cartera de rasante, se verifica los niveles de dicha excavación rectificando que los niveles de cota clave y cota batea del filtro sean y estén en la elevación apropiada, de tal manera que al final de construido el filtro, su cota clave quede al mismo nivel de la cota de rasante (nivel ceros de la estructura del pavimento).

Hechas las excavaciones se procede a colocar el geotextil el cual cubre a plenitud las paredes laterales y el fondo del filtro dejando un sobrante en la parte superior para poder cerrarlo y cocerlo. A continuación se procede a ubicar la tubería de PVC perforada de 4" en el fondo del filtro, luego se comienza a vaciar el material filtrante (grava) teniendo en cuenta que se haga el lleno total hasta llegar a cota clave del mismo, se cierra el geotextil y se cose de forma

continua hasta hacer llegar o desembocar el filtro en la alcantarilla más cercana.

Figura 12. Construcción del Filtro



Fuente: Elaboración propia.

6.3.1 Constitución del Filtro. Las dimensiones que constituyen al filtro están dadas de tal forma que su sección transversal tiene una altura de 0.45 m y un ancho de 0.40 m, la longitud depende de la proximidad de las alcantarillas construidas en la obra. Se utilizara material filtrante compuesto por grava de tamaños entre $\frac{3}{4}$ " a 4" de forma redondeada proveniente de rio, un geotextil NT 1600, tubería de PVC perforada de diámetro 4" colocada en el centro del fondo del filtro.

Figura 13. Partes constitutivas del Filtro (material filtrante grava, geotextil NT 1600 y tubería PVC perforada de 4")



Fuente: Elaboración propia.

6.3.2 Construcción Filtro Adicional. Se hace necesario la construcción de un filtro adicional ubicado desde el K1+068 hasta el K1+133 aproximadamente 65 metros lineales adicionales de filtro, el cual se construye en este sitio debido a que es ahí donde se presenta un aumento de la escorrentía superficial y subterránea de agua ya que existen nacederos de agua provenientes de la montaña y que llegan a desembocar a un lado de la vía, de manera que habrá que guiar y converger esos caudales de agua hasta hacerlos llegar a la alcantarilla más próxima.

Los procedimientos constructivos son los mismos aplicados en el filtro construido al inicio de 480 m de longitud, con los mismos materiales y mismas dimensiones.

El ingeniero Director de Obra cree conveniente la construcción de este filtro ya que de esta manera se puede garantizar el aislamiento de la estructura del pavimento rígido con el lado donde se ubican las aguas provenientes de las escorrentías de la montaña logrando con ello un buen desempeño del pavimento a lo largo de su vida útil.

Figura 14. Construcción Filtro Adicional



Fuente: Elaboración propia.

6.4 TRABAJOS DE ACONDICIONAMIENTO DE LA SUBRASANTE

6.4.1 Definición de Subrasante. Constituye, como se ha mencionado, la capa de apoyo de los pavimentos, la cual puede ser formada por el propio terreno natural, perfilado y compactado adecuadamente. Pero algunas veces cuando el material natural disponible no posee las características para cumplir dicha función debido a problemas tales como expansión, bajo valor relativo de soporte entre otras, hay que recurrir a la utilización de materiales seleccionados de menor calidad, o bien a un tratamiento con productos como cemento Portland, cal, asfaltos, etc., dependiendo la selección de alguno de ellos de aspectos económicos y prácticos.

La capacidad de respuesta estructural de la subrasante puede ser determinada mediante el módulo de reacción "K" el cual constituye uno de los principales parámetros de diseño de los pavimentos rígidos. Los niveles de esfuerzos y deformaciones producidos en la subrasante son muy bajos, debido a la elevada rigidez del concreto y del efecto de viga desarrollado por las losas de concreto, de modo que no se requiere un elevado valor de soporte en dicha capa, siendo de mayor importancia que tal efecto de soporte sea uniforme, condición que debe mantenerse a lo largo del tiempo.

Dicho soporte hace referencia a la capa de suelo que se encuentra inmediatamente debajo del pavimento, y también a las características geométricas en los sentidos transversal y longitudinal.

De forma general, las imprecisiones y sobre todo las variaciones de soporte de la subrasante determinan el empleo de las capas de subbase, cuyo espesor varía con las condiciones de la subrasante y el tráfico.

La interposición de esa capa entre la subrasante y la base del pavimento tiene como objetivo principal la de conseguir un soporte mínimo compatible con el proyecto y permitir la conformación de la plataforma dentro de las exigencias del geométricas proyecto.

Otro de los parámetros de suelo que define la capacidad de soporte del suelo puede ser el CBR.

6.4.2 Estado de la Subrasante. Nos encontramos con la carretera en su estado natural es decir con peraltes y bombeos que se han ido formando con el pasar del tiempo y el mismo tráfico, aquellas características tal como están no son aceptables según el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2008 para una “carretera secundaria”³. Entonces con la ayuda de la Topografía tomada en el lugar, planos, secciones transversales, carteras y puntos de referencia comenzamos trabajos de nivelación de la subrasante, dando el peralte y bombeo correcto y establecido en las carteras tanto en entretangencias como en curvas horizontales, dejando un margen de error de + o - 2cm.

“En las entretangencias horizontales las calzadas deben tener, con el propósito de evacuar las aguas superficiales, una inclinación transversal denominada Bombeo, que depende del tipo de superficie de rodadura”⁴, a continuación se presentan los valores correspondientes.

Tabla 1. Bombeo de La Calzada

TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA	BOMBEO %
Superficie de concreto hidráulico o asfáltico	2
Tratamientos superficiales	2 – 3
Superficie de tierra o grava	2 - 4

Fuente: Manual de Diseño Geométrico para Carreteras.

Tenemos definido ya un diseño geométrico de la vía la cual consta de una calzada con dos carriles de 3.10 m de ancho cada uno, una cuneta de 0.80 m en el carril derecho y un bordillo de 0.15 m en el carril izquierdo, no se tienen bermas. El bombeo viene dado, según tipo de superficie de rodadura en este caso concreto hidráulico, con un 2%, solo en las cunetas el bombeo es del 15%.

³MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO PARA CARRETERAS, Capitulo 1, Aspectos Generales.

⁴MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO PARA CARRETERAS, Capitulo 5, Diseño de la Sección Transversal de la carretera.

Tabla 2. Ancho de Calzada

Ancho de calzada (metros)

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO (V_{TR}) (km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30
	Ondulado	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30
	Montañoso	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-
Primaria de una calzada	Plano	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-
	Ondulado	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-
	Montañoso	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-	-
Secundaria	Plano	-	-	-	-	7.00	7.00	7.00	-	-	-
	Ondulado	-	-	-	-	7.00	7.00	7.30	-	-	-
	Montañoso	-	-	6.60	7.00	7.00	7.00	-	-	-	-
Terciaria	Plano	-	-	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	-	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	6.00	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-	-

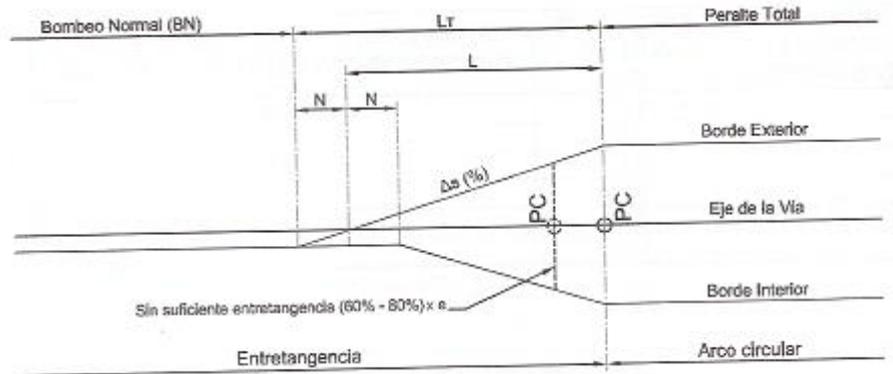
Fuente: Manual de Diseño Geométrico para Carreteras.

6.4.3 Acondicionamiento de la Subrasante. Tenemos una estructura del pavimento hidráulico constituido por una subbase de 0.20 m de espesor y una losa de concreto de 0.18m de espesor para un espesor de la estructura total del pavimento de 0.38 m. Entonces con las reseñas y niveles indicados (+1.0m, +1.5m, +2.0m) en los puntos de referencia (guaduas a lado y lado de la carretera), trazamos con la ayuda de una piola una línea de guadua a guadua y a partir de ella medimos, según sea el nivel, hasta la subrasante. Por ejemplo si dice +1.0m indica que a partir del eje de la vía ya terminada es decir con el pavimento hidráulico, a ese punto ubicado en la guadua hay 1.0m medido en forma vertical. Entonces a la hora de trazar la piola se debe medir a partir de ella hacia abajo 1.38 m debido a que el espesor de la estructura del pavimento es de 0.38m; para quedar así a nivel de la subrasante es decir quedar en ceros la carretera.

En partes donde hay entretangencia, se deben realizar dos medidas y es debido a que una va con el eje de la vía (referenciado “eje” en guadua) y el otro está definido por el bombeo (referenciado “B” en guadua) tomando la medida en el borde de cada carril. En las curvas horizontales las medidas a tomar se rigen de acuerdo al peralte de dicha curva (referenciado “P” en guadua), el cual va variando en el inicio hasta llegar a un punto en donde es igual para ambos

carriles (inclinación de la calzada), y luego vuelve a variar hasta llegar a la tangente y cambiar a bombeo (transición de peraltado en curvas circulares).

Figura 15. Transición de peraltes para curvas circulares



Fuente: Manual de Diseño Geométrico para Carreteras.

Figura 16. Nivelación de la subrasante, trazado de bombeo y peralte



Fuente: Elaboración propia.

Una vez se tengan los niveles de la subrasante se procede a ubicar estacas sobre la carretera en las cuales se indica al operario de la motoniveladora

donde tiene que realizar cortes del terreno y hasta cuanto tiene que profundizar los escarificadores de la máquina y la cuchilla niveladora, cortando y evacuando el material sobrante, también se indica si hay que realizar terraplenes y su dimensión. Estas referencias se indican con un + 0.15 (indica relleno de 15cm) o un -0.35 (indica 35 cm de corte). También se colocan estacas al nivel que se desea dejar la subrasante, es decir que la cabeza de la estaca quede a ras con la cota final de la subrasante, en obra se la llamo cota cero, o sea dejar en ceros el nivel de la carretera.

