



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**METODOLOGÍA CONSTRUCTIVA DE PAVIMENTO RIGIDO CON LOSAS
CORTAS EN EL CAMINO RURAL BLUEFIELDS - SECTOR DE SAN
FRANCISCO LONGITUD: 26.50 KMS**

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Cinthya Lenilce Miranda Mayen. 2010-33318

Br. Bertha Janeth Úbeda Molina. 2010-33083

Tutor

Msc. Ing. Jennyffer Berenice Villanueva Ortiz.

Managua, Octubre 2016

DEDICATORIA

Sin dudar, este momento lo había estado esperando desde hace mucho, cuando toca escribir la dedicatoria y al fin te convences que terminaste el trayecto; ése que muchas veces sentiste que continuabas no sólo por ti, sino por aquellas personas que se involucraron en tu formación.

Al pensar a quien quiero dedicar este esfuerzo, inmediatamente pienso en mi madre, Sra. Ada Luz Mayen Benavides. Mamá te dedico entera y completamente todos los logros que obtengo hoy y el resto de los que llegaré a obtener y aun así pienso que me quedaré corta para recompensar cada sacrificio que hiciste al luchar por mí, porque vale la pena verte sonreír al sentirte orgullosa de lo que cultivaste, por ser la única que jamás dudo de mí aun cuando ni yo podía pensar que podría, porque no existe más nadie que merezca toda mi gratitud y admiración y porque no me queda más que rogarle a la vida tiempo para compartir contigo cada momento de alegría que pueda darte.

Cinthya Lenilce Miranda Mayen

DEDICATORIA

Nada en el mundo se mueve y actúa sino es por obra de aquel que en su perfección ha puesto en mí su amor llenándome de múltiples talentos, a mi buen Dios y a su Madre Santísima dedico este arduo trabajo monográfico.

A mi abuelita Sra. Bertha Herrera Osegueda (Q.E.P.D), Dios y la vida saben la manera en que mi espíritu aún llora su partida, lo que hubiéramos dado las dos por juntas celebrar la culminación de mis estudios universitarios. A ella que fue mi segunda madre, mi amiga y mi confidente incondicional.

A mis padres Sr. David Ubeda Herrera y Sra. Lucinda Molina, a quienes amo con el alma y admiro profundamente por estar en cada acierto y desacierto que en mi vida he procurado, por ser mis principales motivadores, porque sus “vos podés” hicieron que siempre diera lo mejor de mí y alcanzara mis metas con esfuerzo y dedicación.

Bertha Janeth Ubeda Molina

AGRADECIMIENTO

Nos complace llegar al punto de agradecer y con ello cerrar un ciclo más de nuestras aspiraciones personales, sabiendo que a pesar de las múltiples dificultades que afrontamos ilo logramos!. No cabe duda que la fuerza fue proporcionada por nuestro Padre Celestial a quien estamos y estaremos eternamente agradecidas.

A nuestros padres ejemplos de esfuerzo y sacrificio que constituyen los pilares fundamentales de nuestra educación, por ser los primeros en declararnos victoriosos de esta lucha incierta, damos gracias.

Por aportar sus conocimientos, tiempo y dedicación, le agradecemos Msc. Ing. Jennyffer Villanueva.

Sabiendo que no es posible mencionar a cada persona que formó parte de una u otra manera de este episodio, esperamos que todo aquel que tenga la oportunidad de leer esta tesis y sepa que es parte de ella reciba nuestro sincero agradecimiento.

Cinthy Lenilce y Bertha Janeth

RESUMEN DEL TEMA

Análisis y estudios realizados en las últimas décadas, han concluido que la utilización de menores espaciamientos en juntas transversales de losas de concreto hidráulico, permiten la disminución de espesores de pavimentos rígidos sin afectar el comportamiento y desempeño en los primeros años de uso, debido a que se tiene una configuración y distribución de esfuerzos diferente y por supuesto menor, siendo este el sistema de pavimento rígido con losas cortas.

Los numerables beneficios de este reciente sistema fundamentan la realización de esta investigación documental, cuyo documento se resume de la siguiente manera:

Capítulo I:

Aborda los términos generales de la investigación que incluyen la presentación del área de estudio (Camino rural Bluefields - sector de San Francisco longitud: 26.50 kms), descripción y justificación de la problemática a tratar y los objetivos que se pretenden alcanzar al final del trabajo monográfico.

Capítulo II:

Abarca conceptos, definiciones generales y otros aspectos relacionados con análisis, clasificación y mejoramiento de suelos, que fundamentan la teoría acerca del estudio geotécnico realizado.

Capítulo III:

Describe el marco teórico concerniente a pavimentos y su clasificación, se habla entonces de pavimentos flexibles y pavimentos rígidos, siendo estos últimos planteados con mayor profundidad.

Capítulo IV:

Establece el principio de diseño sobre el que se cimienta el método de losas cortas para pavimentos rígidos, señalando su importancia y las innovaciones que conlleva la utilización de este naciente sistema de diseño y construcción.

Capítulo V:

A partir de este capítulo se plantean los resultados obtenidos en el trabajo monográfico, para el caso particular del acápite V se incluyen los resultados del estudio geotécnico, el suelo predominante en el terreno del tramo seleccionado y la técnica de mejoramiento de suelo escogida.

Capítulo VI:

Detalla la metodología constructiva de pavimento rígido con losas cortas a emplear en el camino rural Bluefields - sector de San Francisco, que representa el objetivo primordial del presente documento monográfico.

Capítulo VII:

Este capítulo finaliza el cuerpo del documento monográfico marcando las especificaciones técnicas aplicables al sistema de pavimentos rígidos con losas cortas de acuerdo a lo expresado en normativas nacionales e internacionales que buscan entre otras cosas, garantizar la calidad de los trabajos realizados en carreteras.

Todos los capítulos desarrollados pretenden orientar al lector de este documento en el conocimiento del sistema constructivo de losas cortas que recientemente se ha venido utilizando y que hoy en día representa la alternativa de diseño que se ejecutará en una de las carreteras más importantes de la nación, la unión de la Costa Caribe con el resto del país.

LISTA DE ABREVIATURAS

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials.
ACI	American Concret Institute.
AID	Área de Influencia Directa.
ASTM	American Society of Testing Materials.
CBR	California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California.
cms	Centímetros.
mts	Metros.
kms	Kilómetros.
km/h	Kilómetros/hora.
mm	Milímetros.
MPa	Mega Pascal
NAF	Nivel de Aguas Freáticas.
NIC - 2000	Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes.
NLT	Estabilidad de los áridos y fragmentos de roca frente a la acción de desmoronamiento en agua.
O/D	Origen/Destino.
p.	Página.
PH	Coeficiente que indica el grado de acidez de un material o sustancia.
PIB	Producto Interno Bruto.
p.p.	Páginas.
psi	Libra/pulg ² .
TEC&CIA	Diseño, Supervisión y Compañía.
TPDA	Tránsito Promedio Diario Anual.
s.f	Sin fecha.
vpd	Vehículos por día.

ÍNDICE

CAPITULO I. GENERALIDADES.....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Antecedentes.	3
1.3. Localización y ubicación del proyecto.	6
1.4. Descripción general del proyecto.	7
1.5. Población beneficiada.	7
1.6. Geomorfología.....	8
1.7. Clima	8
1.8. Tránsito Característico del Proyecto Total Naciones Unidas – Bluefields.	9
1.9. Justificación.....	12
1.10. Objetivos	15
1.10.1. Objetivo General:.....	15
1.10.2. Objetivos Específicos:	15
CAPITULO II. ESTUDIO GEOTÉCNICO	16
2.1. Introducción.....	16
2.2. Clasificación de los Suelos.....	17
2.2.1. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) ASTM D – 3282	17
2.2.2. Clasificación AASHTO M – 145	17
2.3. Propiedades fundamentales de los suelos	18
2.3.1. Granulometría.....	18
2.3.2. Plasticidad	19
2.3.3. Humedad natural	20

2.3.4.	Compacidad.....	20
2.3.5.	Resistencia del suelo, capacidad portante.....	21
2.4.	Mejoramiento de Suelo.....	22
2.4.1.	Pedraplén	23
CAPITULO III. PAVIMENTOS.....		28
3.1.	Definición.....	28
3.2.	Clasificación	28
3.2.1.	Pavimento Flexible.....	29
3.2.2.	Pavimento Rígido.....	29
CAPITULO IV. LOSAS CORTAS		32
4.1.	Descripción del método de pavimentación con concreto hidráulico por losas cortas	32
4.2.	Principios del diseño.....	32
4.3.	Características principales •	34
4.4.	Importancia del método.....	34
4.5.	Innovaciones del método.....	34
4.5.1.	Corte con sierra delgada.....	34
4.5.2.	Sello en juntas	35
4.5.3.	Barras de confinamiento lateral	35
CAPITULO V. ESTUDIO GEOTÉCNICO		37
5.1.	Introducción.....	37
5.2.	Descripción general del Informe Geotécnico.....	37
5.2.1.	Trabajos de campo	37
5.2.2.	Sondeos manuales en la vía proyectada	37
5.2.3.	Resultados geotécnicos del tramo Bluefields – San Francisco.....	38

5.2.4.	Descripción del sistema para mejoramiento del suelo.....	43
CAPITULO VI. METODOLOGIA CONSTRUCTIVA DE PAVIMENTO RIGIDO		
USANDO LOSAS CORTAS		
6.1	Introducción.....	46
6.1.	Inspección sobre el manejo y almacenamientos de los materiales	47
6.1.1.	Introducción	47
6.1.2.	Materia Prima.....	47
6.1.3.	Cemento Portland	48
6.1.4.	Agregados	48
6.1.5.	Agua	50
6.1.6.	Aditivos.	50
6.1.7.	Almacenamiento de los materiales	51
6.1.8.	Transporte de los agregados	54
6.1.9.	Principales pruebas en los agregados	54
6.2.	Operaciones de pavimentación	55
6.2.1.	Diseño de la mezcla de concreto	57
6.2.2.	Carga de los agregados.....	58
6.2.3.	Dosificación y mezclado del concreto	58
6.2.4.	Operaciones de dosificación	59
6.2.5.	Operaciones de mezclado	59
6.2.6.	Concreto fresco.....	60
6.3.	Proceso constructivo	63
6.3.1.	Introducción	63
6.3.2.	Etapas preliminar de pavimentación.....	63
6.3.3.	Producción del concreto	64

6.3.4.	Equipos de puesta en obra del concreto.....	65
6.3.5.	Acabado superficial del pavimento	73
6.3.6.	Microtexturizado longitudinal	76
6.3.7.	Macrottexturizado transversal.....	77
6.3.8.	Curado del concreto.....	78
6.3.9.	Juntas	81
6.3.10.	Corte de juntas en el concreto.....	82
CAPITULO VII. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....		92
7.1.	Introducción.....	92
7.2.	Calidad de los materiales	92
7.2.1.	Cemento	92
7.2.2.	Agregado Fino	93
7.2.3.	Agregado Grueso.....	94
7.2.4.	Agua	96
7.2.5.	Aditivos	97
7.3.	Diseño de Mezcla de concreto.	98
7.3.1.	Dosificación del concreto	100
7.3.2.	Mezclado y Transporte del concreto.....	102
7.3.3.	Resistencia de la mezcla de concreto.....	104
7.4.	Pavimentación.....	105
7.4.1.	Preparación de la Subrasante	105
7.4.2.	Colocación del concreto.....	106
7.4.3.	Acabado Superficial del concreto.....	107
7.4.4.	Curado y protección del concreto	109
7.4.5.	Juntas	110

CONCLUSIONES.....	113
RECOMENDACIONES	116
BIBLIOGRAFÍA.....	117

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Simbología y Clasificación AASHTO M-145	18
Tabla 2. Diámetros y longitudes recomendadas en pasa juntas	87
Tabla 3. Requisitos granulométricos del agregado fino basado en la norma ASTM C – 33	94
Tabla 4. Granulometría del agregado grueso	95
Tabla 5. Requisitos para el agua de mezcla.....	96
Tabla 6. Límites químicos opcionales para el agua de mezclado.....	97
Tabla 7. Dosificación y condiciones del concreto para pavimento.....	101
Tabla 8. Composición del concreto	101
Tabla 9. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) ASTM D – 3282. I	
Tabla 10. Combinación de clasificación SUCS	I
Tabla 11. Clasificación de Suelos por el método AASHTO	VII
Tabla 12. Clasificación de Suelos según tamaño de partículas	VIII
Tabla 13. Clasificación de Suelos según tamaño de partículas	IX
Tabla 14. Carga unitaria según penetración.....	X
Tabla 15. Resultados de sondeos manuales sobre línea, Bluefields – San Francisco	XVI
Tabla 16. Clasificación de suelo según AASHTO M-145 para Bluefields – San Francisco.	XXX
Tabla 17. Información básica sobre los bancos de Materiales	XXXII

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Macrolocalización y Microlocalización del Proyecto	6
Figura 2. Clasificación de suelo existente en la vía Bluefields - San Francisco según AASHTO M-145	41

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1. Pedraplén	23
Imagen 2. Partes de Pedraplén	26
Imagen 3. Estructura de Pavimento	28
Imagen 4. Clasificación de Pavimento.....	28
Imagen 5. Representación Longitudinal de Carga de Vehículo Modelo.....	33
Imagen 6. Construcción de los primeros 6 kms de trocha transitable construidos con una base de pedraplén (Carretera Bluefields - San Francisco).....	44
Imagen 7. Rodillo compactando base de pedraplén (Carretera Bluefields - San Francisco)	44
Imagen 8. Trabajadores realizando prueba de revenimiento al concreto fresco	61
Imagen 9. Tendido de líneas guías para el paso de la pavimentadora	67
Imagen 10. Obreros trabajando en la calibración de la pavimentadora.....	69
Imagen 11. Tornillo sinfín distribuyendo la mezcla de concreto	71
Imagen 12. Pistón neumático para insertar barras de amarre longitudinal.....	71
Imagen 13. Smoother de pavimentadora dando acabado al concreto recién colocado.....	74
Imagen 14. Cuadrilla dando acabado superficial después del paso de la pavimentadora	75
Imagen 15. Acabado de la superficie con flota	76
Imagen 16. Peine texturizador con dientes de alambre.....	78
Imagen 17. Trabajador aplicando curador blanco con mochila pulverizadora....	79
Imagen 18. Profundidad de corte	83
Imagen 19. Ensanche de junta	84
Imagen 20. Aserrado de juntas transversales	85
Imagen 21. Aserrado del concreto luego de endurecido	90
Imagen 22. Pavimento de Concreto Simple sin Dovelas.....	XIII
Imagen 23. Pavimento de Concreto Simple con Dovelas.....	XIII
Imagen 24. Pavimento de Concreto Reforzado.....	XIV
Imagen 25. Pavimento de Concreto Reforzado Continuo	XV

Imagen 26. Sección Típica	XXXIII
Imagen 27. Detalle de colocación de acero.....	XXXIII

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 2. CBR	21
Ecuación 3. Índice de Grupo	V
Ecuación 4. Índice de Plasticidad	V

CAPITULO I. GENERALIDADES

1.1. Introducción

El trabajo monográfico dará a conocer uno los métodos constructivos que en la actualidad se emplean en Nicaragua utilizados para la rehabilitación y construcción de pavimentos de concreto hidráulico; exponiendo principalmente las características y la importancia de las losas cortas como metodología innovadora. Contendrá todas aquellas actividades que involucra la pavimentación de concreto hidráulico de la carretera Bluefields – San Francisco longitud 26.5kms bajo la modalidad de losas cortas, se describirá mediante un análisis sobre los resultados del estudio de suelo la alternativa que resulte óptima para su mejoramiento tomando en cuenta el tipo de suelo y las condiciones climáticas de la zona.

Además; se desarrollará el proceso de producción de la mezcla de concreto, el transporte, colocación y curado de ésta, el acabado y texturizado de la superficie del nuevo pavimento, para finalizar con la descripción de las actividades de la ejecución del corte de juntas.

Se dará a conocer una metodología constructiva que se adhiera a los requerimientos indicado en las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes NIC 2000.

La modalidad de pavimentación por losas cortas pretende principalmente disminuir el espesor de los pavimentos al reducir las dimensiones de las losas. Análisis y estudios realizados en la última década, han concluido que existe mejor distribución de las cargas sobre el pavimento al utilizar menores espaciamientos en las juntas transversales y longitudinales, de losas de concreto hidráulico.

Habitualmente las losas de concreto hidráulico según el Método de Diseño tradicional desarrollado por la AASHTO 1993, son de 3.5 metros de ancho por 4.5 metros de largo, lo cual hace posible que varios o todos los sets de ruedas de un vehículo permanezcan en ella al mismo tiempo, generando así grandes tensiones. Esto se logra mejorar proponiendo un sistema de losas de dimensiones más pequeñas en que se admite sólo un conjunto de ruedas a la vez, lo que hace posible disminuir el espesor de las losas hasta un 40% generando así un ahorro sustancial en materiales y en consecuencia, disminuyendo el costo de inversión inicial.