El operario de la motoniveladora se va guiando con las estacas y con la ayuda de mediciones permanentes del maestro y el Ing. Residente de obra, para ir cortando y realizando rellenos donde sea necesario, dejando así perfilada la carretera con bombeos en las entretangencias y los peraltes respectivos en las curvas horizontales presentes en la obra. Se deja un margen de error en las mediciones de más o menos dos centímetros (+ o - 2 cm), el cual se piensa suplir a la hora de construir la capa de subbase en la cual el margen de error ya es menor.

Uno de los inconvenientes que se presentaron en esta labor es que el operario de la motoniveladora dice que no se puede laborar en tramos pequeños, sino más bien en tramos mayores a 80 metros, logrando de esta manera mejores resultados en menos tiempo.

Luego de terminar trabajos la motoniveladora, dejando lista y nivelada la subrasante, entonces se procede a compactarla haciendo uso de un compactador vibratorio monocilíndrico, el cual da una serie de pasadas; 8 aproximadamente; en cada tramo ya nivelado dejándolo listo y compactado para entonces proceder a realizar la capa de subbase.

Algo especial que se miró en estos trabajos es que el grado de compactación de la subrasante se obtiene confiando en la amplia experiencia por parte del operario del vibro compactador, el cual daba una serie de pasadas y afirmaba que eran suficientes para dejarlo listo y compactado.

Figura 17. Acondicionamiento de la Subrasante



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Estos trabajos se solían complicar algunas veces debido a la presencia de lluvias fuerte ya que es una zona fría que se haya a casi 2500 m.s.n.m aprox. El suelo se vuelve inestable, convirtiéndose en un barro que no se puede manejar, excavar, evacuar ni compactar, luego había que esperar que pase el mal tiempo y retomar después labores de acondicionamiento de la subrasante.

Una vez se tiene compactada y nivelada la subrasante se procede a realizar un sellado de la misma el cual se hace con el mismo vibro compactador rociando un poco de agua y así humedecer el suelo lo suficiente para garantizar adherencia entre las partículas del suelo; de esta manera se logra que el agua que caiga sobre la carretera, proveniente de lluvias o escorrentías superficiales, siga su curso normal evitando que penetre en la capa y vuelva inestable el suelo.

Finalizada esta labor habrá que responder por una capa muy bien compactada y sellada de características óptimas, de tal manera de que las estructuras que van sobre ella no sufran ningún tipo de avería, ni falla estructural tal como fisuras, fracturas entre otras.

6.5 CONSTRUCCION Y PREPARACIÓN DE LA CAPA DE SUBBASE

6.5.1 Definición de Subbase. La capa de subbase utilizada en pavimentos rígidos es definida como aquella que subyace a la losa de concreto y está constituida con una serie de materiales granulares, materiales tratados entre otros.

Hoy en día se pretende fomentar, en el diseño de los pavimentos rígidos, el uso más integral y económico de los suelos naturales que existan en el sitio de elaboración del proyecto. De manera que el ingeniero debe analizar los requerimientos del diseño y decidir si se necesita o no de una capa de subbase o si se puede proponer alternativas menos costosas para satisfacer dichos requerimientos.

Para la construcción de la capa de Subbase se llevan a cabo una serie de ensayos sobre materiales dispuestos en la región, estos materiales son enviados a un laboratorio en la ciudad de Pasto en donde se realizan pruebas como desgaste en la máquina de los ángeles, granulometría, ensayo del proctor modificado entre otros para verificar las características de dichos

materiales y luego de un estudio minucioso entrar a definir el tipo de material a usar y la dosificación de los mismos.

Se envían muestras de materiales tales como Recebo, Arena, Mixto y Triturado, todos estos materiales de diferentes partes de la región y otros traídos de otros municipios. Para la conformación de la subbase se va a utilizar solo material de recebo en combinación con arena y también con mixto, y son los ensayos quien nos dirá la dosificación ideal para la conformación de esta capa.

De manera que se envían muestras de recebo, arena y mixto para realizar pruebas de laboratorio y definir los porcentajes para su dosificación, también ensayos de compactación en los cuales se obtiene la densidad máxima y humedad optima de esta capa para su posterior tratamiento.

En primera instancia se realizó una mezcla de solo dos materiales para la conformación de la capa de subbase y era 70% de recebo y 30% de arena, pero al realizar pruebas de densidad en sitio resulto que la compactación del terreno estaba por debajo de la especificada aproximadamente en 8 puntos, es por ello que se realizan nuevas pruebas y se define que esta capa deberá estar conformada por un material adicional y es el mixto, entonces se ejecutan pruebas como Granulometría Integrada de Subbase, ensayos de compactación y pruebas de densidad en sitio, de esta manera se consiguen mejores resultados con la nueva dosificación para la capa de subbase.

6.5.2 Material de Recebo. El material de Recebo usado en la obra es conseguido en minas ubicadas en la misma región (Mina de Tajumbina) donde se desarrolla el proyecto, este tipo de material es un Recebo arenoso formado por una mezcla de materiales granulares, arcilla y limos cuya granulometría viene dada en la tabla 3.

Tabla 4. Clasificación de la arena por módulo de finura MF

Gruesa	2.9 a 3.2
Media	2.2 a 2.9
Fina	1.5 a 2.2
Muy fina	Menos de 1.5

Fuente: Principios Básicos de Mecánica de Suelos.

Como podemos observar en los resultados arrojados en el ensayo de granulometría aplicado solo al material de Recebo se tiene que éste material por si solo presenta unos límites de plasticidad y liquido considerables y motivo de estudio. De acuerdo a la formula $IP = LL - LP$ se obtiene que su índice de plasticidad es de 7.87, “el IP siempre será un valor positivo y en general a mayor índice de plasticidad, MAYORES serán los problemas de ingeniería asociados con el uso de estos suelos, tales como suelos de apoyo a cimentaciones, suelos para terraplenes, suelos para rellenos, suelos usados en sub-base y bases para carreteras etc.”⁵

Lo que se hace al mezclar los tres tipos de material (arena, mixto y recebo), es bajar un poco ese índice de plasticidad y curarnos en salud para el posterior uso de ésta combinación de materiales conformando de esta manera una capa de subbase que nos proporcione las mejores características de aplicación de ingeniería.

6.5.3 Conformación Integrada de la Subbase. En este ensayo realizado en laboratorio podemos observar que la curva granulométrica generada por la combinación de estos tres materiales con sus respectivos porcentajes, está dentro de los rangos definidos (límite superior y límite inferior), garantizando una subbase acorde a las especificaciones del proyecto.

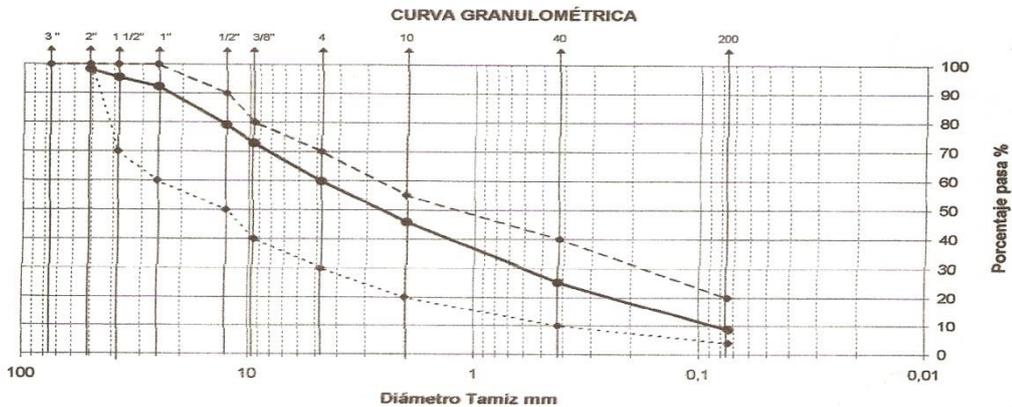
⁵PRINCIPIOS BASICOS DE MECANICA DE SUELOS, Plasticidad y clasificación de los suelos.

Tabla 5. Granulometría Integrada de Sub-Base

GRANULOMETRÍA INTEGRADA DE SUB-BASE

PROYECTO	PAVIMENTACIÓN VÍA LA CRUZ - LA ESTANCIA
LOCALIZACIÓN	MUNICIPIO DE LA CRUZ - NARIÑO
DESCRIPCIÓN	MATERIAL DE SUB BASE
REFERENCIA	MIXTO SAN PABLO(2,50) - ARENA LA ESTANCIA(1,00) - MATERIAL TAJUMBINA(0,50)
SOLICITA	ING. HUGO MORÁN
FECHA	ABRIL 28 DE 2011

GRADACION					PESO SECO TOTAL	
Tamiz	Peso Reten Acumulado	% Retenido Acumulado	% Pasa Parcial	% Pasa Integrado		
3"	0,00	0,00	100,00	100,00	Peso Seco Total	15239,8 grs
2"	285,0	1,87	98,13	98,13	Peso Seco muestra 3/8"	1629,6 grs
1 1/2"	680,0	4,46	95,54	95,54	Módulo de Finura	2,15
1"	1165,0	7,64	92,36	92,36	Coefficiente Uniformidad (Cu)	_____
1/2"	3198,0	20,98	79,02	79,02	Diámetro efectivo	_____ mm
3/8"	4140,0	27,17	72,83	72,83		
4	293,4	18,00	82,00	59,72		
10	604,3	37,08	62,92	45,82		
40	1066,9	65,47	34,53	25,15		
200	1437,6	88,22	11,78	8,58		
Pasa 200	192,0					



OBSERVACIONES

Límite Líquido %	NL
Límite Plástico %	NP
Índice de Plasticidad	0,00


I.C. JOSE LUIS CABAYAL MUÑOZ
 MPN 5220277459 Nrr.
 MANZANA B CASA 4 TERRAZAS DE CHAPAL
 Junto a La Casigua - San Juan de Pasto
 Celulares: 315 829 73 96 - 314 674 06 26
L.I.C.C.

Fuente: Laboratorio de Ingeniería y Control de Calidad (L.I.C.C.)

La gradación propuesta de los materiales de subbase, está dentro de los límites especificados en la tabla anterior, con una variación uniforme de los tamaños gruesos a los finos.

Algo muy importante para este tipo de capas es que la mezcla producida con la dosificación de dichos materiales arroja valores poco significativos con referencia al límite líquido y límite plástico, pues lo que se busca es que el tipo de suelo colocado en la capa de subbase tenga poca plasticidad garantizando un suelo firme, bien compactado y por ende de buena estabilidad para las estructuras que sobre ella sean construidas.

Así pues el material para la capa de subbase se compondrá de fragmentos de roca, gravas, arenas y limos. En cada caso sean suelos naturales o mezclados, debe obtenerse una capa uniforme, compacta, libre de terrones de arcilla, basuras, materia orgánica, cualquier tipo de escombros entre otros elementos objetables a juicio del Interventor.

6.5.4 Fuentes de Materiales. Los materiales a usar en obra deberán ser extraídos de canteras o depósitos aluviales, los cuales deberán ser estudiados y aceptados por parte de la Interventoría del proyecto con estudio y control de calidad realizada y confirmada mediante documentos escritos y debidamente firmados, de reconocida competencia y seriedad. En caso de que el contratista desee usar materiales de fuentes diferentes a las acordadas inicialmente, pedirá una autorización por escrito, dando a conocer los estudios de laboratorio que demuestren el cumplimiento de las especificaciones indicadas en este proyecto. Los costos derivados correrán por cuenta del contratista, además es su obligación certificar que dichas fuentes cuentan con el material suficiente para el avance satisfactorio de la obra. La aprobación por parte de la Interventoría no exonera al Contratista de su responsabilidad con respecto a la calidad de la obra a entregar.

6.5.5 Procedimiento Constructivo. Para llevar a cabo el proceso de construcción de la capa de subbase se realizan una serie de operaciones de forma repetitiva cuantas veces sea necesario, tales como extensión, mezcla y humedecimiento de la capa, compactación y acabado de la misma. Es conveniente que el ingeniero contratista antes de dar comienzo a esta actividad, tenga la plena aprobación por parte de la Interventora sobre las fuentes de suministro del material propuesto y el acabado aprobado de la subrasante, incluyendo el bombeo, peraltes y demás obras de carácter definitivo necesarias para mantener drenada la vía, sea cual sea la condición climática. En ningún caso se permite colocar la capa de subbase sin que la capa inferior, en este caso la subrasante, cumpla con las condiciones de nivelación y densidad exigidas.

Los materiales a emplear en la construcción de la subbase son depositados en las cantidades requeridas (dosificación de materiales) a lo largo de la carretera con ayuda de volquetas de 6 m³, para de este modo lograr los espesores especificados para cada capa. El extendido de los materiales se hace en capas que no pasen de 10 a 15 cm. de espesor ya compactado, como la capa de subbase tiene un espesor de 20 cm se realizan dos capas de 10 cm. En nuestro caso se mezclan 3 tipos de materiales, es por eso que el mezclado se hace en seco con el fin de alcanzar una mezcla uniforme.

Este mezclado se hace con la ayuda de maquinaria pesada como lo es la Motoniveladora, la cual es usada para repartir, nivelar, modelar y dar la pendiente indicada al material en el cual se está trabajando. Esta máquina se considera como de terminación superficial, es por ello que es utilizada más que todo en tareas de acabado o trabajos de precisión, en nuestro caso para la nivelación de la subbase.

Figura 18. Motoniveladora



Fuente: Elaboración propia.

Se extiende parcialmente el material y se procede a añadirle agua con ayuda de mangueras, se realizan mezclados sucesivos hasta alcanzar la humedad óptima. Una vez la mezcla sea homogénea en gradación y humedad se procede al extendido y compactación de la misma, evitando en lo posible la disgregación del material.

La subbase se colocó con un espesor de 20 cm ya compactada, y mantendrá una humedad cercana a la óptima (8.53 según ensayo de compactación, ver Tabla 6) para de esta manera lograr una compactación a un mínimo del 95% de la densidad máxima obtenida en el ensayo del Proctor Modificado.

Si existe cualquier tipo de contaminación de las capas, ella debe corregirse antes de proseguir con el trabajo; de esta manera el ingeniero se ve obligado a conservar y restaurar todo acceso utilizado para acarreo de materiales, dejando en condiciones similares a como las que presentaba antes de iniciar los acarrees.

Una vez se tiene totalmente extendida las capas, mezclados los materiales de forma homogénea en humedad y gradación se procede a la compactación de los mismos. La compactación en la obra se realiza con ayuda de maquinaria pesada en este caso se usó un Compactador Vibratorio monocilíndrico el cual está compuesto por un cilindro metálico vibratorio liso que actúa como elemento de compactación y dos neumáticos traseros de tracción. Este tipo de maquina tiene una mejor adaptación a la compactación de suelos no cohesivos, donde el efecto de la vibración posibilita una mejor acomodación de los elementos granulares.

Figura 19. Compactador Vibratorio Monocilíndrico



Fuente: Elaboración propia.

La compactación tiene inicio en los bordes y se avanzará hacia la parte central, excepto en las curvas en las cuales el trabajo de compactación se realiza avanzando desde el interior de la curva hacia el exterior. Es necesario

que durante la compactación se continúe con el riego de agua en las cantidades y oportunidades que se requiera para compensar las pérdidas de humedad por evaporación, claro está que ello depende de la situación climática en la que nos encontremos a la hora de realizar la compactación.

Para el caso en el cual la compactación se realiza en zonas próximas a obras tales como sardineles, muros u otras estructuras, se ejecuta con equipo manual o mecánico adecuado tal como el saltarín.

Una vez se ha terminado con el trabajo de compactación de la última capa de la subbase, se dan dos o las pasadas que sean necesarias de tal forma que cubra el ancho total de la calzada y luego se iniciará un perfilado general de la subbase para continuar la compactación hasta obtener una superficie lisa, totalmente sellada y uniforme.

Existen lugares o zonas defectuosas (presentó acolchonamiento el material de subbase) donde se hace necesario escarificar con la motoniveladora esa zona en un espesor no menor de 6 cm y realizar el reemplazo del volumen de material ahí existente para obtener luego de compactado una capa firme, con la humedad óptima y la densidad adecuada.

Al final, dicho perfilado se aceptará siempre y cuando la superficie no presente ningún tipo de irregularidades, o si las tiene que éstas no sean mayores a los niveles teóricos especificados en planos. Al igual que las diferencias en las cotas entre los bordes las cuales deberán verificarse y corregirse antes de las demás comprobaciones y para ello lo haremos con ayuda del nivel de manguera y las referencias ubicadas en las guadas a lado y lado de la carretera. Deberá corregirse toda diferencia que sea mayor a la tolerancia especificada en el contrato.

6.5.6 Ensayos para determinar la calidad de la Subbase. Luego de terminado todo el proceso constructivo de la capa de Subbase, antes de seguir con la construcción de la losa de concreto hidráulico se realizan una serie de ensayos a partir de los cuales se dará por aceptada o no dicha capa.

Tabla 6. Ensayo de Compactación de la Subbase

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

PROYECTO	PAVIMENTACIÓN VÍA LA CRUZ - LA ESTANCIA
LOCALIZACIÓN	MUNICIPIO DE LA CRUZ - NARIÑO
DESCRIPCIÓN	MATERIAL DE SUB BASE
REFERENCIA	MIXTO SAN PABLO(2,50) - ARENA LA ESTANCIA(1,00) - MATERIAL TAJUMBINA(0,50)
SOLICITA	ING. HUGO MORÁN
FECHA	ABRIL 28 DE 2011

DATOS DE COMPACTACIÓN

Punto No.	1	2	3	4	5
Molde No.	2	2	2	2	2
Volumen molde cm ³	2086,77	2086,77	2086,77	2086,77	2086,77
Peso suelo húmedo + molde grs.	7030	7240	7390	7455	7420
Peso molde grs.	2995	2995	2995	2995	2995
Peso suelo húmedo grs.	4035	4245	4395	4460	4425
Peso unitario seco lb/pie ³	116,524	119,481	120,737	120,079	117,012
Grado de saturación %					

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente No.	16	13	26	35	25
Peso húmedo + recipiente grs.	198,5	189,5	197,3	201,3	207,6
Peso seco + recipiente grs.	193,1	180,6	184,4	185,1	188,1
Peso recipiente grs.	37,35	36,88	37,82	38,03	38,46
Humedad %	3,50	6,19	8,80	11,02	13,03

COMPACTACIÓN DINÁMICA

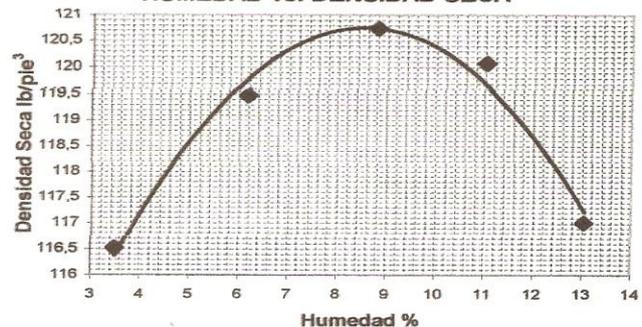
Peso del martillo	10 lb
Altura de Caída	18 plg
No. de capas	5
No. de golpes por capa	56

DENSIDAD MÁXIMA	120,8 lb/pie³
HUMEDAD ÓPTIMA	8,53 %

OBSERVACIONES

D.M. = 120,8 x 0.016033 = 1,936 gr/cm³

HUMEDAD vs. DENSIDAD SECA



JOSÉ LUIS GUAYAL MUÑOZ I.C.
 MPN 5220277459 Nrrñ

MANZANA B, CASA 9 - TERRAZAS DE CHAPAL
 Junto a La Casona - San Juan de Pasto
 Celulares: 315 829 73 76 - 314 674 06 26

Fuente: Laboratorio de Ingeniería y Control de Calidad (L.I.C.C)

El ensayo de compactación de la subbase previamente realizado en laboratorio nos proyecta datos importantes tales como la humedad óptima que esta del orden del 8.53% y la densidad máxima del orden de 120.8 lb/pie³. Con estos datos entramos a trabajar en la capa de subbase durante su construcción.