Se presentará una metodología constructiva que garantice el control de calidad en los procesos de fabricación, colocación y curado de las losas de concreto para el proyecto de apertura a la primera ruta que conectará Bluefields con el resto del país. Al mismo tiempo, la metodología avivará la importancia de la construcción del pavimento rígido específicamente con losas cortas, proveyendo de un documento que no se encuentra plasmado actualmente en ninguna normativa nicaragüense, que sirva de apoyo para futuras investigaciones y como guía para la implementación de este tipo de pavimentos.

1.2. Antecedentes.

En un país en desarrollo como Nicaragua, la apertura de nuevas vías de circulación o la reparación y mantenimiento de las ya existentes, constituyen un patrimonio nacional que como tal se debe proteger, conservar y mejorar.

Determinar el tipo de superficie de rodamiento de una carretera, depende propiamente de las características del suelo en el lugar donde será emplazada la vía, así como de los recursos económicos con los que se cuentan para la ejecución de este tipo de proyectos.

En Nicaragua, generalmente se ha optado por construir carreteras asfaltadas o adoquinadas por tener costos de construcción más económicos comparados con otros sistemas constructivos. Hasta el año 2014, el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) refleja en su publicación anual denominada Red Vial de Nicaragua 2014, el inventario total de 24,137.49 Km de carretera, de los cuales 3,653.38 Km que representaban un 15.14% del total, eran pavimentados (adoquinados, asfaltados y concreto hidráulico) y 20,484.11 Km el 84.86% restante, correspondían a los no pavimentados.

La red vial nacional ha venido ampliándose a través de los años siguiendo un patrón de comportamiento que denota que el país añade en promedio 250 Km de carretera anualmente, de los cuales la mayoría contemplan un diseño en asfalto.

La búsqueda de mejores sistemas constructivos que mantengan las bondades del concreto hidráulico, pero atenúen los defectos que se han presentado en algunas carreteras hechas de este material, ha dado como resultado el surgimiento e implementación del ya conocido sistema de losas cortas.

La experiencia del país en carreteras de pavimento rígido usando losas cortas incluyen Pista Cardenal Miguel Obando y Bravo (año 2008), Mejoramiento de seis tramos de la carretera Rio Blanco – Puerto Cabezas (año 2009), Empalme Nejapa-Empalme Puerto Sandino (año 2013), construcción de la vía de Circunvalación Masaya (6.8 Km año 2013), pavimentación del puesto fronterizo sur Peñas Blancas (0.22 Km, año 2013), Rio Blanco – Siuna – Puente – Banacruz (16.67 Km, año 2014), por mencionar algunos.

Algunas de las vías de comunicación terrestre existentes en la Costa Caribe Sur cuentan con superficies de rodamiento de pequeños espesores y otras están desprovistas de las mismas. Propiamente el tramo Bluefields – San Francisco se localiza en zonas de topografía ondulada; y el nivel de servicio actual del camino se ve limitado por la falta de obras de paso en quebradas de regular envergadura que muy probablemente impiden la circulación en la época de lluvias, sumado al rodamiento a nivel de terracería.

En general la trocha o camino, está conformada por suelos finos arcillosos, color rojo teja, altamente plásticos e impermeables, materiales o suelos que se caracterizan por su comportamiento de gran expansividad volumétrica cuando están húmedos o saturados y por su reducción de volumen al perder humedad o secarse.

Estas características implican que los materiales existentes a lo largo de la línea central del camino no son aptos para ser usados en la estructura de cualquier tipo de pavimento, ya que con las variaciones de humedad, pasan de un estado sólido a plástico o líquido con relativa facilidad, pudiendo ocurrir esta condición aun con lluvias de pequeña intensidad que transformaría el terreno superficial del camino en una masa viscosa, intransitable y sin capacidad soporte adecuada, al uso proyectado, por lo que su calidad va de regular a pobre como material para ser utilizado en las estructuras de pavimento.

En consecuencia, el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) viene trabajando en la solución al problema desde hace más de una década mediante estudios e investigaciones en pro de la mejora del camino existente, con el objeto de hacerlo transitable durante todo el año.

Es hasta este año que se inicia la construcción de la carretera Bluefields – San Francisco (26.5 km) con diseño de pavimento rígido compuesta de una losa de concreto hidráulico sin dovelas (losas cortas) de 18 cm de espesor, construida sobre una base triturada estabilizada con cemento de 20 cm y apoyada en el terreno de sub-rasante (Ver Imagen en Anexo 7.1, p. XXXVI).

1.3. Localización y ubicación del proyecto.

El Tramo tomado en consideración para el desarrollo de este trabajo es el comprendido entre Bluefields– San Francisco, con una longitud total de 26.50 km. El proyecto total inicia en la comunidad de Naciones Unidas y finaliza en Bluefields y está ubicado en la Región Autónoma del Atlántico Sur (RAAS), localizado a la altura del Km 308.25 desde Managua.

De acuerdo a la clasificación funcional del MTI, se considera que será una carretera colectora secundaria, que pertenece a la NIC-71, que comunicará el municipio de Bluefields con el poblado San Francisco y de ahí con el resto del país.

Figura 1. Macrolocalización y Microlocalización del Proyecto



Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura.

1.4. Descripción general del proyecto.

La carretera Bluefields - San Francisco representa la primera etapa de una ruta de interconexión entre la ciudad de Bluefields y la zona del Pacífico de Nicaragua, ya que actualmente el acceso hacia la ciudad de Bluefields es por aire o por vía acuática.

Considerando la importancia económica que representa la región Atlántica de nuestro país, por la producción agrícola y su potencial turístico, se hace necesario realizar una trayectoria con la sección más económica de una ruta de todo tiempo que promueva el desarrollo económico, agrícola y social de las comunidades entre Nueva Guinea y Bluefields. Esto se reflejará en el favorecimiento de la integración Atlántico-Pacífico a través de una vía terrestre, disponiendo para ello de recursos de contravalor del Gobierno de Japón.

1.5. Población beneficiada.

La carretera se encuentra entre los municipios de Nueva Guinea y Bluefields, la cual cuenta con una población de 112,483 habitantes, donde el 39.56% es población Urbana y el 60.43% es Rural.

La población directamente beneficiada serían: Naciones Unidas (1,645 hab.), Germán Pomares (1,400 hab.), Nuevo León (1,060 hab.), La Esperanza (956 hab.), El Paraisito (400 hab.), Nuevo Horizonte (500 hab.), San Francisco Kukra River (1,400 hab.), Bluefields (45,547 hab.) para un total de 52,908 habitantes. De los cuales corresponde un 50.52% a las mujeres para un total de; 26,733 y varones 49.48 % 26,175.

1.6. Geomorfología

En términos geomorfológicos, el área del camino en los primeros 14 kilómetros partiendo de la ciudad de Bluefields con dirección a San Francisco se restringe en gran parte, por una topografía plana, representada por una extensa capa de suelo, finos, con relieve levemente ondulado y formas dómidas y el resto del proyecto con pequeñas variaciones de lomeríos un mejor drenaje, pero en lo general plano.

1.7. Clima

En el mapa climático de Nicaragua elaborado por INETER, la zona donde está ubicado el proyecto se clasifica como clima monzónico (Am), este tipo de clima predomina en la llanura de las Regiones Autónomas del Atlántico Sur. Se caracteriza por tener un período lluvioso de 9 ó 10 meses, con precipitaciones promedio anuales en la zona del proyecto que van 2,000 a 3000 ml a medida que el proyecto avanza de Naciones Unidas hacia Bluefields la precipitación aumenta y luego las lluvias disminuyen en los meses de Marzo y Abril.

1.8. Tránsito Característico del Proyecto Total Naciones Unidas– Bluefields.

Se tomaron como fuentes de información para establecer el tránsito característico del tramo carretero en cuestión. el Estudio de Factibilidad de la Carretera Nueva Guinea – Bluefields, Nicaragua; presentado en agosto del año 2005 por la Empresa Consultora Roughton International, datos de tránsito plasmados en el Anuario de Tráfico 2012 publicado por la División de Administración Vial (DAV) del MTI, datos estadísticos recopilados de la Dirección General de Transporte Acuático (DGTA) del MTI, de la Empresa Portuaria Nacional (EPN), de la Empresa Administradora de Aeropuertos Internacionales (EAAI) y del Banco Central de Nicaragua (BCN).

Dado que actualmente lo que existe sobre el tramo es una trocha de difícil acceso incluso al viajar en bestia o a pie, principalmente en invierno, se procedió a realizar un análisis con el fin de determinar potenciales usuarios que viajan desde Bluefields hacia la región pacífico-central-norte del país o viceversa, y que actualmente hacen uso de la carretera hacia El Rama para luego viajar por vía fluvial a Bluefields y comunidades aledañas.

Para lo anterior se analizaron 2 redes constituidas por:

Red 1: La Curva – Muelle de los Bueyes – El Rama, por vía terrestre, y El Rama – Bluefields, por vía fluvial.

Red 2: La Curva – Las Miradas – Nueva Guinea – La Esperanza – Naciones Unidas – Bluefields, todo por vía terrestre.

Asimismo en conjunto con el análisis del transporte bimodal que ocurre actualmente, se analizaron datos de transporte aéreo entre Managua y Bluefields en términos de pasajeros y carga transportada.

Los datos de tránsito vehicular para cada uno de los tramos que conforman las redes estudiadas fueron proporcionados por la División de Administración Vial (DAV) del MTI.

Otros criterios que fueron considerados son:

- Período de Diseño del proyecto 30 años.
- Período Constructivo: años 2015-2017. Fase de Operación del Proyecto: a partir del año 2018.
- El tránsito desviado se determinó en base al análisis de las encuestas realizadas por Roughton International aplicadas a los datos que se manejaban en el puerto de El Rama, así mismo se incluyeron análisis del TPDA de la red vial Las Curvas – Muelle de los Bueyes – El Rama. Se incluyeron análisis de pasajeros que viajaban desde Managua a Bluefields por vía aérea.
- El Tránsito Generado fue determinado de acuerdo a los resultados obtenidos del análisis de la densidad poblacional de las comunidades insertas en el AID del proyecto, en conjunto con resultados obtenidos de las encuestas O/D realizadas por Roughton International. Así mismo se utilizó la metodología de zona testigo para cuantificar tránsito de vehículos que generalmente realizan viajes de carácter local.
- Las tasas de crecimiento del tránsito una vez esté en operación la carretera en estudio, fue determinada en base al crecimiento histórico de la carga transportada entre el Rama y Bluefields, así como de la cantidad de pasajeros que viajan entre estos municipios. Se utilizaron datos históricos de crecimiento de tránsito del tramo Muelle de los Bueyes – El Rama y el crecimiento previsto del PIB de Nicaragua a mediano plazo.

A partir de estos datos se procedió a determinar el Tránsito Total que circularía por la carretera durante el periodo de diseño establecido, que dieron como resultados los siguientes:

El tránsito que se generará a partir de la ejecución del proyecto será de 214 vpd en el año de entrada a operación de la carretera (2018) y aumentará a 450 vpd para el año 2047.

De acuerdo al análisis realizado por la localización del tramo así como de los usuarios actuales que utilizan otras rutas de viaje y otros modos de transporte, podría darse una desviación de tránsito de 85 vpd para el año 2018 y de 308 vpd para el año 2047.

El tráfico que aparecerá en el tramo para satisfacer la necesidad de transportar la carga que se prevé desviar hacia el tramo se cuantificó en 37 vpd para el año 2018 y de 327 vpd para el año 2047.

El tránsito total que circulará sobre la carretera será de 336 vpd para el año 2018 y 1085 vpd para el año 2047.

1.9. Justificación

Unir vía terrestre el Caribe nicaragüense con la ciudad de Managua será pronto una realidad tangible a través de la construcción de 26.5 kilómetros de carretera de concreto hidráulico, que unirán el municipio de Bluefields con el poblado de San Francisco (pertenecientes a la línea Nueva Guinea – Bluefields) logrando así una comunicación vial directa Bluefields – Managua (364.5 Km).

En años pasados existían únicamente dos maneras para llegar a esta ciudad costeña, vía aérea desde Managua, y en embarcaciones que zarpan diariamente desde el puerto Arlen Siu en El Rama recorriendo una distancia de 88 kilómetros a través del río Escondido.

La importancia y raíz de este proyecto radica en la necesidad de conseguir una mayor inclusión de la Costa Caribe del país como parte activa y actuante del mismo, considerando que en esta zona se encuentra uno de los puertos más importantes que dispone de una terminal adecuada para atender barcos que transportan diesel, además de prestar servicio a la carga de cabotaje y a la exportación de camarón por medio de contenedores refrigerados, Puerto Bluff/Bluefields.

A lo anterior se le suma que el Gobierno de Nicaragua anunció recientemente la construcción de un puerto de aguas profundas en Bluefields, tomando en cuenta que en el municipio existe ya la experiencia portuaria y que una vez construida la carretera Bluefields – San Francisco, San Francisco – Nueva Guinea, la carga del Pacífico se llevará en camiones hasta el lugar de donde luego sería embarcada. Esto trae como ventaja que Nicaragua disminuirá los costos operativos al llevar mercadería hacia los puertos centroamericanos.

Así mismo la construcción del tramo carretero en estudio, traerá como beneficios generales, los siguientes:

- Lograr la intercomunicación de la única cabecera departamental en América Latina que no tenía comunicación con el resto del país.
- Contribuir al desarrollo socio-económico de los municipios y sus comunidades aledañas; en la reducción sustancial de los costos de operación de vehículos y a generar empleo temporal en la zona del proyecto.
- Mejorar la transitabilidad, accesibilidad y reducir los costos de vida de la población de la zona.
- Proveer mejores condiciones para la circulación de flujo peatonal y de tráfico, contribuyendo a la seguridad de los usuarios.

Propiamente el diseño que contempla una superficie de rodamiento de concreto hidráulico usando el innovador sistema de losas cortas traerá como beneficios específicos del sistema constructivo los siguientes:

- Ofrecer la posibilidad de disminuir espesores de pavimento bajo los mínimos definidos por un diseño típico, tener un comportamiento razonable llegando al final de la vida útil con deterioro aceptable; es una excelente alternativa para reducir costos en los pavimentos de este tipo manteniendo la capacidad estructural y durabilidad que los ha caracterizado.

- Generar una trabazón de agregados más eficiente, con un ahorro de 28% en el concreto a utilizar y del 60.78% en el acero de refuerzo en las juntas y con el mismo desempeño que un diseño convencional
- Reducir el tiempo de construcción en comparación con el tiempo que demora la construcción de pavimento de concreto hidráulico de losas convencionales.

1.10. Objetivos

1.10.1. Objetivo General:

- Desarrollar la metodología constructiva de pavimento rígido con losas cortas para el tramo Bluefields- San Francisco (26.5 km).

1.10.2. Objetivos Específicos:

- Analizar los estudios de suelo existentes del tramo de Bluefields- San Francisco (26.5 km) para conocer las características de los mismos a través del sistema de clasificación AASHTO M 145.
- Proponer la solución constructiva óptima para el mejoramiento del suelo basados en los estudios de laboratorios.
- Describir las especificaciones técnicas para la construcción de losas cortas en pavimento rígido.

CAPITULO II. ESTUDIO GEOTÉCNICO

2.1. Introducción

La Geotecnia es la rama de la ingeniería civil que se encarga del estudio de las propiedades mecánicas, hidráulicas e ingenieriles de los materiales provenientes de la tierra. Investiga los suelos y las rocas por debajo de la superficie para determinar sus propiedades y de este modo diseñar las estructuras que estos soportarán.

Los suelos, según su acepción geotécnica, son agregados naturales de partículas minerales granulares y cohesivas separables por medios mecánicos de poca energía.

Los estudios de suelos para carreteras deben suministrar datos suficientes del subsuelo que permitan definir sus propiedades geotécnicas más importantes, materiales por los que atraviesa el proyecto y señalar las unidades geomorfológicas a las que pertenecen. Si la información registrada y las muestras enviadas al laboratorio no son representativas, los resultados de las pruebas aún con exigencias de precisión, no tendrán mayor sentido para los fines propuestos.

Los suelos encontrados a lo largo de una vía deberán ser descritos y clasificados de acuerdo a metodologías para propósito de construcción de carreteras, el sistema utilizado por la AASHTO, representa sin duda, el método más utilizado alrededor del mundo para desarrollar la clasificación de los suelos. Sin embargo existe también el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), adoptado por la ASTM como parte de sus métodos normalizados.

2.2. Clasificación de los Suelos.

La correcta clasificación de los suelos permite en primera instancia tener una idea de cómo será el comportamiento de los suelos como base de apoyo firme. Normalmente suele ser suficiente conocer la granulometría y plasticidad de un suelo para predecir cómo será el comportamiento mecánico del mismo.

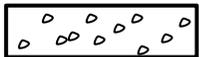
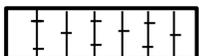
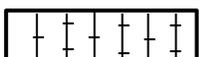
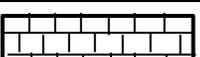
2.2.1. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) ASTM D – 3282.

Esta clasificación se vale de unos símbolos de grupo, consistente en prefijo que designa la composición del suelo y un sufijo que matiza sus propiedades. En la Tabla 9. (Anexo 2.1, p. I), se muestran dichos símbolos y su significado además de información complementaria.