El ingeniero contratista suministra a la interventoría datos de laboratorio tan importantes como el del ensayo de Proctor Modificado, desgaste en la máquina

de los ángulos, determinación de la humedad óptima y la densidad máxima entre otros; pero también verifica el grado de compactación alcanzado en la subbase, para ello se realizan una serie de ensayos de densidad en sitio (tabla 7) los cuales arrojan valores tales como humedad del suelo, densidad seca y húmeda, densidad máxima y el que también nos determina la aceptación o no de la capa, la Compactación del Terreno el cual deberá estar por encima o por lo menos igual a la compactación especificada en el proyecto.

Figura 20. Ensayos de densidad en sitio



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Densidad en Sitio

DENSIDAD EN SITIO

PROYECTO	PAVIMENTACIÓN VÍA LA CRUZ - LA ESTANCIA
LOCALIZACIÓN	MUNICIPIO DE LA CRUZ - NARIÑO
DESCRIPCIÓN	MATERIAL DE SUB BASE
REFERENCIA	MIXTO SAN PABLO(2,50) - ARENA LA ESTANCIA(1,00) - MATERIAL TAJUMBINA(0,50)
SOLICITA	ING. HUGO MORÁN
FECHA	ABRIL 27 DE 2011

DATOS DE CAMPO

Densidad No.	1	2	3			
Fecha ensayo de campo	ABRIL 27 - 2011	ABRIL 27 - 2011	ABRIL 27 - 2011			
Abscisa	K0 + 855	K1 + 040	K1 + 070			
Profundidad de ensayo mt						
Ubicación	I	D	D			
Profundidad mt	0,11	0,11	0,13			
Peso frasco y arena inicial grs.	6405	6230	6160			
Peso frasco y arena final grs.	3170	2615	2560			
Constante del cono grs.	1766	1766	1766			
Densidad de la arena grs/cm ³	1,35	1,35	1,35			
Volumen del hueco cm ³	1088,1	1369,6	1358,5			
Recipiente No.	125	125	125			
Peso suelo húmedo y recipiente gr	2425	2970	2995			
Peso recipiente grs.	191,3	191,3	191,3			
Peso suelo húmedo grs.	2233,7	2778,7	2803,7			

CONTENIDO DE AGUA

Recipiente No.						
Peso suelo húmedo y recipiente gr						
Peso suelo seco y recipiente grs.						
Peso recipiente grs.						
Humedad %	7,80	6,50	12,80			

PESOS UNITARIOS

Densidad húmeda grs/cm ³	2,053	2,029	2,064			
Densidad seca grs/cm ³	1,904	1,905	1,830			
Densidad máxima grs/cm ³	1,936	1,936	1,936			
Humedad óptima %	8,53	8,53	8,53			
Compactación del terreno %	98	98	95			
Compactación especificada %	95	95	95			

OBSERVACIONES _____




JOSÉ LUIS CHAYAL MUÑOZ I.C.
MPN-5220277469 Nrh
 MANZANA B, CASAS - TERRAZAS DE CHAPAL
 Junto a la Casóla - San Juan de Pasto
 Celulares: 315 829 73 76 - 314 674 06 28

Fuente: Laboratorio de Ingeniería y Control de Calidad (L.I.C.C.)

6.6 CONSTRUCCION DE LA LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO

6.6.1 Comportamiento de las Losas. En la construcción de Pavimentos Rígidos es la losa de concreto hidráulico quien constituye el elemento de mayor responsabilidad estructural y funcional, teniendo las capas inferiores, tales como la subrasante y la capa de subbase, la función de garantizar un apoyo estable y uniforme al pavimento entre otras más. Normalmente el espesor de las losas de un pavimento rígido varía desde los 15 cm para tránsito ligero,

hasta llegar a un espesor de 40 cm para el caso de autopistas y carreteras con alto nivel de tránsito pesado, con lo cual se requiere además de concretos homogéneos y de alta calidad.

Lo más común hoy en día es el uso de losas de concreto simple vibrado, constituidas por concreto hidráulico vibrado en masa, separados mediante juntas longitudinales y transversales formando de esta manera elementos generalmente cuadrados o con una relación largo/ancho de 0.8 a 1.2, salvo en superficies de ancho variable, en donde se apartan de dicha forma pero adoptando eso sí formas regulares, sin ángulos agudos.

La separación entre juntas suele variar entre cuatro y seis metros, y para ayudar con el efecto de transferencia de cargas entre losas contiguas o para asegurar el efecto de transferencia e carga entre ellas, dichas juntas se construyen de manera especial (machihembrada) cuando ellas son longitudinales o bien serradas para debilitar el espesor de la losa y provocar una fractura controlada.

Ahora bien, para mantener unidas las losas contiguas y asegurar de este modo el efecto de transferencia de carga entre ellas, principalmente bajo la acción de los ejes de los vehículos pesados, se dispone de pasa juntas metálicas constituidas por varillas lisas para el caso de juntas transversales, y de varillas corrugadas llamadas también barras de sujeción en las juntas longitudinales.

Algunas veces se suele omitir el uso de estos elementos, pero a cambio de ello se construyen subbases mucho más rígidas y no erosionables como concreto pobre, grava-cemento, etc., lo cual no aplica en este proyecto de pavimentación.

Las losas de concreto hidráulico son constituidas como parte fundamental del Pavimento Rígido, las cuales deberán estar totalmente capacitadas para resistir los esfuerzos producidos por el tránsito y los efectos debidos al clima, y de esta manera proporcionar además de una superficie de rodamiento segura, cómoda y de características permanentes bajo el efecto combinado del tránsito y de los factores ambientales durante su vida útil, de tal forma que sólo deban ser llevadas a cabo algunas intervenciones de manera local y esporádica para su conservación, siendo ellas de poca importancia y costo para la obra.

6.6.2 Efectos del Clima y el Tránsito en las Losas. Ya que nos encontramos en una zona de clima frío, y sobre todo en épocas de invierno, se presentan una serie de problemas de tal manera que se hace necesaria una planeación anticipada de la obra. Es por ello que antes de comenzar los trabajos de pavimentación debe tenerse a mano y en la obra todos los materiales, equipos, herramientas, personal necesario, y todo tipo de instrumentos para llevar a cabo una plena protección de la subrasante y la capa de subbase, así como también para la fundición y curado del concreto.

Cuando se tiene el pavimento terminado, este se debe proteger contra daños que pudieran originar las operaciones de construcción y el tránsito. Las cargas de los vehículos no deben exceder la carga por eje considerada en el diseño. No se permite el tránsito, por ningún motivo, haciendo uso permanente durante la construcción de barreras y señales, hasta que el concreto haya sido curado por lo menos durante 14 días o más tiempo si es necesario, para que alcance una resistencia adecuada. Sería genial que antes de permitir el tránsito de cualquier vehículo, se realice el sellado de las juntas transversales y longitudinales, operación que no se llevó a cabo.

Es necesario que el pavimento ya terminado y sobre el cual van apoyados los equipos de construcción se mantenga limpio y libre de cualquier derrame de material o concreto que haya caído sobre ellos.

6.6.3 Diseño de la losa por el Método PCA. El método de diseño de la Portland Cement Association es exclusivamente un método de diseño desarrollado para pavimentos rígidos.

6.6.3.1 Generalidades. “Teniendo como base el conocimiento de varias teorías de pavimentos como Westergaard, Pickett and Ray así como de elementos finitos. También la experiencia en el comportamiento de varias pruebas e investigaciones como la Arlington Test y diversos proyectos de la misma PCA. Y derivado de lo anterior se generó finalmente este método de diseño.

Parte del método fue desarrollado interpretando los resultados del modelo de elementos finitos basados en el comportamiento de una losa de espesor variable y dimensiones finitas (180 x 144 pulgadas) a la cual se le aplicaron

cargas al centro, de borde y de esquina, considerando diferentes condiciones de apoyo y soporte. El método PCA consideró un valor fijo para el módulo de elasticidad del concreto (E_c) de 4.000.000 psi el cual no lo hace variar en relación con la resistencia a la flexión del concreto (MR).⁶

Este método de diseño de pavimentos de la PCA entra a considerar 2 criterios importantes motivo de evaluación en el procedimiento de diseño, ellos son el criterio de erosión de la subbase por debajo de las losas y la fatiga del pavimento de concreto.

En cuanto al criterio de erosión, él reconoce que el pavimento puede fallar por un excesivo bombeo, erosión del terreno de soporte y diferencias de elevaciones en las juntas. El criterio del esfuerzo de fatiga nos indica que el pavimento puede fallar, presentando agrietamiento consecuencia de excesivas repeticiones de carga.

6.6.3.2 Variables. En el método de la PCA para diseños de Pavimentos Rígidos intervienen variable como: espesor inicial del pavimento, módulo de reacción K del suelo, tráfico, transferencia de carga y soporte lateral, propiedades del concreto, módulo de ruptura, módulo de elasticidad fijo de 4.000.000 psi., módulo de Poisson fijo de 0.15.

⁶DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS, <http://www.mitecnologico.com/ic/Main>

6.6.3.3 Cálculos y Resultados del Método. A continuación se relaciona el desarrollo del método.

DISEÑO PAVIMENTO RIGIDO POR EL METODO DE LA PCA

PROYECCION DEL TRANSITO

SERIE HISTORICA Y COMPOSICION DEL TRANSITO PROMEDIO DIARIO SEMANAL TERRITORIAL No. 19 PUTUMAYO ESTACIÓN No. 658 SECTOR EL ENCANO-SIBUNDOY LONGITUD 45 KM.

AÑO	I	TPD	AUTOS	BUSES	CAMIONES
2003	NP	342	184,68	47,88	109,44
	%	100	54	14	32

TPD =	428
Limite Proyectado =	19791
Transito proy, acumulado =	19791
Núm. Total de vehículos =	1805965
Núm. Total de vehículos =	2076860

TOTAL VEH.	AUTOS	BUSES	CAMIONES
% DE CONTEO	%A	%B	%C
	54	14	32
2.076.859,97	1121504,4	290760,4	664595,2

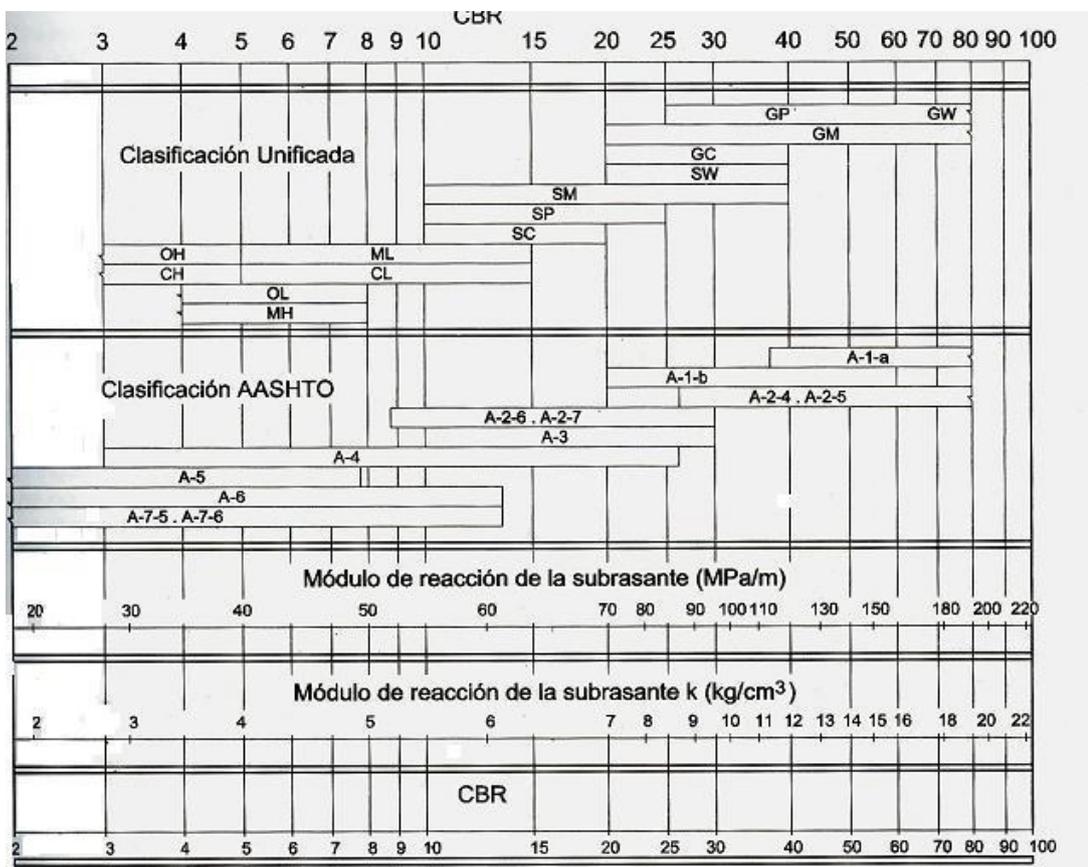
DISTRIBUCION % DE CAMIONES				
C2P	C2G	C3 -C4	C5	> C5
21,4	65,5	13,1	0,0	0,0
141967,5	435263,0	87364,6	0,0	0,0

EJES SENCILLOS	REPETICIONES	EJES TANDEM	REPETICIONES	EJES TRIDEM	REPETICIONES
CARGA EN (Ton)	ESPERADAS	CARGA EN (Ton)	ESPERADAS	CARGA EN (Ton)	ESPERADAS
8,75	577230,6	20,8	0,0	23,92	0,0
7,28	0,0	20,4	0,0		
7,2	0,0	19,98	87364,6		
7,02	87364,6				
6,5	290760,4				
5,25	577230,6				
3,5	290760,4				

MODULO DE ROTURA DE LOSA

4,0	Mpa
3,8	Mpa

Con el valor suministrado por el solicitante = 10,01 %, se intercepta la gráfica de correlación obteniendo así el “K” de la subrasante.



K = 55 Mpa/ m

EFFECTO SOBRE EL VALOR DE K DE UNA SUB-BASE GRANULAR

C.B.R.

K Subrasante		K Subrasante+Sub-base								ENSAYO
		100 mm		150 mm		225 mm		300 mm		
MPa/m	PCI	MPa/m	PCI	MPa/m	PCI	MPa/m	PCI	MPa/m	PCI	10,01
20	73	23	83	26	96	32	117	38	140	
40	147	45	165	49	180	57	210	66	245	
60	220	64	235	66	245	76	280	90	330	
80	295	87	320	90	330	100	370	117	430	

INTERPOLAMOS									
PARA UNA SUB-BASE DE 150mm					PARA UNA SUB-BASE DE 225mm				
40	→	49			40	→	57		
60	→	66			60	→	76		
20	→	17		Mpa/m	20	→	19		Mpa/m
15	→	X	→	61,75	15	→	X	→	71,25
PARA UNA SUB-BASE DE 200mm									
150	→	61,75							
225	→	71,25							
75	→	9,5		Mpa/m					
50	→	X	→	68,08					

De este modo, como en nuestro diseño tenemos una subbase de espesor 20 cms., entonces el valor del parámetro “K subrasante subbase” resultó igual a 68.08 MPa/m.

Tabla 8. Diseño de pavimentos, Método PCA

DISEÑO PAVIMENTO RIGIDO - METODO PCA						
DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA						
UNIVERSIDAD DEL CAUCA						
Software : BS-PCA						
DATOS:						
RESISTENCIA K DE APOYO:				68,08 Mpa/m		
ESPESOR LOSA:				180 mm		
MODULO DE ROTURA:				3,8 Mpa/m		
BERMAS:				SI		
PASADORES:				SI		
FACTOR DE SEGURIDAD CARGAS:				1,0		
FACTOR DE MAYORACION REPETICIONES:				1,0		
RESULTADOS:						
EJES SIMPLES						
CARGA Tn	CARGA Fs KN	REPETICIONES ESPERADAS	REPETICIONES ADMISIBLES	CONSUMO FATIGA	REPETICIONES ADMISIBLES	CONSUMO EROSION
			FATIGA	%	EROSION	%
8,75	85,75	577.231	Infinito	0,00	Infinito	0,00
7,28	71,34	0		0,00		0,00
7,20	70,56	0		0,00		0,00
7,02	68,80	87.365	Infinito	0,00	Infinito	0,00
6,50	63,70	290.760	Infinito	0,00	Infinito	0,00
5,25	51,45	577.231	Infinito	0,00	Infinito	0,00
3,50	34,30	290.760	Infinito	0,00	Infinito	0,00
ESFUERZOS EQUIVALENTE		1,50				
FACTOR DE ESFUERZOS:		0,4058				
FACTOR DE EROSION:		2,492				
EJES TANDEM						
CARGA Tn	CARGA Fs KN	REPETICIONES ESPERADAS	REPETICIONES ADMISIBLES	CONSUMO FATIGA	REPETICIONES ADMISIBLES	CONSUMO EROSION
			FATIGA	%	EROSION	%
20,80	203,84	0	0	0,00	0	0,00
20,40	199,92	0	0	0,00	0	0,00
19,98	195,80	86.877	Infinito	0,00	9.649.978	0,90
ESFUERZOS EQUIVALENTE		1,40				
FACTOR DE ESFUERZOS:		0,3663				
FACTOR DE EROSION:		2,574				
EJES TRIDEM						
CARGA Tn	CARGA Fs KN	REPETICIONES ESPERADAS	REPETICIONES ADMISIBLES	CONSUMO FATIGA	REPETICIONES ADMISIBLES	CONSUMO EROSION
			FATIGA	%	EROSION	%
23,92	234,42	0		0,00	0	0,00
ESFUERZOS EQUIVALENTE		1,10				
FACTOR DE ESFUERZOS:		0,2958				
FACTOR DE EROSION:		2,6				
TOTAL CONSUMO DE ESFUERZO %:				0,00		
					TOTAL CONSUMO DE EROSION %:	0,90

Fuente: Elaboración propia.

La recomendación para el pavimento que nos corresponde en este proyecto vial, es construirlo con un espesor de 18 cm, el cual cumple con una vida útil superior a los 20 años de diseño ya que no hay consumo de fatiga y el alcance contractual no se reduce en mayor distancia.

6.6.4 Materiales Empleados y Diseño de Mezcla. Los materiales que se usaron en obra para realizar la mezcla fueron sometidos a una serie de ensayos que nos garantizan de que dichos materiales cumplen con todas las normas y especificaciones del proyecto.

Tabla 9. Materiales y especificaciones

Material	Lugar Producción	Peso Específico (kg/cm³)	% Humedad	Peso Unitario Suelto (gr/cm³)
Cemento Portland tipo 1	Cemento Argos	3.10		1022
Ag. Fino	Mina San Pablo (N)	2.53	5.84	1520
Ag. Grueso	Mina San Pablo (N)	2.69	1.81	1595
Agua	Acueducto La Cruz (N)			

Fuente: Elaboración propia.

Para llevar a cabo la mezcla con estos materiales se realiza un diseño de mezcla mediante el cual obtengo la dosificación más adecuada para proporcionar y cumplir con las especificaciones del proyecto.

Tabla 10. Diseño de Mezcla

PROYECTO	PAVIMENTACIÓN DE VÍA LA CRUZ - LA ESTANCIA		
LOCALIZACIÓN	MUNICIPIO DE LA CRUZ - NARIÑO		
DESCRIPCIÓN	MEZCLA 1 : 1.5 : 1.5 TRABAJAR CON 8 BULTOS		
REFERENCIA	RESISTENCIA ESPECIFICADA MR = 3,0 Mpa		
SOLICITA	ING. HUGO MORÁN		

PAGINA 1

TAMAÑO MÁXIMO AGREGADO GRUESO	1 1/2	Pulg	
RESISTENCIA ESPECIFICADA	245	Kg/cm ²	3500 psi
RESISTENCIA DE DISEÑO	280	Kg/cm ²	4000 psi

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

	A. FINO	A. GRUESO
T.M		1.5"
Peso Específico	2,53	2,69
Absorción	0,57	0,74
% Humedad	5,84	1,81
P.U.S.	1520	1595
P.U.C.	1804	1708

MEZCLA SEMI SECA SLUMP MÁXIMO 2.0"

AGUA	180	Lts/m ³
A/C	0,45	por resistencia
CEMENTO = AGUA / (A/C)	400	kg

Peso específico del cemento(Gc)	3,10	kg/cm ³
Peso unitario suelto de cemento	1022	gr/cm ³

Volumen de cemento Vc = Wc / Gc 129,0 m³ cemento

Agregados	Vol. Abs. de agregados	1000 - AGUA / Gw - CEMENTO / Gc	691	m ³
P.F.	48 %	Gf	2,53	gr/cm ³
P.G.	52 %	Gg	2,69	gr/cm ³

Gravedad promedio = 100 / (P.F./Gf + P.G./Gg) 2,61 gr/cm³

DETERMINACIÓN DE PESO DE AGREGADOS

PESO DE AGREGADOS = Vol. Abs. De Agregados x Gprom 1804,0 kg/m³ de concreto

Agregado Fino = Peso de agregados x P.F. 888 kg/m³ de concreto

Agregado Grueso = Peso de agregados x P.G. 938 kg/m³ de concreto

PROPORCIONES INICIALES

PROPORCIONES EN PESO

	AGUA	CEMENTO	A.F.	A.G.	SUMA
Peso materiales kg/m ³	180	400	866	938	2384,0
Volumen absoluto de materiales dc ³ /m ³	180	129,0	341,8	348,4	999,3
Volumen suelto de materiales	180	0,391	0,570	0,588	
Proporción en pesos secos	0,45	1	2,16	2,35	

JOSE LUIS COYAL MUÑOZ I.C.
MPN 5230277459 Nrt

LABORATORIO DE INGENIERÍA Y CONTROL DE CALIDAD
 Calle 111 - Límite 1 - Rta. Jun. de Paeto
 Medellín - Colombia
 Teléfonos: 315 929 73 75 - 314 674 00 25



OBSERVACIONES: En el diseño se utiliza mixto de Río Mayo arena de Tajumbina; triturado de Río Mayo. Los ensayos de pesos unitarios y pesos específicos corresponden a mezclas previas de materiales que trabajan como partes finas y gruesas.