2.2.2. Clasificación AASHTO M – 145

La clasificación empleada por AASHTO considera siete grupos básicos de suelos, numerados desde el A – 1 hasta el A – 7. A su vez algunos de estos grupos presentan subdivisiones, el grupo A – 1 y A – 7 cuenta cada uno con dos subdivisiones, mientras que el grupo A – 2 tiene cuatro subdivisiones. En la Tabla 1 se muestra los signos convencionales para identificar los grupos mencionados en perfiles de calicatas.

Tabla 1. Simbología y Clasificación AASHTO M-145

Simbología	Clasificación	Simbología	Clasificación
	A - 1 - a		A - 5
	A - 1 - b		A - 6
	A - 3		A - 7 - 5
	A - 2 - 4		A - 7 - 6
	A - 2 - 5		Materia Orgánica
	A - 2 - 6		Roca Sana
	A - 2 - 7		Roca Desintegrada
	A - 4		

Fuente: Simbología AASHTO.

Los ensayos necesarios para poder ubicar un suelo dentro de un grupo determinado de acuerdo a esta clasificación son el Análisis Granulométrico y los límites de Atterberg. Ver ampliación de contenido en Anexo 2.2 (p. VII).

2.3. Propiedades fundamentales de los suelos

Los suelos presentan muchas propiedades que son útiles e importantes para determinar su utilización y productividad. Entre las propiedades se encuentran:

2.3.1. Granulometría

La granulometría estudia la distribución de las partículas que conforman el suelo de acuerdo a su tamaño. El análisis granulométrico del suelo, permite hacer una clasificación descriptiva del mismo, basado en el tamaño de las partículas constituyentes.

El estudio granulométrico tiene como finalidad determinar los porcentajes relativos de las partículas minerales del suelo (grava, arena, limo y arcilla) en base al peso seco total de la muestra luego de la destrucción de los agregados. Este estudio se desarrolla de acuerdo a los procedimientos descritos en el ensayo de laboratorio ASTM D – 422 ó AASHTO T – 88

En la Tabla 12 se muestra el término para denotar el suelo a partir del tamaño de sus partículas (ver Anexo 2.3, p. VIII):

2.3.2. Plasticidad

La plasticidad es una propiedad inherente de los suelos finos y arcillas que permite que un suelo sea capaz de modificar su consistencia o resistencia al corte en función únicamente del porcentaje de humedad que contenga.

Dicho de otra manera, la plasticidad es la propiedad de un material por la cual puede soportar deformaciones rápidas sin rebote elástico, sin agrietarse, desmoronarse o tener afectaciones volumétricas apreciables. El análisis granulométrico no brinda información de esta propiedad, por lo que se hace necesario aplicar el ensayo de laboratorio Límites de Atterberg ASTM D – 423 ó AASHTO T – 89.

Según su contenido de agua en forma decreciente, un suelo susceptible a ser plástico puede encontrarse en cualquiera de los siguientes estados de consistencia según Atterberg: líquido, plástico o sólido. Los límites de Atterberg denotan cuan sensible es el comportamiento de un suelo en relación a su contenido de agua.

Los límites de Atterberg que miden la cohesión del suelo son:

Límite Líquido (WL): el suelo pasa del estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse.

Límite Plástico (WP): el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y puede romperse.

Además del Límite Líquido y el Límite Plástico, otra característica a obtener es el Índice de Plasticidad (ensayo ASTM D – 424 ó AASHTO 90) que no es más que la diferencia entre WL y WP. El Índice de plasticidad indica la magnitud del intervalo de humedades en el cual el suelo posee consistencia plástica.

De acuerdo al Índice de Plasticidad el suelo también puede clasificarse de acuerdo a lo descrito en la Tabla 13 (ver Anexo 2.4, p. IX).

2.3.3. Humedad natural

Se denomina humedad natural del suelo a la cantidad de agua por volumen de tierra que hay en un terreno. Establecer el índice de humedad es de vital importancia para determinar la ubicación del nivel freático y de este modo valorar las bondades del suelo existente, en las que se apoyará la estructura de pavimento.

2.3.4. Compacidad.

Esta es una característica propia de suelos granulares que puede definirse como el grado de compactación de suelos no cohesivos. La compacidad de los suelos es una propiedad importante en carreteras, puesto que se encuentra en relación íntima con la resistencia, deformabilidad y estabilidad de una estructura de soporte.

La humedad juega un papel trascendental en este apartado, mientras un suelo seco necesita una determinada cantidad de energía de compactación, el mismo suelo ligeramente húmedo requerirá un menor esfuerzo, ya que el agua actúa como un lubricador disminuyen la fricción entre las partículas constituyentes.

Al añadir agua al suelo, este llega a un estado en el cual todos los huecos presentes se encuentran ocupados por el líquido. Tomando en consideración lo anterior, aparece el concepto de Humedad óptima, que no es más que la obtiene una compacidad máxima para una misma cantidad de energía de compactación.

2.3.5. Resistencia del suelo, capacidad portante.

El ensayo CBR se realiza con la finalidad de conocer la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y para poder evaluar la calidad del terreno para subrasante, sub base y base de pavimentos. Se efectúa bajo condiciones controladas de humedad y densidad.

El CBR se define como la relación en porcentaje entre la fuerza utilizada para que un espécimen de suelo registre 0.25 cm de penetración con un vástago de 19.35 cm² de área transversal, a una velocidad de 1.27 mm/minutos y la fuerza ejercida en un material patrón (piedra triturada) para esa misma penetración.

Ecuación 1. CBR

$$CBR = \frac{\text{Carga unitaria de ensayo}}{\text{Carga unitria patrón}} * 100$$

El número CBR matemáticamente representa un porcentaje de la carga patrón, no obstante este símbolo (%) es suprimido y la relación existente entre la carga unitaria de ensayo y la carga unitaria patrón se expresa como número entero.

Los valores de carga unitaria patrón a ser utilizados en la ecuación anterior, pueden obtenerse de la Tabla 14 (ver Anexo 2.5, p. X).

2.4. Mejoramiento de Suelo.

El suelo como material ingenieril, se diferencia de la piedra, la madera y otros materiales naturales por la particularidad de ser modificado para darle las características deseadas. La mejora del suelo es una práctica que permite construir en terrenos con condiciones marginales.

La corrección se realiza a través de métodos aplicados in situ o mediante la construcción de rellenos artificiales. En cualquier caso, los objetivos son una mayor capacidad de carga y la prevención de asentamientos. Se han desarrollado muchas técnicas, como densificación, sobrecarga, nivelación y construcción de rellenos (pedraplén o terraplén), que gozan de amplia aceptación (ver Anexo 2.6, p. XI).

Entre los objetivos que se persiguen al mejorar un suelo, se tiene:

- Aumentar la capacidad o resistencia al corte.
- Disminuir los asentamientos, tanto absolutos como diferenciales.
- Disminuir el riesgo de licuefacción en caso de terremotos o vibraciones importantes.
- Disminuir la deformabilidad.
- Disminuir la permeabilidad.

En obras situadas en zonas donde los suelos no sean los especificados por proyectos, estas técnicas permiten evitar la excavación de los mismos y así disminuir los volúmenes de movimientos de tierra y por consiguiente el costo de la obra. Siempre se deberá valorar el costo de la técnica a emplear, la

disponibilidad de los equipos y materiales necesarios, pues muchas veces las tecnologías son muy modernas.

La técnica a usar para mejoramiento de suelo en la zona en estudio, en consideración con los análisis de suelo realizados será la colocación de una estructura de pedraplén, por ser la solución que soporte los niveles freáticos característicos de la zona en temporada de lluvia.

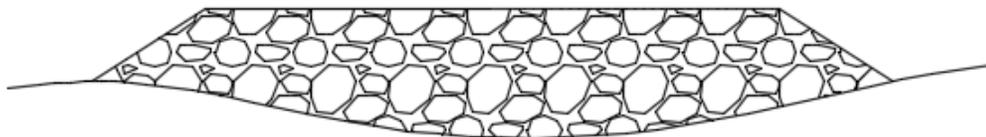
2.4.1. Pedraplén

2.4.1.1. Definición

Un pedraplén consiste en la distribución y compactación por capas de materiales pétreos, cuyas características serán las indicadas de acuerdo a las especificaciones propias de cada proyecto, con destino a crear una plataforma sobre la que se asiente la explanada y firme de una carretera.

Debido a su composición, los pedraplenes poseen gran resistencia a la sobrecargas lo cual los hace preferibles para obras viales con alta circulación de camiones y/o maquinaria pesada, vías ferroviarias y explanadas marítimas, utilizados también para la construcción de muelles u otras obras en el borde costero.

Imagen 1. Pedraplén



Fuente: Elaboración propia.

2.4.1.2. Características de los materiales utilizados en el pedraplén.

Los materiales por emplear en la construcción de pedraplenes pueden proceder de la excavación de la explanación o de fuentes aprobadas y provendrán de cantos rodados o rocas sanas, compactas, resistentes y durables.

Deberán, además, cumplir los siguientes requisitos:

- **Calidad de los materiales**

El agregado triturado utilizado para la base deberá provenir de una roca dura, sana, durable y no intemperizada. No deberá contener materiales deletéreos tales como roca descompuesta, arcilla, esquistos o mica.

Cuando por alguna circunstancia sea necesario realizar un cambio en el cemento de la mezcla aprobada, el contratista deberá presentar al ingeniero para su aprobación otro diseño utilizando el cemento sustituto.

El agua a usar en las operaciones de estabilización, debe ser clara, libre de aceites, sales, ácidos, álcalis, azúcar, material vegetal y demás sustancias que puedan ser perjudiciales para la efectividad de la estabilización.

- **Granulometría.**

El material para pedraplenes deberá cumplir las condiciones granulométricas siguientes:

- El contenido, en peso, de partículas que pasen por el tamiz 1" será inferior al treinta por ciento (30 %).
- El contenido, en peso, de partículas que pasen por el tamiz No. 200 será inferior al diez por ciento (10 %).
- El tamaño máximo será como mínimo de cien milímetros (100 mm) y como máximo de novecientos milímetros (900 mm).
-

2.4.1.3. Partes de un pedraplén

El pedraplén está compuesto por las siguientes partes:

Núcleo: Es el material pétreo colocado entre el cimiento y la corona, y que corresponde al área fundamental del pedraplén.

Transición: Es la parte superior del pedraplén, que se encuentra entre el núcleo y el coronamiento y tiene como función homogeneizar el área sobre el cual se construirá la corona

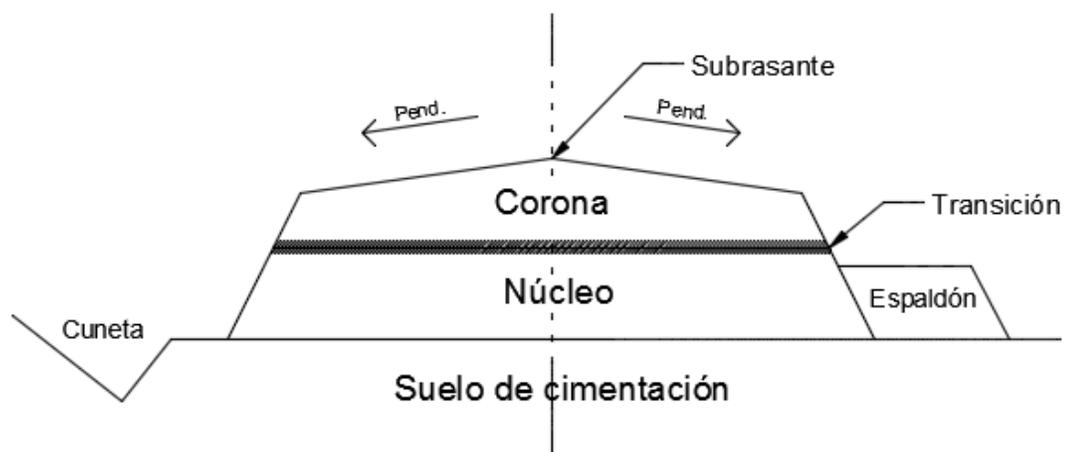
Corona: Es la parte superior de la explanada, que se ubica sobre la zona de transición. Está conformado por material árido y fino, que de condiciones de soporte adecuadas para las subrasante del proyecto, según la altura que esta posea puede considerarse un terraplén,

Cimiento: Parte inferior del pedraplén en contacto con la superficie de apoyo. Su espesor será como mínimo de 1 m o la máxima altura libre desde la superficie de apoyo hasta la zona de transición del pedraplén, cuando dicha altura libre fuera inferior a 1m. Su función es la de mejorar las condiciones del terreno que soportara al pedraplén.

Espaldón: Parte exterior del relleno que, ocasionalmente, constituirá parte de los taludes del mismo. Suele tener una función protectora, evitando la pérdida de material y la erosión en los costados del pedraplén.

Zonas especiales: Suele referirse a zonas que requieren características especiales, por ejemplo zonas inundables. El proyecto debe fijar claramente sus características y dimensiones.

Imagen 2. Partes de Pedraplén



Fuente: Elaboración propia.

2.4.1.4. Ejecución

Se inicia por el despeje y desbroce de la zona de asiento del pedraplén, se extrae y retira todo material inadecuado hasta la profundidad indicada en los planos. Si existen terrenos inestables, turbas o arcillas blandas, se eliminarán o consolidarán. Se realiza la preparación de la zona de circulación de los camiones.

El pedraplén se construirá por capas, las cuales deberán tener un espesor suelto no superior a la dimensión de la mayor roca en el material. Estas capas se construirán en general, de un espesor suelto de máximo 0,6m. El extendido de las capas deberá efectuarse empleando un bulldozer pesado.

El material se depositará en el centro del pedraplén y se distribuirá hacia los bordes del relleno. Una vez iniciada una capa de trabajo, el material se depositará entre 8 y 10 metros más atrás del material ya colocado, de manera que sea arrastrado por bulldozer hacia su ubicación final, con el propósito que se rellenen algunos huecos con el material más fino y las vibraciones del bulldozer contribuyan a la compactación.

Una vez extendido cada capa de material rocoso de la manera señalada, se procederá a rellenar los intersticios dejados por las piedras con suelos más finos, para luego proceder a regar y compactar la superficie expuesta con un mínimo de seis pasadas por cada punto, con rodillo vibratorio de peso estático no inferior a 8 toneladas circulando a velocidades de 3 a 4 km/h y frecuencia mínima de 1000 vibraciones por minuto.

La altura de los pedraplenes alcanzará como máximo 60 cms. por debajo de la superficie de la subrasante del proyecto. La última capa de pedraplén se construirá con material de filtro, en función del material del pedraplén a emplear para alcanzar las cotas de subrasante. El extendido y compactación de la coronación de terraplén es la clave para una buena calidad de la obra.

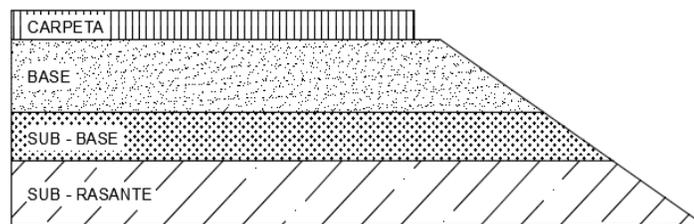
Aunque parece una operación simple y repetitiva, se debe tener en cuenta que cada material tiene unos grados óptimos de humedad diferentes, por lo que las operaciones de carga y descarga no deben ser aleatorias. Según el material se admite mayor o menor espesor de las capas, lo cual es transcendental para la buena marcha de la obra.

CAPITULO III. PAVIMENTOS

3.1. Definición

Según la definición del Manual Centro Americano para Diseño de Pavimento, un Pavimento es la estructura integral de las capas de sub rasante, sub base, base y carpeta colocada encima de la rasante y destinada a sostener las cargas vehiculares como se muestra en la Imagen 3.

Imagen 3. Estructura de Pavimento

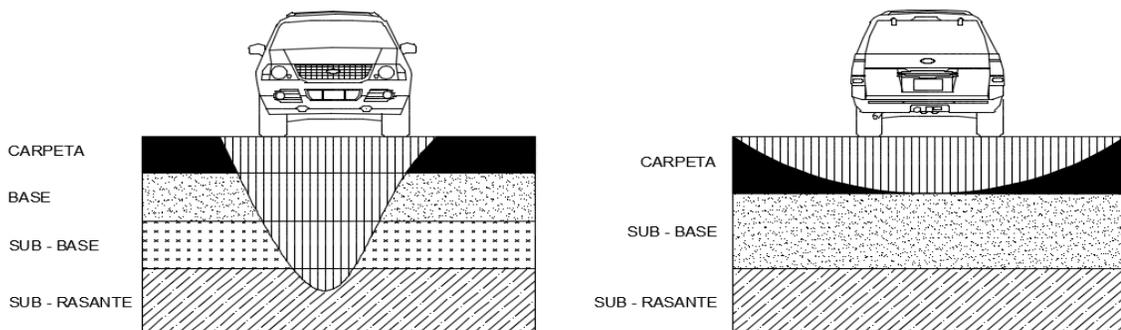


Fuente: Elaboración propia.

3.2. Clasificación

Los pavimentos se dividen en flexibles y rígidos. El comportamiento de los mismos al aplicar carga es muy diferente, tal como puede verse en la Imagen 4.

Imagen 4. Clasificación de Pavimento



Fuente: Elaboración propia.

3.2.1. Pavimento Flexible.

Formados por una superficie de desgaste o carpeta relativamente delgada, construida sobre unas capas (base y sub base), apoyándose este conjunto sobre la sub rasante compactada, de manera que la sub base, base y superficie de desgaste son los componentes estructurales de este tipo de pavimento.

3.2.2. Pavimento Rígido.

Es una estructura conformada superficialmente por losas de concreto apoyada sobre una estructura granular llamada en algunos casos sub base. Se le llama rígido porque al ser sometido a las cargas del tránsito las deformaciones sufridas deben ser prácticamente nulas.

3.2.2.1. Elementos que integran el Pavimento Rígido

- Subrasante

Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño.

- Subbase

Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de subrasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la subbase. La subbase debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento.

Se utiliza además como capa de drenaje y controla la ascensión capilar de agua, protegiendo así a la estructura de pavimento, por lo que generalmente se usan materiales granulares. Al haber capilaridad en época de heladas, se produce un hinchamiento del agua, causado por el congelamiento, lo que produce fallas en el pavimento, si éste no dispone de una subrasante o subbase adecuada.

- Superficie de rodadura

Es la capa superior de la estructura de pavimento, construida con concreto hidráulico, por lo que debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, basan su capacidad portante en la losa, más que en la capacidad de la subrasante, dado que no usan capa de base. En general, se puede indicar que el concreto hidráulico distribuye mejor las cargas hacia la estructura de pavimento.

3.2.2.2. Tipos de Pavimentos rígidos

Los pavimentos rígidos pueden dividirse en tres tipos:

3.2.2.2.1. Concreto hidráulico simple

No contiene armadura en la losa y el espaciamiento entre juntas es pequeño (entre 2.50 a 4.50 metros ó 8 a 15 pies). Las juntas pueden o no tener dispositivos de transferencia de cargas (dovelas). Ver Anexo 3.1 (p. XIII).

3.2.2.2.2. Concreto hidráulico reforzado

Tienen espaciamientos mayores entre juntas (entre 6.10 y 36.60 metros ó 20 a 120 pies) y llevan armadura distribuida en la losa a efecto de controlar y mantener cerradas las fisuras de contracción. Ver Anexo 3.2 (p. XIV).

3.2.2.2.3. Concreto hidráulico reforzado continuo

Tiene armadura continua longitudinal y no tiene juntas transversales, excepto juntas de construcción. La armadura transversal es opcional en este caso. Estos pavimentos tienen más armadura que las juntas armadas y el objetivo de esta armadura es mantener un espaciamiento adecuado entre fisuras y que éstas permanezcan cerradas. Ver Anexo 3.3 (p. XV).

CAPITULO IV. LOSAS CORTAS

4.1. Descripción del método de pavimentación con concreto hidráulico por losas cortas

El método constructivo de losas cortas en pavimentos de concreto hidráulico brinda otra alternativa técnica para la construcción de pavimentos rígidos, estableciendo como base fundamental para la concepción del método, la reducción de esfuerzos de flexión en las losas de la estructura del pavimento.

Lo anterior se traduce a el menor número de repeticiones de carga por eje, basados en un análisis de fatiga del concreto, reduciendo el agrietamiento, evitar la falla por bombeo en las losas y el problema en las juntas durante el periodo de diseño.

4.2. Principios del diseño

El sistema pavimento delgado de concreto hidráulico por losas cortas, consiste en optimizar el espesor de los pavimentos entre 4 y 10 cm ahorrando material de construcción de forma sustancial, considerando la ubicación relativa de las cargas de las ruedas con la geometría de las losas del pavimento, que permiten distribuir la carga de manera eficiente, donde el principio es que a cada losa solo la cargue un set de ruedas.

Con esta proposición, donde se apoya un set de ruedas por cada losa, las tensiones se ven disminuidas con respecto a las producidas en las losas con dimensiones tradicionales. Esto permite adelgazar el espesor de los pavimentos.

La forma geométrica de la losa, ha pasado de ser tradicionalmente de geometría rectangular, a una geometría cuadrada; teniendo como finalidad que su longitud concentre la menor cantidad de puntos de esfuerzos, evitando en lo posible las fallas tanto transversales como longitudinales. Los sistemas tradicionales empleados de pavimentación en concreto se diseñan con losas de ancho igual al ancho de la pista de 3.6 m y de largo entre 3.3 y 6 metros. Esto significa que un camión C3, carga la losa simultáneamente con sus tres set de ruedas, tal como se muestra de la Imagen 5 parte superior.

La metodología de losas cortas, dimensiona las losas de tal forma que nunca sean cargadas por más de un set de ruedas del camión como lo muestra la Imagen 5 parte inferior, logrando disminuir significativamente los esfuerzos internos en la misma.

Imagen 5. Representación Longitudinal de Carga de Vehículo Modelo



Fuente: Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile – ICH.

4.3. Características principales •

- Losas chicas.
- Base drenante de 15 cm (finos < 6%).
- Base CBR 30 a 50%.
- Corte delgado.
- Sin sello de juntas.
- Sin dovelas ni barras de amarre.

4.4. Importancia del método.

- Pavimentos baratos con duración mayor a 20 años.
- Ahorro en costo de construcción de más del 20% del costo del pavimento.
- Sin costo de mantenimiento (sin sello de juntas).
- Evita congestión por mantenimiento.
- Menor consumo de energía de iluminación (30%).
- Menor costo para los usuarios.
- Facilidad de reemplazo de losas en instalaciones.

4.5. Innovaciones del método

Con la innovación en la dimensión de losas, también se ha visto la conveniencia de utilizar nuevos procedimientos:

4.5.1. Corte con sierra delgada

El corte con sierra delgada se debe realizar de modo que el corte quede con espesor no mayor que 2,0mm de manera de evitar el ingreso de partículas dañinas al interior de la junta, lo que pudiera deteriorarla.

4.5.2. Sello en juntas

Las juntas no se sellarán si se ha realizado el corte con sierra delgada, ya que su poco espesor impide el ingreso de partículas incompresibles. Sin embargo, se deberá repasar la membrana de curado en los cortes para asegurar una buena hidratación de las aristas de éste, asegurando su resistencia al desgaste y rotura.

Para evitar colocar sellos, se recomienda el uso de sierras de corte delgado (1,8mm) su espesor impide el ingreso de partículas en las juntas y, por lo tanto, éstas pueden dejarse sin sellar y prescindir de su futuro mantenimiento.

4.5.3. Barras de confinamiento lateral

El diseño de losas cortas considera el balanceo de las mismas, por lo que las barras dentro de ellas disminuyen vida del pavimento. Además dado la cantidad de cortes, la colocación de dovelas y barras de amarre no es recomendable y es costoso. Para solucionar este problema, el pavimento es confinado por el exterior evitando el desplazamiento lateral de las losas. Este confinamiento consiste en la colocación de pines de acero (barras lisas Φ 16 mm) de 50 cm de largo enterrados en ambos costados externos de la vía

**RESULTADO DEL ESTUDIO
GEOTÉCNICO, METODOLOGÍA
CONSTRUCTIVA Y
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

CAPITULO V. ESTUDIO GEOTÉCNICO

5.1. Introducción

Los estudios geotécnicos se realizan con el propósito de conocer las características físico-mecánicas propias de los suelos existentes a lo largo de la proyección de la vía del camino.

Los estudios de suelo de la carretera Bluefields – San Francisco suministraron datos suficientes del subsuelo que permitieron definir las propiedades geotécnicas más importantes de los suelos y materiales por los que atraviesa el proyecto; además de señalar las unidades geomorfológicas a las que pertenecen.

5.2. Descripción general del Informe Geotécnico

5.2.1. Trabajos de campo

Los trabajos de campo consistieron en sondeos manuales que se realizaron a lo largo y a los lados de la línea central del camino, además de los sondeos en los bancos de materiales posibles a utilizar en el proyecto.

5.2.2. Sondeos manuales en la vía proyectada

Los sondeos fueron ejecutados con dirección Bluefields - San Francisco, debido a problemas con la accesibilidad en el camino, por lo que las estaciones van en forma regresiva, partiendo del estacionamiento final (Est: 74+200) ubicado en el barrio San Pedro de Bluefields.

Se efectuaron 186 sondeos manuales a una profundidad de 1.50 metros cada uno con un total de 346 muestras analizadas. La distancia entre cada sondeo fue de 200 metros (5 por kilómetro), ubicados alternadamente al centro, izquierda y derecha de la sección de la carretera, distribuidos a lo largo de los 26.5 kilómetros de estudio.

El manual para la revisión de estudios geotécnicos del MTI (s.f.) establece que: “la cantidad de sondeos manuales para caminos totalmente nuevos se harán, como mínimo 4 sondeos manuales por kilómetro a una distancia entre sondeos de 250 metros, con una profundidad de 1.2 a 1.5 metros” (p.6). De acuerdo a la normativa, los sondeos manuales cumplieron con lo establecido.

5.2.3. Resultados geotécnicos del tramo Bluefields – San Francisco.

Los resultados de los estudios de suelos fueron realizados por TEC&CIA, estos se encuentran plasmados en un informe final de suelo, lo que facilitó el análisis sobre las características y propiedades que contienen.

Se tomó una muestra representativa del total de los estudios de suelos realizados por TEC&CIA (71 muestras, ver Anexo 5.2 en la p. XXX), se clasificaron de acuerdo al sistema AASHTO M-145 para conocer los tipos de suelos existentes en la vía y verificar con los resultados obtenidos por la firma.

Se presentará en el siguiente subtítulo un resumen de los resultados obtenidos de la clasificación realizada que ayudaron a plantear una alternativa para el mejoramiento de suelo, la cual es uno de los principales alcances de esta investigación.

5.2.3.1. Resultados de los ensayos sobre la línea

El estudio fue orientado a determinar las características de los suelos a lo largo de la línea central del camino.

Los sondeos inician desde el No.009 en la estación 72+600, hasta el No.186 en la estación 37+100 con un total de 346 muestras extraídas del centro y a cada lado de la línea central.

Los resultados de los sondeos manuales en línea, corresponden por lo general a suelos arcillosos, finos, altamente plásticos e impermeables, sonsocuite, con índice de grupo que varía de 10 a 20, con valores de CBR bajos y predominantemente entre 2 y 3%. A continuación descripción de los materiales encontrados:

Del estacionamiento 72+600 al estacionamiento al 67+600 se evidencian únicamente materiales que clasifican como A-2-6 y A-2-7, con índice de grupo variable que oscila entre 0 y 3, los primeros a 0.20 metros. Este Material no es autóctono del sitio, sino que se ha utilizado para mejorar la superficie del camino. El resto de los suelos encontrados son A-7-5 y A-7-6, con índice de grupo entre 10 y 20, con un CBR entre 2 y 3%.

Entre el Estacionamiento 67+600 y el estacionamiento 60+000, los suelos encontrados son los que se describen a continuación, descripción que se realiza desde la superficie del terreno hasta los 1.50 metros investigados:

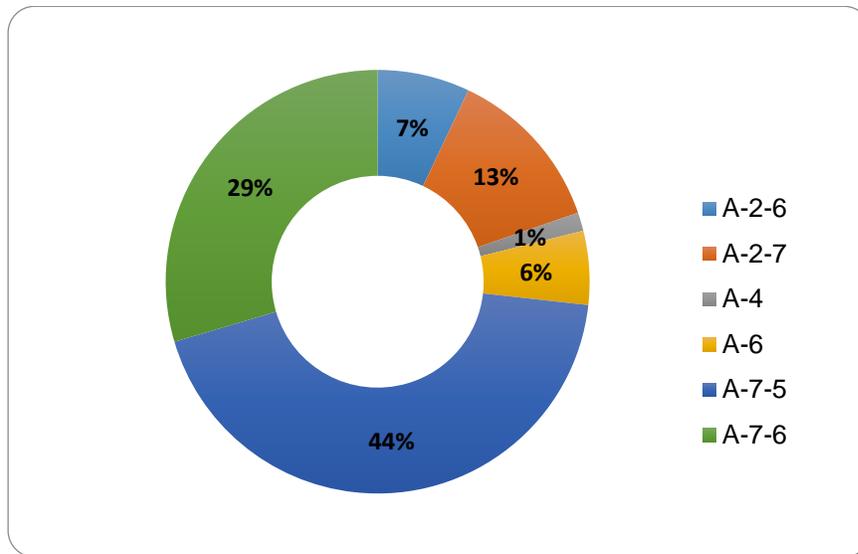
- Los primeros 15 centímetros promedio entre los estacionamientos 65+400 y el estacionamiento 62+00 (Sondeo 45 al 62), corresponde a una grava arcillosa plásticas, que clasifica como A-2-7, con índice de grupo que varía entre 2 y 3, altamente plásticos. Este material está altamente meteorizado, producto de las altas temperaturas y del régimen de lluvias de la zona.
- Los suelos arcillosos, que son los predominantes a lo largo de la línea central del camino y que clasifican como: A-7-5 y A-7-6 con índice de grupo igual o mayor a 18%, límite líquido igual o mayor a 55% y con un índice de plasticidad que oscila entre 21 y 34%. Otra característica de estos suelos es su alto contenido de finos con un porcentaje mayor del 60%.

Entre el estacionamiento 60+00 y el estacionamiento 42+00; predominan suelos tipo A-7-5 y A-7-6, con índice de grupo variable entre 10 y 20.

Entre el estacionamiento 42+00 y el estacionamiento 37+100 se tiene que los suelos predominantes continúan siendo del tipo A-7-5 y A-7-6, con índice de grupo que varía entre 04 y 20 a una profundidad de 1.50 m. Sin embargo, entre el 41+00 al 38+600, se encontró una capa superficial con un espesor mínimo de 30 centímetros conformada A-4, A-2-6 y A-2-7, con índice de grupo de cero, estos suelos son limos areno arcillosos con presencia de gravas que presentan una baja plasticidad y un CBR entre 10 y 12%. Después de esta capa de limos areno arcilloso, se tiene nuevamente los materiales arcillosos, A-7-5 y A-7-6 con valores de CBR entre 6 y 10%.

En base a lo anterior y de acuerdo a la verificación de resultados realizada para las muestras tomadas en consideración, en la Figura 2 se observa que el 44% del material analizado pertenece al sub grupo A-7-5 y el 29% al sub grupo A-7-6.

Figura 2. Clasificación de suelo existente en la vía Bluefields - San Francisco según AASHTO M-145



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del estudio geotécnico completo forman parte de los anexos de esta investigación. Anexo 5.1 (p. XVI).

5.2.3.2. Resultados de los sondeos en los bancos de materiales

5.2.3.2.1. Introducción

Siendo una de las actividades más importantes en el estudio de suelo, TEC&CIA investigó todos los sitios probables de materiales por medio de sondeos manuales localizando un total de 9 Bancos de materiales seleccionando únicamente 4 que son los que pueden suplir las necesidades del proyecto en lo concerniente a material de revestimiento y de base (ver Anexo 5.3, p. XXXII).

5.2.3.2.2. Resumen de los sondeos en los bancos de préstamos

En la selección de estas fuentes de materiales, TEC&CIA considero básicamente los siguientes aspectos: necesidades de materiales para rellenos, volumen disponible, uso de la tierra y los consiguientes problemas de permitir su uso o expropiación, las necesidades de materiales de revestimientos y de base.

Tomando en cuenta estos aspectos los resultados de laboratorio muestran que los Bancos de la Pedrera, Poll No.2, Caño Blanco y José Rocha, son los que pueden satisfacer las necesidades de mejoramiento de suelo del proyecto

- Banco la Pedrera.

Banco situado al norte de Bluefields y a 3 kilómetros del estacionamiento 74+200, con camino de acceso y banco actualmente en explotación. Este material bandeado por el tractor corresponde a una grava limosa de baja plasticidad. Material que si se explota de la parte central del macizo se podrá utilizar como material de revestimiento y de base. Este material clasifica como A-1-a (0), correspondiente a una grava limosa, con valor de CBR de 69, 86, 96 y 102% compactado al 90, 95, 98 y 100% respectivamente de su densidad máxima.

- El Banco el Pool No-2.

Es una grava limosa con poco contenido de finos no plástico, Plásticos, tipo cascajo gravoso y se tiene en grandes cantidades. Este Banco podría suplir los primeros 10 kilómetros del proyecto. El valor de CBR es de 15.3, 66.3, 66.3 66.4% compactado al 90, 95, 98 y 100% respectivamente.

- El Banco del Caño Blanco.

Corresponde a una grava de color blanco, resistente y con un valor de CBR de 39.8, 73.4, 110 y 110% compactado al 90, 95, 98 y 100% respectivamente, puede suplir material de revestimiento y de base.

- El Banco de José Rocha (Las Breñas).

Es una grava de color gris oscuro, no plásticas y con un CBR del 62.7, 82.3, 114 y 116% compactado al 90, 95, 98 y 100% respectivamente, puede suplir material de revestimiento.

5.2.4. Descripción del sistema para mejoramiento del suelo.

Una vez realizada la evaluación de las características de los materiales que conforman la estructura de pavimento existente y sus espesores, se obtuvo la información básica necesaria para determinar la solución de mejoramiento de los suelos presentes en el tramo de carretera en estudio, con el fin de elegir los nuevos espesores a colocar a lo largo de la vía.