Fuente: Laboratorio de Ingeniería y Control de Calidad (L.I.C.C.)

PROYECTO	PAVIMENTACIÓN DE VÍA LA CRUZ - LA ESTANCIA		
LOCALIZACIÓN	MUNICIPIO DE LA CRUZ - NARIÑO		
DESCRIPCIÓN	MEZCLA 1 : 1.5 : 1.5 TRABAJAR CON 8 BULTOS		
REFERENCIA	RESISTENCIA ESPECIFICADA MR = 3.9 Mpa		
SOLICITA	ING. HUGO MORAN		

PAGINA 2

PROPORCIONES EN VOLUMEN (4000 psi)

MATERIAL				
Cemento	0,391	1,0	TRABAJAR CON:	1
Arena	0,570	1,5		1,5
Triturado	0,588	1,5		1,5
Agua	0,500	1,278		

CANTIDADES A UTILIZAR POR CADA 50 KG DE CEMENTO

AGUA	A/C x 50 kg	0.45 x 50	22.50	Lts	
CEMENTO			50	Kg	
A.FINO	Prop.A.Fino x 50 kg	2.19 x 50	108.00	Kg	0.071 dm ³
A.GRUESO	Prop.A.Grueso x 50 kg	2.33 x 50	117.50	Kg	0.074 dm ³

CANTIDADES A UTILIZAR POR METRO CÚBICO DE CONCRETO

AGUA	180 lts
CEMENTO	8.00 sacos
A.FINO	0.57
A.GRUESO	0.58

TARAS

VOLUMEN CAJÓN PARA FINOS

LARGO	30	cm
ANCHO	30	cm
ALTO	26.4	cm

VOLUMEN CAJÓN PARA GRUESOS

LARGO	35	cm
ANCHO	35	cm
ALTO	30.3	cm

DOSEIFICACIÓN POR SACO DE CEMENTO

AGUA	22,5	Lts	
CEMENTO	1		
A.FINO	3		
A.GRUESO	2		

JOSE LUIS GUAYAL MUÑOZ I.C.
MPPN 5220277459 Nrs

INGENIERÍA CIVIL - ESPECIALIZACIÓN EN OBRAS DE VIAL
Asesor a La Gestión - Depto. Juan de Pablos
Cali - Cauca - 315 629 11 70 - 314 674 06 30

CEMENTO TIPO I - ARGOS
Medidas de 30 x 30 x 28,7 MIXTO RIO MAYO T.M. 1" + ARENA TAJUMBIN.
Medidas de 35 x 35 x 30 TRITURADO DE RIO MAYO



OBSERVACIONES: En el diseño se utiliza modo de Río Mayo, arena de Tajumbin; triturado de Río Mayo. Los ensayos de pesos unitarios y pesos específicos corresponden a mezclas previas de materiales que trabajan como partes finas y gruesas.

Fuente: Laboratorio de Ingeniería y Control de Calidad (L.I.C.C.)

Este es el diseño de mezcla que nos da el laboratorio, pero en obra se realizaron tres tipos de dosificaciones de las cuales se escogería la mejor dosificación con respecto al resultado que arroje las pruebas de resistencia a compresión y flexión de cilindros y viguetas respectivamente.

Tabla 11. Dosificaciones de mezcla en Obra

Material Dosificación	Cemento	Mixto	Triturado	Agua
Nº 1	1	2	1.75	3
Nº 2	1	2	1.50	2.5
Nº 3	1	2	2	2.8

Fuente: Elaboración propia.

Luego de tener las dosificaciones, se realizaron cilindros, los cuales se sometieron a pruebas de resistencia a compresión y se estableció entonces que la dosificación de los materiales en obra ya definitiva es 1:2.5:1.75 y se le agrega dos palas de arena para darle manejabilidad al concreto.

La dosificación de los materiales se realizó con la ayuda de cajones contruidos con medidas que nos garantizan la cantidad adecuada en volumen de los materiales, calculada en el diseño.

Figura 21. Dosificación de Materiales



Fuente: Elaboración propia.

6.6.5 Proceso Constructivo. Para llevar a cabo la construcción de la losa de concreto hidráulico se siguió un orden de actividades:

1. Se define el carril y longitud con el cual se va a comenzar la fundición, debido a que esta carretera posee un tránsito permanente y por ello se decide pavimentar la vía por tramos.
2. Una vez definido el carril, seguimos con la construcción de la formaleta de dicho carril, cuidando de que los niveles sean los adecuados es decir bombeos o peraltes sean los establecidos en el proyecto. La formaleta se realiza en madera, la cual previamente ha sido ajustada a las medidas que establece el diseño para la losa de concreto, o sea tablas cortadas con un ancho de 18 cm y que no presenten ningún tipo de imperfección porque causaría problemas a la hora de fundir y curar el concreto.
3. Luego entonces se prepara el terreno el cual va a ser fundido, dejándolo a nivel con ayuda de la placa vibratoria (rana) garantizando que hayan los 18 cm de espesor de placa, se humedece la zona y procede al vaciado el concreto.

Figura 22. Preparando el carril



Fuente: Elaboración propia.

4. Como la mezcla se realizara en obra con ayuda de un trompo, se ubican todos estos equipos en lugares seguros, cómodos y lo más cerca posible al lugar de fundición. Junto al trompo irán ubicados los materiales a usar para la mezcla.

5. La función del mezclado de concreto es revestir la superficie de los agregados con la pasta de cemento, la cual dará como resultado una masa homogénea. Para asegurar este concreto de manera uniforme se utilizan mezcladoras.

De acuerdo a la dosificación elegida se comienza a mezclar los agregados con el cemento y agua en el trompo hasta alcanzar una mezcla homogénea y que sea manejable.

Figura 23. Mezcla del concreto



Fuente: Elaboración propia.

6. El concreto deberá tener la consistencia y disposición adecuada que permita su colocación en todas las esquinas o ángulos de las formaletas, alrededor del refuerzo y de cualquier otro elemento embebido, sin que haya segregación. Esta se colocará tan pronto como sea posible y nunca después de treinta (30) minutos de preparada la mezcla, a menos que haya sido dosificada con un aditivo plastificante, que garantice su colocación después de ese tiempo. Cuando se coloque concreto sobre tierra, ésta estará limpia y húmeda pero sin agua estancada en ella o corriendo sobre la misma. No podrá colocarse concreto sobre lodo, tierra porosa seca o llenos que no hayan sido compactados a la densidad requerida.
7. Una vez se tenga el concreto éste deberá transportarse de la mezcladora, en este caso el trompo, al sitio de destino tan pronto como sea posible y por métodos que eviten la segregación de los materiales,

perdida de los ingredientes o pérdidas de asentamiento de más de 5cms. Está claro de que el concreto endurecido no se usara en la obra.

8. Muy importante tener en cuenta que antes de vaciar el concreto en el sitio, se deben colocar los refuerzos adecuados que constituyen las juntas longitudinales y transversales.

Figura 24. Transporte y vaciado del concreto



Fuente: Elaboración propia.

9. Se procede al vibrado del concreto, logrando con ello fluidificar la mezcla y así reducir la fricción interna entre las partículas de los agregados, haciendo que el aire atrapado surja a la superficie y que el concreto se compacte. La vibración se hará con ayuda de equipos mecánicos y aplicados dentro de la masa de concreto, con una intensidad de la vibración y una duración de dicha operación que sea lo necesaria y suficiente para que el concreto fluya y envuelva totalmente el refuerzo, alcanzando así una buena consolidación sin llegar a caer en el error de segregación de los agregados. La vibración es en un principio interna mediante el uso de vibradores de ajuga accionados con un motor a gasolina. Luego se aplica vibración externa con ayuda de la Regla Vibratoria la cual se desliza al ras de la superficie, transmitiendo el movimiento al resto de la masa y generando beneficios como escape del aire y su densificación. Esta regla corre apoyada sobre la misma formaleta, evitando se apoye sobre la masa de concreto.

Figura 25. Vibrado del concreto



Fuente: Elaboración propia.

10. Ahora bien, seguimos con el texturizado del pavimento lo cual se realiza con el fin de proporcionar seguridad de conducción a la superficie de rodadura. Este texturizado debe efectuarse en el momento en el que el agua superficial ha desaparecido (brillo de la superficie de la losa), y se hace con la ayuda de una herramienta fabricada en la obra que consiste de un bastidor de madera donde se hayan cerdas metálicas separadas 2 cm entre sí, y sujetado por un mango de aluminio. Este proceso de texturizado debe ser continuo de tal forma que no se formen rebabas superficiales. El cepillo debe limpiarse de restos de concreto luego de cada pasada.

Figura 26. Cepillo para dar textura al pavimento



Fuente: Elaboración propia.

11. Luego de que la losa haya fraguado, se continúa con el corte de juntas del pavimento, generalmente este corte se realiza al día siguiente con la ayuda de una cortadora con disco de diamante y provista de un sistema de suministro y aplicación de agua en el punto a cortar.

Figura 27. Corte de juntas



Fuente: Elaboración propia.