Una consideración importante que hace inaccesible el camino es que existen áreas en que los suelos se encuentran saturados, particularmente cuando se atraviesan áreas pantanosas (suampos), sitios vulnerables a las inundaciones (llano), por la topografía y la trayectoria del drenaje prevaleciente. Debido a esta condición de suelos saturados por las altas precipitaciones de la región, los suelos son bastante desfavorables. Para solucionar los problemas de suelo del tramo se optara por proponer la siguiente alternativa: Pedraplén (ver capítulo 2, subtítulo 2.4.1, p.19).

Resulta beneficiosa la utilización de pedraplenes, puesto que esta capa de rocas permitirá que el nivel del agua suba y baje sin afectar la estructura propia del pavimento. El pedraplén deberá ser tendido y bandeado con tractor, tal como se observa en la Imágenes 6 y 7 con un mínimo de seis pasadas, garantizando que los vacíos quedarán rellenos con material de menor tamaño de grano.

Imagen 6. Construcción de los primeros 6 kms de trocha transitable construidos con una base de pedraplén (Carretera Bluefields - San Francisco)



Fuente: Informe Semanal del Proyecto Bluefields – San Francisco..

Imagen 7. Rodillo compactando base de pedraplén (Carretera Bluefields - San Francisco)



Fuente: Informe Semanal del Proyecto Bluefields – San Francisco.

Se deberán utilizar rocas adecuadas para pedraplenes tales como: las rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas resistentes, sin alteraciones apreciables, compactas y estables frente a la acción de los agentes externos y en particular, frente al agua.

Según NLT-255 (s.f.):

Se consideran rocas estables frente al agua aquellas que, sumergidas en agua durante veinticuatro horas, con tamaños representativos de los de puesta en obra, no manifiestan fisuración alguna, y la pérdida de peso que sufren es igual o inferior al 2%.

Las tongadas de roca susceptibles de saturarse durante la vida del relleno tipo pedraplén se construirán, de acuerdo con el Proyecto, con un tipo de material que tenga un comportamiento aceptable bajo dicha acción (erosión, expansión y colapso, etc.).

CAPITULO VI. METODOLOGIA CONSTRUCTIVA DE PAVIMENTO RIGIDO USANDO LOSAS CORTAS

6.1 Introducción

Las nuevas tecnologías de construcción de pavimentos rígidos, se han desarrollado para cubrir diferentes necesidades de pavimentación y mejorar sustancialmente el comportamiento y confort de las carreteras. Es necesario el estudio de las normativas existentes en el país que rigen el control de calidad de la construcción de los pavimentos con el objetivo de encontrar puntos de mejoras y enriquecer los conocimientos sobre los beneficios de las nuevas metodologías innovadoras.

Es de suma importancia tener claro todos los procedimientos apropiados en cuanto a la producción, suministro continuo y colocación del concreto que permitan obtener un concreto de calidad adecuada, homogéneo y uniforme.

La producción y puesta en obra del concreto para pavimentos es una operación compleja que incluye múltiples fases. Cada fase se realiza en momentos y locaciones diferentes, lo que obliga a planificarlas en forma adecuada para que cada componente se encuentre en las condiciones especificadas; así, la cadena de producción funcionará de manera armónica y continua en pos de la uniformidad del producto final.

6.1. Inspección sobre el manejo y almacenamientos de los materiales

6.1.1. Introducción

Los materiales deben ser inspeccionados y probados para asegurar que satisfagan los requisitos del diseño de mezcla y que sean apropiadamente almacenados, manejados y usados en el trabajo. Si los materiales son inspeccionados para la aceptación antes de ser ingresados al sitio de la obra, el supervisor de campo debe verificar su condición una vez que llegan, buscando la degradación que pudiera haber ocurrido durante el ingreso y el almacenamiento.

La calidad del concreto depende de la calidad de los ingredientes usados, particularmente el cemento y los agregados. Los problemas tales como alto o bajo rendimiento, baja resistencia y deterioro con frecuencia pueden ser atribuidos al pobre manejo y almacenamiento de estos materiales.

En esta sección se darán a conocer los procedimientos y recomendaciones sobre al manejo de los materiales comúnmente usados en la construcción con concreto para asegurar la producción consistente y uniforme de alta calidad. Entre ellos se mencionan: cemento, agregados, agua de mezclado, aditivos, refuerzo y compuestos de curado.

6.1.2. Materia Prima

A continuación se describen ciertas características, formas de manejo e incidencias de común ocurrencia de la materia prima para mezcla de concreto.

6.1.3. Cemento Portland

El cemento utilizado será Portland, de marca aprobada oficialmente que reúna estrictamente las condiciones exigidas por el proyecto. Si por alguna razón el cemento ha fraguado parcialmente o contiene grumos del producto endurecido, no podrá ser utilizado. Tampoco se permitirá el empleo de cemento extraído de bolsas usadas en jornadas anteriores.

El transporte del cemento debe realizarse de forma tal que no se alteren sus propiedades. El cemento Portland debe ser almacenado en silos o recintos impermeables, adecuados para protegerlo contra la humedad y los agentes exteriores. Si se utilizara más de un tipo de cemento, se dispondrán silos o almacenamientos diferentes para cada uno de ellos. Se controlará la edad del cemento y la limpieza periódica de los lugares en donde se almacene.

6.1.4. Agregados

A fin de lograr la producción uniforme del concreto, es importante mantener la granulometría y el contenido de humedad de los agregados tan consistente como sea posible y protegerlos contra la contaminación.

6.1.4.1. Agregado fino.

El agregado fino a emplearse estará constituido por arenas naturales o artificiales o una mezcla de ellas.

Arenas naturales son aquellas cuyas partículas son redondeadas y provienen de la disgregación de las rocas por la acción de los agentes naturales.

Arenas artificiales son las originadas por la trituración de las rocas mediante equipo de trituración. Se dará preferencia al uso de arenas de origen natural.

Las arenas presentarán partículas duras, durables y limpias, libres de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas blandas o laminares, álcalis, arcillas, materias orgánicas y deletéreas.

El agregado fino que no satisfaga los requisitos dispuestos precedentemente para su granulometría, podrá utilizarse, si mezclado con el agregado grueso y cemento a usarse en obra, en las proporciones que indique el Constructor, se obtiene un concreto con la resistencia a tracción por flexión establecida para cada proyecto.

6.1.4.2. Agregado grueso

El agregado grueso será piedra triturada, grava, u otro material inerte aprobado por el Supervisor. Se compondrá de partículas duras, resistentes y durables libres de cualquier cantidad perjudicial de capas o materias adheridas, arcilla y materias extrañas.

El porcentaje permitido de material más fino que el tamiz 200 en los áridos gruesos para cualquier mezcla de concreto es inferior o igual que 1%.

Es significativo el buen manejo de los acopios de agregados en la planta de producción de concreto especialmente del agregado grueso, puesto que es un factor que evita la segregación. Los agregados deberán acopiarse en pilas de forma escalonada y cubriéndolos si fuera necesario.

Los silos deberán mantenerse siempre alimentados y esta tarea debe realizarse evitando la segregación del agregado, siendo indispensable contar con operarios habilidosos para que realicen con éxito la carga de los materiales en los silos, ya que por lo contrario esto podría alterar significativamente el resultado final.

6.1.5. Agua

El agua potable es el criterio de calidad típicamente especificado para el agua de mezclado. Por lo general se debe conocer la presencia de impurezas dañinas tales como álcalis, ácidos, materia vegetal degradada, aceite, desechos de alcantarilla, o cantidades excesivas de sedimentos. El agua de calidad cuestionable debe ser probada para ver su efecto en la resistencia y el tiempo de fraguado.

El correcto proporcionamiento del agua de mezcla y de los aditivos en el caso de que se usen, es de vital importancia, ya que una alteración en la relación agua/cemento o en la proporción en que intervienen los aditivos alterará las características del concreto, dando resultados diferentes a los obtenidos en el laboratorio en el caso del diseño de la mezcla.

6.1.6. Aditivos.

El ACI 116R define un aditivo como: “un material distinto del agua, agregados, cemento hidráulico y fibras de refuerzo, usado como un ingrediente del concreto o mortero y que se agrega a la dosificación inmediatamente antes y durante su mezclado”.

La especificación estándar para aditivos químicos para el concreto (reductor de agua, retardantes y acelerantes) es el ASTM C949/494M. Esta especificación considera siete tipos de aditivos con diferentes propósitos:

- Tipo A: Reductor de agua.
- Tipo B: Retardante.
- Tipo C: Acelerante.
- Tipo D: Reductor de agua y acelerante.
- Tipo F: Reductor de agua de alto rango y,

- Tipo G: Reductor de agua de alto rango y retardante.

Como parte de la aceptación de los aditivos, se efectúan análisis en laboratorios o se confía en la información del fabricante. Los aditivos deben ser inspeccionados para asegurar que:

- Cumplan con las especificaciones apropiadas;
- Sean almacenados sin contaminación o deterioro;
- Se dosifiquen con exactitud;
- Sean introducidos en la dosificación tal como está especificado;
- Se desempeñen según lo esperado mientras esto pueda determinarse a partir del concreto al mezclarse y al ser probados.

De ser posible, se recomiendan las pruebas rutinarias de control de calidad de los aditivos como la masa específica, PH y sólidos (residuos por secado) y comparar contra los datos proporcionados por el fabricante.

6.1.7. Almacenamiento de los materiales

6.1.7.1. Almacenamiento del Cemento a granel

El cemento a granel debe de almacenarse en silos impermeables apropiadamente ventilados para evitar la acumulación de humedad. En obras grandes, los silos deben ser periódicamente vaciados e inspeccionados para ver la acumulación de cemento, el cual debe ser removido antes de volver a llenarse.

Se debe evitar exponer el cemento al aire, porque la humedad en el aire causa hidratación parcial. Si el cemento se hace ligeramente terroso durante el almacenamiento, su uso puede ser permitido si los grumos son lo suficientemente suaves para ser desmoronados entre el pulgar y los dedos. Si existen grumos más duros, deben ser removidos por medio de tamizado (a condición de que los documentos del contrato no prohíban su uso). Si se encuentra un número excesivo de grumos, el cemento debe ser probado para verificar si es apropiado antes de su uso.

6.1.7.2. Almacenamiento del Cemento en sacos

El cemento en sacos puede usarse en pequeños proyectos. Para proteger los sacos contra la humedad del suelo y contra el ambiente, es mejor almacenarlos en un ambiente cerrado y sobre plataformas por encima del piso. Si los sacos necesitan almacenarse afuera, deben de usarse cubiertas impermeables al agua.

Al remover los sacos de cemento del almacén, debe usarse primero el cemento más viejo. Si el cemento se ha compactado por el almacenaje, los sacos deben ser rodados sobre una superficie dura para restaurar su fluidez. El cemento con grumos que no se rompen fácilmente debe ser desechado.

6.1.7.3. Almacenamiento de los agregados en pilas

Si los agregados son almacenados en pilas sobre el suelo, deben tomarse las siguientes medidas para evitar la contaminación y la segregación:

- Pavimentar el área, tender unos tablones o dejar el suelo cubierto con una capa en el fondo del agregado de varias pulgadas de profundidad.

- No permitir que un cucharón de grúa que contenga otros agregados o materiales oscilen sobre la pila de agregado.
- Construir pilas de agregado grueso en capas de modo que el agregado no se deslice hacia abajo por las pendientes en las orillas de la pila, causando segregación.
- Evitar el manejo excesivo, que puede causar segregación y degradación.
- Permitir un amplio espacio entre las pilas y usar barreras para separar las pilas adyacentes.
- No mezclar ni almacenar agregado de diferentes fuentes en la misma pila.
- Usar cada pila de agregado hasta que se termine. La dosificación por separado permite resultados más consistentes y confiables que los intentos de dosificar materiales combinados con cucharones o con bulldozers.
- No se debe permitir que el agregado caiga libremente de alturas de caída tan grande que pueda ocurrir rompimiento o que el viento pueda separar los materiales finos de los gruesos. De ser necesario escaleras para romper la caída y evitar excesiva segregación y rompimiento.
- Reducir la segregación que produce el viento en el agregado fino que este seco, humedeciéndolo.

6.1.8. Transporte de los agregados

Los vehículos usados para transportar agregado deben estar limpios y libres de toda clase de contaminantes así mismo deben ser inspeccionados para verificar su impermeabilidad. Los comportamientos de los agregados deben de inspeccionarse para verificar que no haya fugas o agujeros.

6.1.9. Principales pruebas en los agregados

Puesto que casi el 60% de la masa de concreto es agregado, el examinar y probar los agregados para la aceptabilidad involucra hacer las pruebas necesarias, tratando de que el agregado sea apropiadamente almacenado, manejado y verificando las operaciones de dosificación. Es necesario minimizar las variaciones en los agregados cuando son dosificados para la producción de concreto de calidad.

Los supervisores de concreto están interesados en tres tipos de pruebas en los agregados:

1. Las pruebas iniciales de aceptación por el laboratorio para ver lo adecuado en cuanto a granulometría, limpieza (limos e impurezas orgánicas), sanidad, durabilidad, resistencia o abrasión, materiales dañinos, sustancias extrañas y composición mineral.
2. Pruebas secundarias de laboratorio sobre muestras aprobadas para determinar las propiedades físicas usadas en el proporcionamiento de una mezcla, tales como absorción, masa específica, masa volumétrica, huecos y abundamiento.

3. Pruebas de campo para la aceptación o el control, tales como granulometría, limpieza de material dañado y contenido de humedad.

6.2. Operaciones de pavimentación

Se deberá seleccionar el sitio apropiado para la ubicación de la planta de mezclado central en el caso de que se utilice una de este tipo, buscando minimizar las distancias de acarreo tanto de los agregados para el concreto como del propio concreto elaborado.

Dependiendo de la naturaleza y magnitud del proyecto, su ubicación y las condiciones del lugar, el concreto podrá ser elaborado en:

- a. Plantas de Mezclado Central
 - b. Plantas Dosificadoras.
-
- a. Plantas de Mezclado Central

Estas plantas son generalmente plantas móviles y son diseñadas para lograr un rápido montaje, desmontaje y son de fácil transporte, elaboradas con materiales de altas especificaciones para soportar la carga diaria de trabajo. Su operación es relativamente sencilla y práctica. Son de fácil mantenimiento y limpieza, con accesibilidad de sus componentes para mantener una rutina diaria y continua de limpieza.

Dentro de las variedades de plantas de mezclado central, encontramos plantas simples con un sistema de dosificación y una olla de mezclado o las que tienen la inclusión de un tambor premezclador anterior a la mezcladora, este recibe la dosis de materia prima mientras la olla está descargando el concreto homogeneizado, también conocidas como de producción continua en una sola línea. Esto implica una mayor capacidad de producción.

Los pasos principales para la habilitación y producción en una planta de mezclado central son:

1. Selección del Sitio.
2. Cimentación de la planta.
3. Movilización e Instalación de la planta.

Las plantas móviles son transportadas en partes, manteniendo en cada transporte una sección completa de la planta de tal forma que la instalación se hará manteniendo un orden y secuencia. Normalmente para su instalación se debe contar con una o dos grúas de tamaño suficiente para garantizar el montaje seguro de los equipos y con el apoyo de personal capacitado y supervisado para hacer un trabajo seguro y estable.

a.1. Calibración y Ajustes

Previo a la producción de concreto se deben calibrar los elementos de medida de la planta y mantener este control periódicamente.

Los elementos que se calibran son:

1. Básculas (Carátulas, celdas mecánicas o de carga).
2. Medidores de agua.
3. Dosificadores de aditivos.
4. Ajuste de las tolerancias de las dosis.
5. Ajuste de las señales y la información entregada por las computadoras.
6. Ajuste de los controles automáticos.

a.2 Agua para limpieza.

El agua es necesaria no solo para la mezcla de concreto sino que se requiere una cantidad para el lavado de los camiones y para la limpieza de la planta. La limpieza de los camiones es importante para evitar que el concreto se contamine y para retirar restos de concreto que se hayan quedado adheridos en la anterior descarga. Estas necesidades de la planta pueden requerir aproximadamente de 500 a 600 metros cúbicos de agua potable por día. Es fundamental tener almacenados por lo menos el 20% del consumo diario.

b. Plantas dosificadoras con camión revolvedor

Su uso es recomendable en proyectos de mediana y pequeña envergadura, donde no se requiera de un suministro grande y continuo de volumen concreto pero que de igual forma asegure la calidad en la consistencia y la trabajabilidad de la mezcla.

En este caso los materiales que conforman el concreto son dosificados por la planta directamente en un camión revolvedor por el operador de la planta. A este tipo de concreto también se le conoce como concreto premezclado y permite producir concretos para pavimentos de alta calidad que garantizan un rendimiento constante para el pavimento. Estas plantas también las hay del tipo móvil, las cuales se pueden transportar y montar fácilmente para cumplir las necesidades de un proyecto en particular.

6.2.1. Diseño de la mezcla de concreto

El concreto por colocar deberá tener una resistencia mínima a la tensión por flexión de 48 kg/cm² y a la compresión de 28 MPa a los 7 días, lo cual se obtendrá por medio de las cantidades de materiales indicadas en el diseño aprobado de la mezcla de concreto.

Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el Contratista suministrará al ingeniero Supervisor, para su verificación, muestras representativas de los agregados, cemento, agua y eventuales aditivos por utilizar, avaladas por los resultados de ensayos de laboratorio que garanticen la conveniencia de emplearlos en el diseño de la mezcla.

6.2.2. Carga de los agregados

Previo a realizar la carga de los agregados, se harán las correcciones en la cantidad de agua de mezcla. Cuando se utilizan plantas de mezclado central esta corrección se realizará en forma electrónica a través del computador de la planta de producción. Una vez realizada la corrección, se realizará la carga haciendo uso de las bandas que llegan hasta el mezclador central. En forma permanente se hará uso de uno o más cargadores frontales para mantener cargadas las tolvas de agregados de la planta de producción.

6.2.3. Dosificación y mezclado del concreto

Las operaciones de dosificación y mezclado deben producir un concreto uniforme que contenga las proporciones requeridas de los materiales. Para asegurar tal uniformidad, los supervisores deben verificar que:

- Todos los ingredientes se mantengan homogéneos antes y durante la dosificación.
- El equipo usado dosifique con precisión las cantidades requeridas.
- Las dosificaciones requeridas se mantengan de una dosificación a otra.
- Todos los materiales sean introducidos a la mezcladora en la secuencia apropiada.

- Todos los ingredientes sean perfectamente combinados durante el mezclado y que la pasta de cemento cubra completamente con una capa todas las partículas del agregado.
- El concreto descargado de la mezcladora sea uniforme y homogéneo dentro de cada revoltura y de una revoltura a otra.

6.2.4. Operaciones de dosificación

La dosificación se puede hacer de forma manual o semiautomática o totalmente automática. La dosificación automática es la preferida porque reduce la variabilidad del proceso de producción del concreto. En la dosificación manual todo el pesaje y dosificación de los ingredientes del concreto se hacen manualmente o por dosificadores mecánicos por peso, que requieren que los operadores observen las básculas y los medidores de agua para controlar el pesaje y el corte de los ingredientes. Las plantas manuales son aceptables para trabajos pequeños que no requieren rápida dosificación

En un sistema de dosificación semiautomática, se usan botones o interruptores que se oprimen manualmente para abrir las compuertas de los contenedores de los agregados para cargar las dosificadoras. Cuando se ha entregado el peso designado de material, las compuertas se cierran automáticamente.

En una planta de dosificación automática, un solo interruptor de arranque activa electrónicamente la dosificación automática de todos los materiales

6.2.5. Operaciones de mezclado

El mezclado puede realizarse en plantas centrales o en el sitio de la obra, en camiones mezcladores, en mezcladores para pavimento, o en mezcladoras portátiles en el sitio de colocación.

Cualquiera que sea el método usado, es esencial que los materiales sean uniformemente distribuidos en toda la mezcla y que todas las superficies del agregado estén bien recubiertas con pastas de cemento.

6.2.6. Concreto fresco

Antes de colocar el concreto se deben verificar ciertos requerimientos destacados del concreto fresco.

- Consistencia: capacidad de fluir.
- Uniformidad: una mezcla homogénea, con constituyentes uniformemente dispersados.
- Trabajabilidad: facilidad de colocación, consolidación y acabado.
- Acababilidad: facilidad de desempeñar las operaciones de acabado para lograr las características de superficie especificadas.

6.2.6.1. Consistencia

La consistencia del concreto es una medida de su trabajabilidad, que puede ser definida por sus características de revenimiento, de flujo u otros indicadores de la consistencia. Un concreto de alto revenimiento tiene una consistencia más húmeda que un concreto de bajo revenimiento. En la Imagen 8. Se observa la realización de la prueba de revenimiento.

Imagen 8. Trabajadores realizando prueba de revenimiento al concreto fresco



Fuente: Informe Semanal del Proyecto Circunvalación Masaya.

En el Anexo 6.1 (p. XXXIII) se aborda como realizar la prueba de revenimiento para el concreto fresco

Si la consistencia del concreto es demasiada baja puede parecer seca y áspera y difícil de colocar y consolidar, dando como resultado el desarrollo de condiciones de concreto alveolado (no consolidado) después del endurecimiento. Inversamente, una alta consistencia puede llevar a la segregación, falta de uniformidad, menores resistencias y alta impermeabilidad del concreto

6.2.6.2. Trabajabilidad

El concreto fresco necesita ser trabajable durante las operaciones de colocación y acabado. Es importante que el concreto permanezca plástico (fluido) durante toda la colocación sin causar segregación o pérdida excesiva de revenimiento. La trabajabilidad depende de las características y calidad de los materiales cementantes usados, de la relación agua – materiales cementantes, granulometría, forma y textura superficial de los agregados, cantidad de aire incluido y el uso de aditivos químicos y fibras. El nivel de trabajabilidad necesario es afectado por las condiciones de campo, incluyendo temperatura, tiempo de acarreo, método de colocación, configuración de los moldes y grado de consolidación.

6.2.6.3. Uniformidad

Para asegurar la uniformidad en el concreto, la consolidación se realiza por medio de apisonado, varillado o vibración mecánica. La mayor parte de la consolidación se hace usando enrasadoras mecánicas o vibradores mecánicos (externos e internos). Los vibradores no deben de mantenerse en un lugar demasiado tiempo o usados para remover el concreto plástico. La consolidación inapropiada puede conducir a segregación y pérdida de aire incluido.

6.3. Proceso constructivo

6.3.1. Introducción

En un principio, la construcción de pavimentación requería el uso de cimbras fijas para contener el concreto en el carril de pavimentación. A finales de los años 1950s, se introdujo el equipo de pavimentación con cimbras deslizantes y su uso se ha incrementado rápidamente. Es más común que las Autopistas, Carreteras y Avenidas Urbanas Importantes utilicen primordialmente la cimbra deslizante y que en pavimentos urbanos en calles se utilice con mayor frecuencia la pavimentación con cimbra fija.

La construcción de un pavimento de concreto, en gran escala, depende notablemente en un control logístico. En efecto, una cadena de suministro bien planificada y controlada será la que determine las características de comportamiento funcional y estructural del pavimento.

En esta sección se atenderán temas relacionados a la cadena de suministro y construcción de la carpeta de rodadura recomendada para la pavimentación del concreto rígido con losas cortas en el tramo Bluefields - San Francisco, entendiendo que el proceso de consolidación de la subrasante y subbase ya se encuentra emplazado en el sitio ya que su desarrollo no abarca dentro de los objetivos de esta investigación.

6.3.2. Etapa preliminar de pavimentación

En esta etapa se deberá preparar el terreno, como la compactación de la subrasante y de la subbase que deben ser trabajadas, perfiladas y compactadas con la energía suficiente y la humedad óptima necesaria para cumplir con las especificaciones del proyecto.

En los proceso de arranque, carga y transporte de los agregados pétreos productos de la explotación de cantera y utilizados tanto para la preparación del terreno como para la mezcla de concreto (siempre que cumplan con las especificación del proyecto), deberá controlarse el almacenaje, la manipulación y las condiciones de uso del material explosivo cuidando que se realice por personal debidamente capacitado, autorizado y de manera segura.

6.3.3. Producción del concreto

Antes de comenzar la producción del concreto se deberá verificar que en los acopios existe suficiente material para toda la jornada y que la humedad del material está dentro de lo permitido en el pliego de condiciones.

La temperatura ambiente debe estar comprendida entre el máximo y el mínimo establecidos y las condiciones de visibilidad deberán ser tales que permitan que el transporte y que el tendido del concreto se realice en condiciones seguras. Se deberá contar con el número de personas y equipos suficientes para desarrollar las tareas. Los ensayos especificados deben realizarse a pie de obra, cuidando de que los valores estén dentro de los límites de aceptación.

Se verificará la fórmula de composición del concreto propuesta por el constructor, debiendo cumplir con los requisitos estipulados para el proyecto: Granulometría de los componentes, porcentaje en que entra cada componente, Granulometría de la mezcla, Cantidad de agua, Cantidad de cemento, Relación agua/cemento, Consistencia, Densidad de la probeta, Resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días.

6.3.4. Equipos de puesta en obra del concreto

La mezcla de concreto se extenderá y se compactará por los medios apropiados para garantizar la homogeneidad de la mezcla colocada, evitando la segregación y la aparición de vacíos y logrando alcanzar el espesor, la densidad adecuada y el contenido de aire especificado. La colocación se puede realizar mediante extendido entre formaletas fijas o con equipos de formaletas deslizantes.

Hay que tomar en cuenta que, para avances menores a 200 metros lineales de carril de pavimento por jornada, se recomienda utilizar una regla vibratoria con encofrados fijos en lugar de una pavimentadora de alto rendimiento. En este caso, la planta de concreto podrá ser dosificadora y el transporte con camión mezclador.

Por otro lado, para avances mayores a 200 metros lineales de carril de pavimento por jornada, se recomienda emplear tecnología de alto rendimiento, es decir pavimentadoras de encofrado deslizante.

Debido a que gran parte del año, el tramo en estudio pasa en periodos de lluvia se pretende aprovechar la estación de verano para colocar el mayor volumen posible de concreto, por lo tanto se sugiere que se utilicen equipos con altos rendimientos como es el caso de la pavimentadora deslizante.

6.3.4.1. Colocación de concreto utilizando formaleta deslizante

La pavimentación mediante formaleta deslizante se considera como la herramienta necesaria para la formación de una figura geométrica consolidada que acomoda y termina una masa de concreto fresco mediante el deslizamiento continuo de una formaleta alrededor de la masa plástica del concreto. La pavimentadora de formaleta deslizante es la maquinaria autopropulsada en la cual va montada la formaleta y es capaz de contener, accionar y controlar las herramientas que internamente posee para distribuir, enrasar, vibrar y terminar la masa de concreto. El efecto que la pavimentadora hace sobre el concreto se conoce formalmente como extrusión.

6.3.4.1.1. Proceso de preparación del terreno

En primera instancia se deberá verificar la preparación del terreno y disponer del rayado de las juntas en el mismo con cal y de las pruebas necesarias que determinan la adecuada resistencia del terreno.

6.3.4.1.2. Limpieza superficial y humedecimiento

Una vez nivelado el terreno en donde se colocará el concreto fresco se realiza la limpieza superficial utilizando compresor de aire o bobcat con barredora, la superficie deberá quedar perfectamente limpia, ligeramente humedecida y libre de sustancias ajenas al concreto, terminada dentro de las tolerancias indicadas en el contrato. Estas actividades iniciaran como mínimo una hora antes de empezar la jornada de colocación.

6.3.4.1.3. Tendido de líneas guía de la pavimentadora

Se deben preparar las barras o bastones y las canastillas, luego realizar el plantado de ambos en la ubicación que se disponga en el proyecto, para posteriormente colocar los hilos guía en los bastones. Se colocarán los bastones o barras que sirven de apoyo al hilo guía sobre todo para ajustar los sensores de la pavimentadora. Estos puntos físicos normalmente se localizan a una distancia de separación máxima de 5 m en curvas horizontales y verticales, mientras que en tangente se colocan cada 8 y 10 m.

La barra debe ser metálica y lo suficientemente rígida para soportar los golpes de martillo usados para su clavado en la base y su uso prolongado en la obra. Debe estar clavada lo suficiente dentro de la base como para garantizar la estabilidad de la línea ante el paso de la pavimentadora, la texturizadora y el personal de obra (ver Imagen 9).

Imagen 9. Tendido de líneas guías para el paso de la pavimentadora



Fuente: Informe Semanal del Proyecto Circunvalación Masaya.

Los hilos o cuerdas de la línea pueden ser de alambre, cable, nylon tejido, cuerda de polietileno o cualquier otro material similar, por un lado deben ser suficientemente fuertes como para resistir la tensión a que se somete y debe ser liviano para que no mueva el alineamiento. Una vez que se tiene instalada la línea guía debe ser verificada visualmente, cualquier duda o error debe ser verificada o corregida con topografía.

Para que las orugas puedan circular se dispone de un espacio de por lo menos de 1.0 m entre el borde la losa y la cuerda guía. Entonces la cuerda guía debe estar emplazada considerando este espacio. Se dispone de un sensor de elevación por oruga para el dato del espesor de la losa. Para el alineamiento se dispone solamente de dos sensores los que se colocan en las dos orugas de un solo lado.

6.3.4.1.4. Calibración de la pavimentadora

La calibración de la pavimentadora consiste en asentar la máquina sobre el cable guía y realizar varias pasadas sobre éste, de ésta manera se previenen algunos desperfectos en dirección y sobre todo en altura de la losa, es necesario calibrar la máquina antes de empezar con el proceso de carguío en planta como se observa en la Imagen 10.

Imagen 10. Obreros trabajando en la calibración de la pavimentadora



Fuente: Informe Semanal del Proyecto Circunvalación Masaya.

6.3.4.1.5. Transporte del concreto

Cuando el concreto es entregado al sitio debe verificarse que cumpla con todos los requerimientos que exige el proyecto para ser utilizado al instante. La capacidad de transporte debe estar coordinada con la cantidad de concreto a colocar, debiendo ser suficiente para impedir la ocurrencia de juntas de construcción no planeadas.

Pueden utilizarse satisfactoriamente diferentes tipos de mecanismos de carga para transportar el concreto, ya sea solos o en combinación con otros; esto dependerá del avance que se requiera en la obra, los de uso corriente son los volquetes o camiones mezcladores convencionales.

Se obtiene un mayor rendimiento con camiones volquetes, debido a la rápida descarga en comparación con los camiones mezcladores; si los camiones volquetes recorren distancias largas de acarreo deberá contemplarse el uso de aditivos en el diseño de la mezcla de concreto, para evitar segregación producto del vibrado de los camiones. Si se utilizan camiones mezcladores, el rendimiento baja notablemente, pues se requieren minutos adicionales en la descarga de la mezcla, sin embargo presentan la ventaja de homogenizar la mezcla de concreto al llegar al sitio haciendo girar la tolva a gran velocidad antes de la descarga, estos pueden ser útiles para proyectos urbanos con rendimientos bajos.

El número de camiones que realizarán el transporte desde la planta de elaboración hasta el frente de obra deberá ser tal que permita un trabajo continuo, sin detenciones. El acceso y salida de las unidades debe ser lo más ágil posible, ya que en el proceso lo que se busca es que la pavimentadora no pare nunca, esto va relacionado directamente a la producción diaria.

Después de que se ha transportado el hormigón sea por volquetes o camiones mezcladores debe disponerse de un espacio para el lavado antes de que vuelvan a la planta a realizar otro transporte.

6.3.4.1.6. Proceso de pavimentación con formaleta deslizante

El proceso de pavimentación con formaleta deslizante se puede resumir en los siguientes procesos: recepción y acomodamiento, vibrado y compactación, y perfilado o extrusado.

La mezcla de concreto es descargada por medio de camiones volquetes y colocada frente a la pavimentadora, la cual reparte y dosifica el concreto hacia los lados de la máquina. La pavimentadora distribuye el concreto mediante un tornillo sinfín o gusano que es controlado por el operador del modo que se observa en la Imagen 11.

Imagen 11. Tornillo sinfín distribuyendo la mezcla de concreto



Fuente: Informe Semanal del Circunvalación Masaya.

Al ir avanzando la máquina insertará de manera automática las barras de amarre longitudinales a través de un pistón neumático (Tie Bar Inserter). Solo se requerirá de una persona que coloque el acero corrugado cortado en el pistón de la manera en que se refleja en la Imagen 12.

Imagen 12. Pistón neumático para insertar barras de amarre longitudinal



Fuente: Informe Semanal del Proyecto Circunvalación Masaya.

Inmediatamente después del tornillo repartidor y antes de la placa extrusora se encuentran los vibradores. En las zonas de influencia de los vibradores se produce la energización del concreto, es decir la movilización de las partículas del concreto, las burbujas de agua y aire suben a la superficie y explotan haciendo que el volumen de la mezcla se reduzca, lo cual facilita su entrada al panel de extrusado.

Básicamente los vibradores tienen dos funciones, consolidar el concreto y hacerlo más fluido para que pase por el molde o caja extrusora; al lograr la excitación de las partículas de concreto estas se juntan logrando la eliminación de vacíos. Los vibradores deben tener una separación entre ellos de 50 y 75 mm; de fallar alguno, esto se verá reflejado en el aspecto de la losa de concreto, de ocurrir esto se deberá utilizar vibradores manuales.

Sin embargo, se debe tomar en cuenta que una excesiva vibración puede causar segregación y reducción del contenido de aire en la mezcla de concreto; por el contrario, poca vibración puede causar un mal acabado y un volumen alto de vacíos, lo que se traduce en reducción de la resistencia de la losa de concreto. Algunas pavimentadoras poseen una barra o cuchilla compactadora, conocida como tamper-bar, la cual se utiliza para profundizar los fragmentos de grava que hayan quedado expuestos superficialmente.

Posteriormente la placa extrusora hace que el concreto tome la forma geométrica de la losa, es sumamente importante que las planchas que la conforman se encuentren en perfecto estado y alineamiento, libre de abolladuras o deformaciones que incidan en el aspecto de la losa terminada.