12. Se construirán también cunetas en concreto para facilitar la evacuación de aguas que caen sobre el pavimento. Estas se construirán en el sitio o donde lo muestre los planos y de acuerdo al diseño. La superficie donde va ubicada tiene la cota indicada para cumplir con la pendiente, dimensiones y diseño establecidos en el plano. Esta cuneta solo va a un lado de la vía. Del otro lado se construye un bordillo de manera solidaria hacia el borde de la losa, ayudando también a la conducción del agua por los laterales del pavimento para que la infiltración no cause problemas en el material de soporte de la losa.

Figura 28. Cuneta y Bordillo en concreto



Fuente: Elaboración propia.

6.6.6 Calidad del Concreto Hidráulico. Luego de empezar ya trabajos de construcción y fundición de la losa de concreto, entonces se empiezan a realizar ensayos para determinar y controlar la calidad del concreto en obra.

Así pues, el aseguramiento de la calidad debe formar parte de la estructura del proyecto como un todo. Las entidades que hacen las veces de contratante deben definir los aspectos generales de la obra y dentro de ellos el esquema de calidad establecido.

1) El primer ensayo que se realiza es para controlar la consistencia del concreto mediante el ensayo de asentamiento en el cono de Abrams según Norma I.N.V.E - 404 – 07, con este ensayo podemos definir si aumentar o no la cantidad de agua a la mezcla garantizando un concreto de buena calidad y que no pierda resistencia.

Dependiendo del tipo de estructura a construir se tiene un valor para el asentamiento:

Tabla 12. Valores de asentamiento

Estructuras	Asentamiento del cono (cm)
Pavimentos, prefabricados	Menos de 5
Estructuras en general	4 – 10
Concreto bombeado	7 – 12

Fuente: www.ingenieracivil.com/pavimento-rigido.html

Este ensayo se realizó en la obra obteniendo un valor de 4.5 cm, lo cual nos indica que tenemos un concreto con buena consistencia y trabajabilidad.

Figura 29. Ensayo en el cono de Abrams



Fuente: Elaboración propia.

2) Una vez definida la cantidad óptima de agua en el concreto y la cantidad o mejor dosificación adecuada de los materiales, se continúa con la preparación de la mezcla pero no sin antes realizar una prueba que consiste en probar y certificar la resistencia y calidad del concreto preparado en obra.

Para ello se preparan y ensayan de forma obligatoria una serie de cilindros de prueba (Norma I.N.V.E - 410) que testifiquen la calidad de los concretos usados en obra, esto corre por cuenta del ingeniero residente de obra pero bajo supervisión de la Interventoría. Cada uno de estos ensayos realizados debe constar de la rotura de por lo menos cuatro cuerpos de prueba. La edad normal dada para ensayos de los cilindros de prueba será de 28 días, pero debido a que se requiere información anticipada para darle continuidad a la obra y que no surjan demoras, entonces se permitió que varios de los cilindros fueran probados a la edad de siete (7) días, también a la edad de catorce (14) días, y por ultimo calculándose la resistencia correlativa que tendrá a los veintiocho (28) días (ver anexo A).

A medida que la obra avanzaba, se realizaron junto con la interventoría, muestras de cilindros al azar que se consideraba necesario para llevar un control de la calidad del concreto. Una vez tomados los cilindros de prueba son sumergidos en una caneca con agua hasta el momento de ser enviados al laboratorio quien realizara las pruebas de rotura y luego nos hace llegar los resultados a la obra para realizar las respectivas correlaciones y verificar si se cumple o no con las especificaciones dadas en el diseño para la calidad del concreto.

Figura 30. Fabricación de Cilindros de Prueba



Fuente: Elaboración propia.

3) Se vio también la necesidad de tomar muestras de viguetas (I.N.V. E - 414) con los concretos que se usaban en obra.

Estos moldes deben tener forma rectangular y dimensiones que conformen el espécimen adecuado, en nuestro caso fueron viguetas con medidas $0.15 \times 0.15 \times 0.53$ m. se realizaron sus paredes con madera la cual en sus caras internas eran lisas y libre de hendiduras. Los lados y la base entre sí, están colocados en forma perpendicular, son elementos rectos y libres de deformaciones.

Al momento de realizar el vaciado del concreto en las viguetas, se efectúa la compactación de las mismas la cual se hace a través del apisonamiento. Se determina el número de golpes así: por cada 14 cm^2 de área de la cara superior de la viga se da una (1) apisonada, de tal forma que como nuestra viga es de 53×15 cm con un área de 795 cm^2 , entonces las apisonas por capa fueron de 57 apisonadas, y son tres capas para construir la vigueta.

Estas viguetas también son curadas en obra, sumergiéndolas en agua hasta el momento en que son llevadas al laboratorio para practicarles los respectivos ensayos (ver anexo B)

Figura 31. Construcción de Viguetas



Fuente: Elaboración propia.

6.6.7 Construcción de Juntas. Para las losas que conforman un pavimento rígido se presentan diversos tipos de esfuerzos, siendo los más notorios los generados por la circulación de vehículos sobre ellas, pero estos se controlan con un correcto diseño del espesor de las losas de concreto, con la selección

de la resistencia del concreto adecuada para las condiciones esperadas y una buena calidad en la construcción del pavimento.

También están los esfuerzos debidos a los movimientos de contracción o expansión del concreto, las diferencias de temperatura, humedad entre la superficie y el apoyo de la losa. Para controlar estos esfuerzos se necesita seleccionar de manera adecuada las dimensiones superficiales de la losa, es decir diseñando las juntas del pavimento.

Las juntas en los pavimentos rígidos pueden clasificarse, según sea la función que cumpla, en tres tipos fundamentales como: de contracción, de construcción y de expansión, todas ellas tienen como propósito los siguientes:

- ✓ Controlar los inevitables agrietamientos del concreto en los sentidos transversal y longitudinal del pavimento.
- ✓ Permitir los movimientos de expansión y contracción del concreto.
- ✓ Dividir el pavimento en fracciones de dimensiones prácticas para su construcción y normal desempeño.

Para el diseño, se tiene en cuenta condiciones que aseguran la transferencia de carga deseada, así como permitir la colocación de un material de sello que impida la infiltración de agua y la penetración de extraños materiales que restrinjan el libre movimiento de las losas.

Se sabe que los pavimentos rígidos se agrietan en forma natural, de esta manera se provocan condiciones fuera de control en lo que tiene que ver con la ubicación, forma, entrada de materiales y agua, etc. Con la ayuda del sistema de juntas se quiere controlar la ubicación, geometría y condiciones del sello de esas grietas.

El agrietamiento debido a la contracción de concreto ocurre a muy temprana edad, como consecuencia de los cambios de temperatura durante los procesos de hidratación y fraguado, así como por la pérdida de agua por evaporación.

Por otra parte, un decremento en la humedad produce contracción y un incremento provoca expansión. La combinación de los efectos producidos por gradientes térmicos y de humedad con los efectos de las cargas del tránsito da lugar a agrietamientos transversales adicionales, así como al agrietamiento longitudinal.

Entre los tipos de juntas tenemos los siguientes:

- ✓ *Juntas Transversales de Contracción*: las cuales tienen por objetivo controlar el agrietamiento transversal del concreto, por lo que su separación, diseño y construcción son importantes para un correcto desempeño del pavimento. En cuanto a la separación de las juntas, está relacionada con la forma y dimensiones de la losa, se recomienda que ellas tengan forma cuadrada, regular, y que la relación largo-ancho no sea mayor a 1.2 ni menor a 0.8. Ahora, respecto al uso de los pasa juntas o pasadores de carga, se emplea varilla lisa cuyo diámetro deberá ser mayor o igual que 0.125 veces el espesor de la placa de concreto, en nuestro caso el diámetro es de 7/8 " y su longitud es de 0.35m ubicadas en una canastilla, totalmente engrasadas y separadas 0.30 m. Para conseguir una adecuada transferencia de cargas es necesario que estos elementos queden embebidos en la losa, por ello se hacen canastillas con una altura de 9 cms., ubicadas justo en el lugar de la junta de tal forma que la varilla se reparta mitad y mitad a cada losa. Durante la construcción del pavimento es importante aclarar de que hay que señalar la posición de estos pasa juntas haciendo uso de marcas sobre la misma formaleta, y luego con la cimbra se marca sobre el pavimento, para luego tener claro la ubicación de la junta y realizar el corte respectivo.

Figura 32. Dimensiones y ubicación de los Pasa juntas



Fuente: Elaboración propia.

- ✓ *Juntas Transversales de Construcción*: se instala al final de una jornada de trabajo de pavimentación o si ocurre alguna interrupción en la obra o con la mezcla, mayor a 90 minutos con clima normal, desde la elaboración del

concreto hasta su puesta en obra y acabado y, desde luego a interrupciones comunes como por ejemplo cierres de emergencia.

Las juntas transversales de construcción son juntas a topo, es por ello que se requieren lisas para proporcionar la transferencia de carga necesaria. El tipo de pasa juntas utilizado es el mismo usado en las juntas transversales de contracción.

- ✓ *Juntas Transversales de Expansión:* este tipo de juntas se construye en colindancia con estructuras fijas como puentes y en las intersecciones con otros pavimentos. En nuestro caso en la intersección con el pavimento flexible existente, cuya junta se realizó sin dispositivos de transferencia de cargas, lo que se hace es incrementar gradualmente el espesor de la losa en un 20% aproximadamente para reducir los esfuerzos en los extremos de estas. Estas juntas pueden utilizarse cuando se prevea la prolongación futura del pavimento.

Figura 33. Junta Transversal de Expansión



Fuente: Elaboración propia.

- ✓ *Juntas Longitudinales de Construcción:* este tipo de juntas se utiliza para unir los carriles, ya que éstos fueron construidos en forma individual. Se proyectaran barras de acero corrugado de 1/2" de diámetro, 0.85 m de longitud, espaciadas 1.20 m en forma perpendicular a la junta longitudinal. Este tipo de barras permite el alabeo debido al gradiente térmico, pero impide la abertura de la junta entre los carriles de circulación y el

escalonamiento bajo tráfico, es por ello que las llaman barras de anclaje. Se ubican en la mitad del espesor de la losa, en forma simétrica respecto de la junta longitudinal.

Figura 34. Junta longitudinal



Fuente: Elaboración propia.