La cimbra deslizante son las que se encuentran en los lados de la máquina, las cuales también ayudan a consolidar el concreto y a generar un buen trabajo logrando una superficie uniforme tanto en la dimensión horizontal como en la vertical. No obstante, para lograr esto es indispensable el suministro continuo y homogéneo del concreto.

En cada uno de los lados de la pavimentadora debe disponerse de personal (orilleros) que controle permanentemente el alineamiento del equipo con relación a la cuerda guía. Esto es de especial cuidado en sectores en curva porque las orugas del lado interno deben reducir su velocidad de avance en relación a las del lado externo. El éxito consiste en mantener todo el tiempo la perpendicularidad entre la pavimentadora y el eje del camino.

Las pasajuntas pueden ser colocadas mediante su montaje en canastas metálicas que garantizan su correcta disposición en la losa de concreto y que permiten un libre movimiento de las losas de concreto, o pueden insertarse mediante elementos mecánicos que aseguren su correcta posición.

6.3.5. Acabado superficial del pavimento

Una vez consolidado el concreto por la maquina pavimentadora, el smoother de la máquina dará el acabado superficial (Imagen 13), aunque para darle un acabado mucho más liso una cuadrilla puede proceder a la terminación del mismo usando flotadores, dándole características de lisura y textura que faciliten el rodamiento haciéndolo antideslizante.

Imagen 13. Smoother de pavimentadora dando acabado al concreto recién colocado



Fuente: Informe Semanal del Proyecto Circunvalación Masaya.

La cuadrilla se encargará de flotar y allanar la superficie del concreto (ver Imagen 14), además de dar acabado a los bordes de las losas para que estos tengan cortes de 90°, la superficie deberá quedar lisa y cubierta con un reductor de evaporación.

Imagen 14. Cuadrilla dando acabado superficial después del paso de la pavimentadora



Fuente: Informe Semanal del Proyecto Circunvalación Masaya

Las operaciones de acabado mecánico por detrás de la pavimentadora se llevan a cabo por medio de anchas flotadoras transversales metálicas (llanas), rodillos y flotadoras de tubo rotatorios. Mientras el concreto se encuentre plástico, se pasara una regla fratás metálica en sentido transversal, haciéndola casi flotar sobre la superficie y dándole un movimiento de vaivén

Existen llanas de gran dimensión que cubren grandes espacios, esencialmente se utilizan para mantener el ritmo y la velocidad de la pavimentación con cimbras deslizantes, comúnmente son llanas a las que se le montan un largo mango para cubrir todo el ancho de la carretera desde uno solo de los lados, en la unión entre mango y llana se instala un pivote que permite ajustar el ángulo de ataque de la llana y evitar que penetre la losa. Ver Imagen 15.

Normalmente la primera pasada de la llana abre poros y permite salida de pequeñas cantidades de agua y aire presente cerca de la superficie, la segunda pasada o el uso de otra herramienta busca cerrar los poros abiertos y sacar a la superficie granos de arena.

Imagen 15. Acabado de la superficie con flota



Fuente: Informe Semanal del Proyecto Circunvalación Masaya.

6.3.6. Microtexturizado longitudinal

El microtexturizado consiste en el arrastre sobre toda la calzada de una faja de arpillera o yute humedecida que deja una superficie de textura longitudinal arenosa. La tela de yute deberá tener una longitud mayor al ancho del pavimento y se controlara constantemente su humedad, el tiempo de aplicación y la velocidad de aplicación; además es importante tomar en cuenta la limpieza de la tela y procurar que el tejido sea continuo y no coser tramos de yute para dar la longitud, por un lado una tela con fragmentos de concreto adheridos marcara excesivamente en el concreto y lo mismo ocurre con las costuras de la tela.

El exceso de humedad se percibe con la presencia de burbujas de agua detrás del paso de la manta, por el contrario la falta de humedad causa levantamiento de concreto. El agua se puede aplicar con la ayuda de una bomba manual. Aunque algunas texturizadoras contienen un sistema de irrigación que mantiene húmeda la tela.

6.3.7. Macrotexturizado transversal

El proceso experimentado superficialmente por el concreto una vez que sale de la pavimentadora, es la liberación del agua de sangrado; la que posteriormente se seca y adquiere un tono mate que indica el momento del texturizado.

Es extremadamente importante producir una textura superficial satisfactoria que dure bajo el tráfico, para la resistencia al derrape de un pavimento de concreto. La textura superficial determina que tan rápido escapa el agua entre las ruedas del vehículo y el pavimento y que tan rápido drena el agua desde la superficie durante la lluvia. El agua en el pavimento puede dar como resultado pérdida del contacto entre las llantas y el pavimento, haciendo que los vehículos pierdan el control y derrapen.

Para pavimentos de alta velocidad, la textura con el arrastre de una arpillera puede no proveer la resistencia a derrape adecuada. Puede producirse una textura más profunda que permita el drenado más rápido y mejor contacto de las llantas con el pavimento formando estrías en la superficie, usando peines con dientes de alambre como se muestra en la Imagen 16.

Las estrías pueden ser transversales o longitudinales. Las estrías transversales proveen mejor drenaje, las estrías longitudinales resultan en un viaje más tranquilo. Los lugares en donde hay lluvias pueden preferir el rayado transversal porque este favorece la evacuación del agua superficial y reduce el fenómeno de hidroplaneo.

Imagen 16. Peine texturizador con dientes de alambre



Fuente: Informe Semanal del Proyecto Circunvalación Masaya.

Para carreteras, las estrías deben ser de aproximadamente 1/8 pulg (3mm) de ancho y de 1/8 pulg (3mm) de profundidad con espaciamientos de 1/2 a 1/4 pulg (6 a 13 mm).

Otro método de estrías en el concreto es aserrar las estrías después de que el concreto se ha endurecido, usando una maquina equipada con múltiples hojas con puntas de diamante.

6.3.8. Curado del concreto

Después de dar textura a la superficie de rodamiento del concreto, debe aplicarse un curador. El curado evita la pérdida de agua que contiene la mezcla del concreto fresco debido a agentes como el sol y el viento. Un concreto curado adecuadamente alcanzará su máxima resistencia y durabilidad, será más impermeable y tendrá menor riesgo de fisuración.

6.3.8.1. Curado con membrana

El compuesto del curado debe ser aplicado preferentemente con aspersores manuales o con irrigadores a presión (Imagen 17) a todas las superficies expuestas del concreto incluyendo orillas, tan pronto como se complete la texturización del pavimento y una vez que desaparece el brillo o agua de sangrado de la superficie de concreto. Si se usan cimbras fijas, debe aplicarse a las orillas tan pronto como las cimbras sean removidas.

Imagen 17. Trabajador aplicando curador blanco con mochila pulverizadora



Fuente: Informe Semanal del Proyecto Circunvalación Masaya.

Para la aplicación de la membrana de curado se utilizarán compuestos curadores de marca aprobada, utilizando en algunos casos medios mecánicos sofisticados, como trenes de texturizado y curado que van avanzando inmediatamente después de la pavimentadora de cimbra deslizante.

El curado debe prevenir durante las primeras edades del concreto la evaporación del agua superficial, manteniéndolo en una condición saturada o cercana a ella. Cuando el pavimento este sometido a condiciones severas de radiación solar extrema, baja humedad o por vientos fuertes, se debe aplicar al menos dos capas de curador químico, la primera antes del microtexturizado y la segunda después del texturizado o inclusive se puede aplicar protección complementaria como: rociado de agua o utilizando arpilleras mojadas.

Otros métodos de curar los pavimentos de concreto incluyen papel impermeable al agua, hojas de plástico y arpillera mojada. Una desventaja de usar estos métodos es que todos requieren de atención constante durante el periodo de curado especificado. Las cubiertas impermeables son difíciles de mantener en su lugar en días con mucho viento y las cubiertas de arpillera deben mantenerse constantemente húmedas durante el periodo de curado especificado. En grandes proyectos de pavimentación, el usar cubiertas de curado sueltas requiere mantener grandes cantidades de material a la mano y las cubiertas plásticas siempre deben estar a la mano en caso de lluvias antes del endurecimiento.

Durante el tiempo de curado del concreto no deberán circular vehículos que puedan levantar la capa protectora.

6.3.8.2. Curado húmedo

El curado húmedo consiste en el rociado continuo del pavimento, con agua corriente o estancada, o cubiertas continuamente saturadas de arena, costales de yute u otros materiales absorbentes.

Alternativamente, el curado se puede realizar por los métodos que se señalan a continuación:

6.3.8.3. Inundación

Consiste en inundar con agua la superficie del concreto mediante pequeñas represas de tierra o arena por 10 días como mínimo.

Tierra inundada: consiste en distribuir tierra que se mantendrá mojada por un plazo no menor de 10 días.

Debe usarse agua que no manche la superficie del concreto. El manchado puede ser causado por agua con altos contenidos de hierro, por tubos ferrosos usados para extender el agua de curado y por otros agentes que produzcan coloración. Las mangueras de lona son alternativamente satisfactorias a los tubos de fierro para distribuir el agua de curado.

Pueden utilizarse costales de yute, aplicarse mojados sin daño a la superficie casi inmediatamente después de que el concreto es acabado. Los costales deben estar limpios y mantenerse en contacto con la superficie de concreto, especialmente durante el clima caluroso y con mucho sol.

Si se usa tierra o arena húmeda para el curado húmedo, deben estar libres de grandes terrones o piedras, puesto que el secado ocurre más rápidamente en tales puntos. Además deben mantenerse humedecidas continuamente, no deben contener materia orgánica u otras sustancias que puedan dañar o manchar el concreto.

6.3.9. Juntas

Existen diferentes diseños de juntas en los pavimentos de concreto, si estas juntas no se construyen como se muestran en los documentos del concreto y se instalan en las ubicaciones apropiadas, el desempeño del pavimento será deficiente.

Una junta es un plano que inducirá una falla planificada en la superficie de concreto, que aliviará esfuerzos manteniendo un mecanismo de transmisión de cargas adecuado y que evitará, por sobre todo, la pérdida de finos de las capas inferiores y la consecuente pérdida de capacidad portante.

El objetivo de las juntas en los pavimentos de concreto es el de controlar la fisuración y agrietamiento que sufre la losa del pavimento, debido a la contracción propia del secado del concreto por pérdida de humedad, así como, por las variaciones de temperatura que sufre la losa al estar expuesta al medioambiente, y el gradiente de temperatura existente desde la superficie hasta la subbase.

Las juntas se crean para:

- Controlar el agrietamiento transversal y longitudinal
- Dividir el pavimento en secciones adecuadas para el proceso constructivo y acorde con las direcciones de tránsito.
- Permitir el movimiento y alabeo de las losas.
- Proveer la caja para el material de sello, sin embargo en los diseños de losas cortas no se contempla necesaria esta actividad.
- Permitir la transferencia de carga entre las losas.

6.3.10. Corte de juntas en el concreto

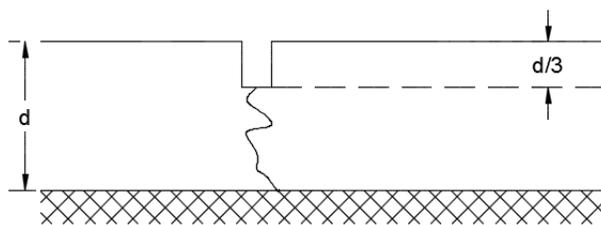
Se debe marcar la ubicación de las juntas transversales antes de la colocación del concreto, esto para garantizar que la juntas queden en el lugar establecido por el proyecto.

El corte de las juntas deberá realizarse cuando el concreto presente las condiciones de endurecimiento propicias para su ejecución y antes de que se produzcan agrietamientos no controlados. Es importante iniciar el corte en el momento adecuado, previendo que el concreto pueda soportar el peso de la máquina y del operador de la misma sin que queden marcas en la superficie de la losa.

Si el concreto se empieza a cortar antes de tiempo se puede generar despotillamiento de las losas; por el contrario, si el corte se realiza muy tarde, el concreto define los patrones de agrietamiento por si solo y de nada servirán los cortes por realizar.

Los cortes se deben realizar a una profundidad de un tercio del espesor (ver Imagen 18), no mayor a esa medida y por lo general tienen un ancho mínimo de 2 mm. Cortar la parte superior proporciona que la parte inferior se genere una grieta que le permite transmitir fuerzas cortantes por la trabazón que existe entre los agregados del concreto entre una losa y otra.

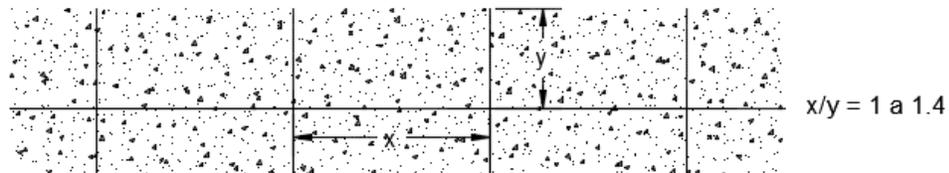
Imagen 18. Profundidad de corte



Fuente: Manual de Pavimentos 2010 CEMEX.

La relación de Largo / Ancho de las losas debe estar entre los límites de 1.0 a 1.4, relaciones mayores originan que se generen grietas en la mitad de las losas (ver Imagen 19).

Imagen 19. Ensanche de junta



Fuente: Manual de Pavimentos 2010 CEMEX.

Luego de realizar el primer corte se deberá hacer el ensanche de la juntas a 6mm con una profundidad menor a un tercio del espesor haciendo uso de discos de corte empalmados.

Inmediatamente después de terminar los cortes de las juntas el constructor procederá a un repaso general de todas las juntas construidas rectificando aquellas deficiencias que puedan impedir un correcto funcionamiento de las mismas, además se debe realizar una limpieza exhaustiva con compresora eliminando partículas de tierra o restos de hormigón en el interior de las juntas.

Es recomendable mantener dos equipos de corte de concreto en perfecto estado por si ocurre un desperfecto mecánico en uno de ellos, previendo no detener los trabajos de corte antes que el concreto empiece a endurecer.

6.3.10.1. Juntas de contracción transversales

Estas juntas se construyen transversalmente a la línea central del pavimento y están espaciadas para controlar la fisuración y el agrietamiento provocado por la retracción del concreto y por los cambios de humedad y temperatura.

Normalmente, los pavimentos de concreto se contraen cuando se endurecen y secan y nunca más volverán a ocupar el mismo volumen como cuando fueron contruidos. Esta contracción da por resultado el agrietamiento.

La implementación de losas cortas en el proyecto Bluefields-San Francisco, se requieren cortes menores a 3mm, en los cuales están previstos cortes no mayores a 2 mm de ancho. En cuanto el concreto soporte la cuchilla de la cortadora sin desportilladuras, se ejecutará el aserrado como se muestra en la Imagen 20.

Imagen 20. Aserrado de juntas transversales



Fuente: Informe Semanal del Proyecto Circunvalación Masaya.

El inicio de los trabajos de aserrado se efectúan de acuerdo con las condiciones del clima, el tipo de concreto usado y del sistema de aserrado empleado (corte suave o corte con agua), habitualmente el corte se realiza entre las 4 y 8 horas posteriores a la colocación del concreto. Es importante darse cuenta cuando es el momento de entrar a realizar los cortes, puesto que un corte prematuro provocara despostillamientos y desmoronamientos a lo largo de la cara de la junta, mientras que un corte tardío provocara agrietamientos en otras partes de la losa.

La transferencia de carga entre una losa y otra se puede dar mediante la trabazón de los agregados o mediante el empleo de pasadores.

6.3.10.1.1. Transferencia de carga

La transferencia de carga es la capacidad que tiene una junta de transferir fuerzas cortantes a sus losas adyacentes, con el objeto de minimizar las deformaciones y los esfuerzos en la estructura del pavimento.

Se requiere de un apropiado mecanismo de transferencia de carga dado que este reduce las deflexiones, el escalonamiento, el despostillamiento en las juntas y las fisuras en las esquinas.

Se utilizan dos tipos de sistemas para transferir cargas, uno de ellos es mediante la trabazón de agregados la cual se refiere al engranaje mecánico que existe entre los agregados de ambas caras de losas adyacentes y se genera en la grieta debajo del corte de las juntas. Esta forma de transferir carga solamente se recomienda para vías de tráfico ligero en donde el Número de Repeticiones de EE sea menor a 4 millones en el periodo de diseño.

Los pasa juntas son considerados eficientes para la transferencia de carga, sin embargo la utilización entre uno y otro sistema lo determina el tipo de tráfico que se espera que circule por la vía. Se recomienda utilizar pasa juntas cuando el tráfico pesado sea mayor al 25% del tráfico total y el Número de Repeticiones de EE sea mayor a 4 millones en el periodo de diseño. Considerar Tabla 2.