6.6.8 Equipos Empleados. Para cumplir con un concreto hidráulico que cumpla con las especificaciones del diseño, su fabricación se llevó a cabo haciendo uso de equipos de construcción adecuados para dicha tarea y que fueron avalados por la interventoría. Entre ellos tenemos los siguientes:

- 1) *Trompo*: es una máquina que está diseñada para mezclar grandes cantidades de concreto y son impulsadas por motores a gasolina, eléctrico o diesel. Ahora bien la mezcla se efectúa cuando cada una de las partes de los materiales que constituyen al concreto son elevados, vuelta a vuelta, por las paletas internas durante la rotación del tambor, de modo que en un cierto punto, en cada revolución, son vertidas hacia la parte inferior para mezclarse con las otras porciones hasta llegar a constituir una mezcla homogénea lista para ser transportada y colocada en el sitio de fundición.

Figura 35. Mezcladora de Concreto



Fuente: Elaboración propia.

- 2) *Vibrador de Concreto*: es un equipo el cual es accionado por un motor bien sea eléctrico, a gasolina o diesel, que genera vibraciones mecánicas de diferente frecuencia y amplitud. En obra se usa un vibrador llamado de aguja, el cual genera una serie de vibraciones de baja amplitud y se sumerge en el material logrando así compactar el concreto. Estas vibraciones eliminan el aire contenido en el concreto y lo compactan.

Figura 36. Vibrador de concreto



Fuente: Elaboración propia.

- 3) *Regla Vibratoria*: este equipo ayuda a compactar, densificar, flotar y finalizar un concreto. Además de que pule las partes ásperas y llena los vacíos de la mezcla en forma rápida y segura.

Figura 37. Regla Vibratoria



Fuente: Elaboración propia.

- 4) *Cortadora de Concreto*: este equipo es accionado por un motor a gasolina, tiene suministro de agua aplicado en el disco a la hora de realizar el corte mediante la conexión de mangueras. El corte se realiza sobre la losa al otro día de fundida dicha losa de concreto, estos cortes son para las juntas transversales debido a que cada carril se construyó de forma individual.

Figura 38. Cortadora de Concreto



Fuente: Elaboración propia.

7. CONCLUSIONES

- Con el desarrollo del trabajo de grado en su modalidad pasantía, dentro de la obra, se logra complementar los conocimientos teóricos y técnicos adquiridos en la Universidad. Fue una experiencia enriquecedora, no tanto por los procesos constructivos observados, sino también porque de alguna manera se aprende a tener criterio sobre el manejo del personal en la obra y resolver situaciones en las cuales se necesita de soluciones rápidas y eficaces.
- A lo largo de la carrera en la Universidad se van adquiriendo conocimientos, los cuales le dan al ingeniero un firme criterio para afrontar los diferentes problemas que se le presenten. Es por ello que el ingeniero no debe exponer inseguridad alguna en la toma de decisiones, pues sería motivo de desconfianza y pérdida de autoridad para con el personal de la obra.
- Es importante que en la obra haya presencia permanente de personal capacitado, como el ingeniero residente el cual se encarga de realizar controles y chequeos a todos y cada uno de los procesos constructivos, darle un manejo adecuado a los materiales de construcción, de tal manera que se garantice la calidad y desarrollo pleno de la obra. Si el ingeniero residente cumple a cabalidad con sus deberes y tiene sentido de pertenencia con la obra, entonces se tendrá igual respuesta por parte de los maestros y demás personal involucrado en ella.
- Es bien visto que el ingeniero residente tenga buenas relaciones humanas con el personal de obra, dándose a entender mediante órdenes claras y concisas, de tal manera que imponga su autoridad pero sin necesidad de gritar o tratar mal al personal. Un ingeniero grosero y que constantemente está cambiando de opinión genera problemas y pierde autoridad.

- En obra se consigue identificar factores que contribuyen de forma negativa al rendimiento de la mano de obra, tales como: interrupciones prolongadas debido al mal estado del tiempo y también a la falta de insumos, las condiciones del terreno, cambio de personal, riesgos a los que se ven expuestos los trabajadores por falta de elementos de seguridad industrial entre otros que no ayudan con un buen desempeño por parte del personal.
- En el desarrollo constructivo de la estructura del pavimento fue notoria la no aplicación de instrumentos de alta precisión como teodolito, distanciómetro, nivel de precisión, etc. Los procesos de nivelación, localización y replanteo se llevaron a cabo con herramientas sencillas y convencionales, así pues queda demostrado que aún se sigue usando métodos tradicionales los cuales funcionan de manera aceptable.
- Llevar a cabo un adecuado control a los procesos constructivos presentes en obra, nos da garantías sobre el producto acerca de características importantes como geometría de los elementos, funcionalidad, durabilidad, resistencia y demás requerimientos especificados por el proyecto.
- Supervisar y realizar chequeos a los procesos de elaboración de mezclas de concreto hidráulico para ir garantizando mezclas de buena calidad, que cumplan con los estándares establecidos por el proyecto, dando resistencia y durabilidad a la obra.
- Es importante ir verificando los niveles en cada uno de las capas del pavimento, logrando espesores adecuados y previamente calculados para luego no tener que incurrir en sobrecostos a la hora de fundir la losa de concreto hidráulico.

8. RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar proyectos de programación y planeación de obra para lograr mayor efectividad en el campo administrativo y generar un incremento en la productividad de la mano de obra.
- Es necesario crear métodos, técnicas de planeación y control de la productividad y calidad del producto, para no incidir en un desfase en cuanto al tiempo y costo de la obra.
- Realizar toma de muestras del concreto hecho en obra, tales como cilindros y viguetas, más a menudo para llevar a cabo ensayos de compresión y de esta manera garantizar que la resistencia adquirida en obra sea igual o superior a la requerida por el diseño.
- Llevar a cabo pruebas de asentamiento al concreto hecho en obra con mayor frecuencia y poder de esta forma chequear la cantidad adecuada de agua y certificar una adecuada relación agua-cemento.
- En lo posible solicitar ensayos de laboratorio a las fuentes proveedoras de los materiales, en los cuales nos den a conocer las propiedades físicas más importantes y así poder compararlas con las especificaciones mínimas establecidas para dicho material.
- Si el presupuesto lo permite, incrementarse en el uso de procedimientos y equipos más actualizados con el fin de tener mejor calidad y mayor rapidez en las actividades desarrolladas durante el proyecto.
- Realizar un adecuado manejo de los desperdicios que se den en obra, llevando a cabo actividades de recolección, identificación, clasificación y si es posible reciclaje de los mismos.

- Es recomendable durante todo el desarrollo constructivo del proyecto, tener un área de trabajo lo más limpia posible, generando así un mejor ambiente de trabajo y sobretodo de mayor seguridad para el personal que trabaja en la obra.
- Es muy indispensable el uso de los elementos de seguridad industrial como botas, casco, chalecos refractivos, tapa oídos, tapabocas, guantes, pero de forma permanente en la obra para una plena y segura ejecución de todas y cada una de las actividades relacionadas con el desarrollo del proyecto de pavimentación de la vía.

BIBLIOGRAFIA

- MINISTERIO DE TRANSPORTE, INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, Bogotá D.C., 2008
- POLANCO FLOREZ, Margarita. Principios Básicos de Mecánica de Suelos. Taller Editorial de la Universidad del Cauca, Popayán (Colombia).
- RIVERA L., Gerardo A. Concreto Simple. Taller Editorial de la Universidad del Cauca, Popayán, 1992.
- <http://www.arghys.com/construccion/concreto>, junio, julio de 2011.
- <http://www.mitecnologico.com/ic/Main/DisenodePavimentosRigidos>, junio, julio de 2011.
- <http://www.slideshare.net/crynshop/recomendaciones-constructivas-para-pavimento-rgido>, junio, julio de 2011.
- http://www.wikivia.org/wikivia/index.php/Ensayo_Proctor_modificado, junio, julio de 2011.

ANEXOS.

A continuación se da a conocer los resultados de una serie de ensayos realizados en el laboratorio (L.I.C.C) en la ciudad de Pasto, en los cuales vemos el comportamiento que tiene el concreto fabricado en obra.

Mediante ensayos de Resistencia a la Compresión con Cilindros de prueba y Resistencia a la Flexión con vigas, la información que se obtiene, luego de aplicar las cargas respectivas y en el tiempo adecuado, es quien nos garantiza de que el concreto fabricado para constituir las losas del pavimento rígido cumple con los niveles de calidad establecidos para este proyecto de pavimentación.

ANEXO B

RESISTENCIA A FLEXIÓN - VIGUETAS DE CONCRETO

PROYECTO PAVIMENTACIÓN DE VÍA LA CRUZ - LA ESTANCIA
 LOCALIZACIÓN MUNICIPIO DE LA CRUZ - NARIÑO
 DESCRIPCIÓN MEZCLA 1 : 1,5 : 1,5 TRABAJAR CON 8 BULTOS
 REFERENCIA RESISTENCIA ESPECIFICADA MR = 3,9 Mpa
 SOLICITA INC. HUGO MORÁN
 FECHA CILINDROS ELABORADOS MARZO 25 DE 2011

No.	Viga Tipo	Fecha Toma	Días	Fecha Rotura	Carga kg	Carga N	B cm	H cm	L cm	MR Mpa	MR Kg/cm ²
1	1	25-Mar-11	14	08-Abr-11	2050	20111	15,3	15,2	53,0	3,1	31,3
2	1	25-Mar-11	14	08-Abr-11	2180	21386	15,3	15,2	53,0	3,3	33,3
3	1	25-Mar-11	14	08-Abr-11	2220	21778	15,3	15,1	53,0	3,4	34,4
4	1	25-Mar-11	28	22-Abr-11	2680	26369	15,3	15,2	53,0	4,0	41,1
5	1	25-Mar-11	28	22-Abr-11	2740	26879	15,3	15,1	53,0	4,2	42,4
6	1	25-Mar-11	28	22-Abr-11	2630	25800	15,3	15,1	53,0	4,0	40,7

OBSERVACIONES Los materiales utilizados son cemento Argos,
 arena de mixto de Río Mayo + arena de Tajumbina, titulado de
 Río Mayo T.M. 1 1/2"



JOSE EDUARDO MUÑOZ I.C.
 MW 9220274459 Nov
 CRA. BA. MANIZALES CALLE 2 TERECERAS DE CHAPA
 Junto a La Casera - San Juan de Pasto
 Celulares: 314 874 06 26 - 315 829 73 76