Tabla 2. Diámetros y longitudes recomendadas en pasa juntas

Espesor de la losa		Barras Pasajuntas					
		Diámetro		Longitud		Separación	
cm	in	mm	in	cm	in	cm	in
13 a 15	5 a 6	19	3/4	41	16	30	12
15 a 20	6 a 8	25	1	46	18	30	12
20 a 30	8 a 12	32	1 ^{1/4}	46	18	30	12
30 a 43	12 a 17	38	1 ^{1/2}	51	20	38	15
43 a 50	17 a 20	45	1 ^{3/4}	56	22	46	18

Fuente: Manual de Pavimentos 2010 CEMEX (p.74)

A pesar de lo anterior, en las consideraciones de diseño del pavimento rígido con losas cortas para el proyecto Bluefields – San Francisco, las losas de dimensiones de 1.8 m x 1.8 m trabajan en base a esfuerzos de compresión, en los cuales el concreto se comporta bastante bien, asimismo este sistema considera bueno el movimiento de las losas con la utilización del mecanismo de trabazón de agregados para la transferencia de carga, haciendo innecesario el uso de pasa juntas en este proyecto. Además debido al aumento en el número de cortes por las dimensiones de las losas, la implementación de pasa juntas resultaría costoso.

6.3.10.1.2. Pines de anclaje

Pese a que las juntas de contracción del sistema de losas cortas no contemplan en su diseño pasa juntas, lo que se utiliza para evitar el desplazamiento lateral de las losas adyacentes, es el confinamiento de pines de acero (barras de acero liso) de aproximadamente 50 cm de largo enterrados en ambos costados de la vía. Ver detalle de colocación de pines de anclaje en Anexos 6.3.

6.3.10.2. Juntas de construcción transversales

Estas juntas comúnmente llamadas de cabecera, se construirán cuando el trabajo de pavimentación se interrumpa por más de treinta minutos o por un tiempo suficiente en donde el concreto empiece a endurecerse y al terminar cada jornada de trabajo previendo que la distancia que la separe de otra junta de construcción transversal no sea inferior a 3m.

Las juntas de construcción transversales deben de ser ubicadas de ser posible en juntas de contracción planeadas y se requiere obligatoriamente el empleo de pasa juntas para la transmisión de carga.

Comúnmente, los constructores finalizan los periodos de pavimentación en una cimbra cabecera, que pueden ser moldes de metal o madera con agujeros para la inserción de los pasa juntas. Las pasa juntas se colocan en estos agujeros previamente perforados en la cimbra y se recomienda dar una consolidación adicional al concreto para asegurar un satisfactorio encajonamiento de la pasa junta. Antes de reanudar los trabajos de pavimentación se deberá quitar la cimbra cabecera.

6.3.10.2.1. Pasa juntas y colocación

Los pasa juntas son barras de acero liso y redondo (con diámetro aproximado de $1/8$ del espesor de la losa) colocadas en las juntas de construcción transversal para transferir las cargas de tráfico sin restringir el movimiento de las losas, manteniendo las losas alineadas horizontal y verticalmente. Reducen las deflexiones y los esfuerzos en las losas de hormigón, así como el potencial de diferencias de elevación en las juntas, bombeo (expulsión de finos a través de las juntas) y rupturas en las esquinas.

Las pasa juntas deben ser colocadas cubiertas con algún material lubricante como asfalto, parafina, grasa o cualquier otro que impida la adherencia entre el acero y el concreto. Las barras pasa juntas deberán colocarse paralelos al eje del camino, estar libres de irregularidades y permitir que las losas puedan moverse libremente.

Podrán ser instaladas por medios mecánicos o utilizando canastas metálicas de sujeción las cuales deben asegurar los pasa juntas en la posición correcta prevista.

6.3.10.3. Juntas de contracción longitudinales

Los pavimentos de concreto requieren de un corte o plano debilitado a la mitad de su ancho total para evitar agrietamiento longitudinal no controlado. Tal agrietamiento se debe a los esfuerzos de alabeo causados por la tendencia del concreto a ondularse cuando existen diferencias de temperatura o humedad entre la parte superior e inferior de la losa. Debido a esto, estas juntas con frecuencia son llamadas juntas de bisagra (ver Imagen 21).

Imagen 21. Aserrado del concreto luego de endurecido



Fuente: Informe Semanal del Proyecto Circunvalación Masaya.

La manera más común de construir juntas longitudinales es aserrando después de que el concreto se ha endurecido o formando una ranura en el concreto fresco, de forma similar a las juntas de contracción transversal utilizando la misma profundidad a un tercio de la losa. En cambio, para este tipo de juntas el tiempo o el momento para hacer el corte inicial no es tan crítico como en el caso de las juntas transversales de contracción ya que el movimiento de contracción longitudinal no es tan grande como la contracción transversal.

6.3.10.4. Juntas de construcción longitudinales

Este tipo de juntas coincidirá con el eje del pavimento y se realizan en caso de que la pavimentación se haga carril por carril, en donde el nuevo concreto topa con el pavimento previamente colado. Comúnmente se usan barras de amarre para la transferencia de carga en los pavimentos de trabajo pesado.

Para la pavimentación con formaletas fijas, se deben proveer las perforaciones necesarias para el paso de las barras de amarre. En el caso de pavimentadora deslizante, se podrá insertar las barras en forma lateral.

6.3.10.4.1. Barras de amarre

Las barras de amarre serán acero estructural corrugado y deberán protegerse contra la corrosión, con un límite de fluencia de 4200 kg/cm^2 , colocados en la parte central de la junta longitudinal que se deben utilizar para amarrar o ligar dos losas contiguas o carriles adyacentes, con la finalidad de que se mantengan juntos y de que se asegure una buena transferencia de carga.

Las barras de amarre, se colocarán distanciadas entre sí de acuerdo con lo que indique el proyecto, en el medio del espesor de las losas y estarán empotradas la mitad de su longitud, en cada una de las losas adyacentes. Se colocarán en perforaciones dispuestas en los moldes o se hincarán automáticamente con el uso de la pavimentadora deslizante.

CAPITULO VII. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

7.1. Introducción

Las especificaciones técnicas que regularán la construcción de las obras del proyecto son las establecidas por NIC – 2000 propiamente la sección 501.- Pavimento de concreto de cemento hidráulico (p.257 – 271), que a su vez hace mención de especificaciones internacionales citadas en AASHTO y ASTM.

El objetivo fundamental de atender especificaciones y normativas es garantizar entre otras cosas, la calidad de materiales, mezclas de concretos y aspectos relevantes en el diseño y construcción de carreteras de concreto hidráulico.

7.2. Calidad de los materiales

Con el propósito de asegurar la calidad y la aprobación por parte de la inspección de los materiales constituyentes de mezclas de concretos, estos serán sometidos a los criterios requeridos en el apartado 501.02.- Materiales de la NIC – 2000 (p.257):

7.2.1. Cemento

El cemento es un aglomerante o aglutinante que mezclado con materiales pétreos (arena, grava) y agua forma una masa adhesiva capaz de fraguar al reaccionar con el agua.

El Ministerio de Transporte e Infraestructura en NIC – 2000, sección 1001.- Cemento Hidráulico, apartado 1001.01.- Cemento Portland y Cemento para Mampostería señala: “El cemento deberá satisfacer los requisitos de las especificaciones que se mencionan a continuación para los tipos especificados o permitidos:” (p.511).

- Cemento Portland AASHTO M 85.
- Cemento hidráulico mezclado AASHTO M 240.
- Cemento para mampostería ASTM C 91.

No obstante, en los últimos años se ha venido utilizando el cemento Portland Tipo GU o Tipo HE (ASTM C1157), considerando los requerimientos de desempeño y evolución de resistencias solicitadas.

7.2.2. Agregado Fino

Se denomina agregado fino al material que pasa por la malla o tamiz 3/8” (9.52 mm) y queda retenido en la No.100 (0.15 mm), puede estar constituido por material natural, natural procesado, una combinación de ambos o ser artificial.

NIC – 2000, sección 1003.- Agregados, suelos y rocas, apartado 1003.01.- Agregado Fino para Concreto de Cemento Portland expresa: “Suministrar arena que llene los requisitos de AASHTO M6 Clase B, incluyendo el requisito suplementario para el agregado reactivo...” (p.517); además en esta especificación se puntualizan las sustancias perjudiciales de las que tiene que estar libre el agregado fino para poder ser utilizado como material constituyente de una mezcla de concreto.

La ASTM C – 33, es la principal norma que rige la calidad de este tipo de agregados, en ella se describen los requisitos granulométricos que deben

cumplir estos materiales para considerarse como finos. En la Tabla 3 se detallan los porcentajes.

Tabla 3. Requisitos granulométricos del agregado fino basado en la norma ASTM C – 33

Requisitos Granulométricos del agregado fino basados en la norma ASTM C-33	
Malla	Porcentaje de Material Retenido *
9.5 mm (3/8")	0
4.75 mm (No.4)	0-5
2.36 mm (No.8)	0-20
1.18 mm (No.16)	15-50
0.60 mm (No.30)	40-75
0.30 mm (No.50)	70-90
0.15 mm (No.100)	90-98

* Acumulado en masa

Fuente: ASTM C – 33.

7.2.3. Agregado Grueso

Se considera agregado grueso al material que queda retenido en la malla o tamiz No.4 (4.75 mm) y proviene de la desintegración de las rocas; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava.

NIC – 2000, sección 1003.- Agregados, suelos y rocas, apartado 1003.02.- Material Grueso para Concreto de Cemento Portland (p.517) indica que el material grueso que puede ser utilizado en una mezcla de concreto hidráulico será el que cumpla con lo especificado en la norma AASHTO M 80 clase A (ver Tabla 4), norma equivalente a la ASTM C – 33 que rige la calidad del agregado grueso y describe la granulometría del mismo.

Tabla 4. Granulometría del agregado grueso

Tamiz	% por peso que pasa por los tamices de malla cuadrada (AASHTO T-27 y T-11)	
	Designación de la Graduación	
	A	B
37.5 mm	100	---
25.0 mm	95-100	100
19.0 mm	---	90 - 100
12.5 mm	25 - 60 (5)	---
9.5 mm	---	20 - 55 (5)
4.75 mm (No.4)	0 - 10 (5)	0 - 10 (5)
2.36 mm (No.8)	0 - 5 (4)	0 - 5 (4)

Fuente: NIC – 2000, Cuadro 1003 – 1 (p.517).

Además debe cumplir con las siguientes especificaciones:

- Pérdida por abrasión, AASHTO T-96. 50% máximo, la cual se determina utilizando la máquina de Los Ángeles.
- Sanidad de los agregados gruesos utilizando sulfato de sodio (5 ciclos), AASHTO T-104 (18% máximo).
- Partículas con una o más caras fracturadas producto de la trituración (retenido malla N° 4) (50% mínimo).
- Porcentaje que pasa por el tamiz N° 200, AASHTO T-11 (1% máximo).
- Contenido de arcilla y partículas friables AASHTO T-112 (3% máximo).

7.2.4. Agua

El agua desarrolla dos funciones principales en el concreto; la primera como agua de mezclado y la segunda como agua de curado. El agua para cualquiera de las funciones anteriores deberá ser potable; agua apta para el consumo humano; fresca, limpia, libre de impurezas orgánicas en suspensión o cualquier otra sustancia que pueda afectar la resistencia, el tiempo de fraguado, constancia de volumen o demás propiedades del concreto.

El agua para mezclas de concreto deberá cumplir con lo especificado en la sección 1012.- Materiales Varios, apartado 1012.- Agua, a) Agua para mezcla y curado de concreto de cemento de la NIC – 2000 “...El agua será analizada de acuerdo con AASHTO T 26 y deberá satisfacer los requisitos que señala dicha norma” (p.559).

No obstante, podrá utilizarse agua que no sea potable, siempre y cuando se tengan antecedentes de experiencias donde fue utilizado otro tipo de agua con resultados satisfactorios. Cuando se empleen otras fuentes o cuando se mezcle agua de dos o más procedencias, el agua deberá ser calificada mediante ensayos. Los requisitos primarios para esta calificación serán los incluidos en la Tabla 5.

Tabla 5. Requisitos para el agua de mezcla

Propiedad	Norma de Ensayo	Limites
PH	ASTM D 1293	5.5 - 8.5
Resistencia a compresión, % mínimo en control a 7 días	ASTM C 39	90
Tiempo de fraguado, desviación respecto del tiempo de control (h:min)	ASTM C 403	de 1:00 inicial a 1:30 final

Fuente: Documentos ASTM Internacional.

Además de los ensayos señalados en la tabla anterior, cuando no se tenga certeza de la calidad del agua a utilizar, resulta conveniente realizar también el ensayo de laboratorio descrito en la norma ASTM C109/C109 M y C191.

En general el agua que contenga menos de 2,000 ppm (partes por millón) de sólidos disueltos puede utilizarse para hacer concreto, verificando siempre que no esté contaminada de sulfatos que son nocivos para el cemento. Ver Tabla 6.

Tabla 6. Límites químicos opcionales para el agua de mezclado

Contaminante	Norma de Ensayo	Límite Máximo (ppm) ⁽¹⁾
Ion Cloro (C1)	ASTM C 114	1000
Sulfatos	ASTM C 114	3000
Alcalis como (Na ₂ O + 0.658 K ₂ O)	ASTM C 114	600
Sólidos totales por masa	ASTM C 1603	5000

(1) corresponden a partes por millón

Fuente: Documentos ASTM Internacional.

7.2.5. Aditivos

En el mercado pueden encontrarse un sin número de aditivos que pueden ser químicos o minerales, pero deben cumplir con criterios de calidad siguiendo lo especificado en la sección 1011.- Materiales para Curado del concreto y Aditivos de la NIC – 2000 en los apartados siguientes:

Apartado 1011.02.- Aditivos para Inclusión de Aire. “Estos deberán satisfacer los requisitos de AASHTO M 154. No se debe combinar los aditivos químicos juntos en una mezcla, a menos que sean compatibles. Suministrar la documentación que respalde la compatibilidad de parte del fabricante. No se podrá usar aceleradores clorados” (p.557).

Apartado 1011.03.- Aditivos Químicos “Los aditivos reductores del agua, retardadores del fraguado y aceleradores del fraguado, o combinaciones de éstos, deben estar conformes con los requisitos de AASHTO M 194” (p.557).

En el Anexo 7.1 (p. XXXVI) se profundiza acerca de este particular.

7.3. Diseño de Mezcla de concreto.

En el diseño de la mezcla se utilizarán los agregados provenientes de los bancos ya triturados, y se deberá garantizar que el cemento a utilizar fue almacenado y protegido de manera que conserve integra todas sus propiedades, para garantizar de este modo la resistencia y demás características que se pretenden obtener en dicha mezcla.

La elaboración del concreto incluye procesos donde se demanda la verificación de la calidad de los materiales a utilizar, las cantidades adecuadas de los mismos como el correcto integrado de estos, con el objetivo de producir una masa plástica durable y resistente, que puede moldearse para brindarle prácticamente cualquier forma, y que gradualmente adquiere las propiedades de un cuerpo sólido.

El cemento, aunque ocupa aproximadamente un 15% de la mezcla, es el material más importante porque es el que proporciona resistencia. El agua juega el papel detonante al provocar una reacción química junto con el cemento y el aire atrapado o que se incluye intencionalmente. Dicha reacción forma la pasta, que por lo general, representa desde el 25% hasta el 40% del volumen total del concreto. La grava y la arena, representan del 60 al 75% aproximadamente del volumen total del concreto, y se varía el tipo y tamaño dependiendo del tipo de concreto que se desee.

La fabricación del concreto demanda el establecimiento de una fórmula de trabajo para la mezcla donde se tomen en cuenta los siguientes aspectos:

1. Proporciones en que deben mezclarse los agregados disponibles y la granulometría de los agregados combinados, por los tamices de 50.8 mm, 37.5 mm, 19.0 mm, 12.5 mm, 9.5 mm, 4.75 mm, 2.36 mm, 1.18 mm 600 mm, 150 mm y 75 mm (2", 1½", 1", ¾", ½", 3/8", y No. 4, 8, 16, 30, 50, 100 y 200).
2. Las dosificaciones de cemento, agua libre y eventuales adiciones, por metro cúbico (m³) de concreto fresco.
3. La consistencia del concreto.
4. Propiedades físicas de los agregados:
 - Granulometría
 - Peso Volumétrico Seco Suelto
 - Peso Volumétrico Seco Compacto.
 - Densidad y Absorción.
 - Resistencia a la abrasión.
 - Otros que el contratante solicite según sea necesario.
5. Certificado de Calidad del Cemento.
 - La consistencia del concreto.
 - Peso Unitario del Concreto.
 - Contenido de aire.
6. Tiempo de fraguado esperado del concreto.
7. Evolución esperada de resistencias (3, 7, 14 y 28 días).

La fórmula deberá reconsiderarse, cada vez que varíe alguno de los siguientes factores:

- a. El tipo, clase o categoría del cemento y su marca.
- b. Cuando cambien las propiedades de los agregados (granulometría, densidad, absorción).
- c. Cuando cambie alguna de las fuentes de agregados.
- d. El tipo, absorción o tamaño máximo del agregado grueso.
- e. El módulo de finura del agregado fino en más de dos décimas (0,2).
- f. La naturaleza o proporción de los aditivos.
- g. El método de puesta en obra.

7.3.1. Dosificación del concreto

Dosificar una mezcla de concreto es determinar la combinación más práctica y económica de los agregados disponibles, cemento, agua y en ciertos casos aditivos, con el fin de producir una mezcla con el grado requerido de manejabilidad, que al endurecer a la velocidad apropiada adquiera las características de resistencia y durabilidad necesarias para el tipo de construcción en que habrá de utilizarse.

Para dosificar concreto para pavimentos se debe atender a lo especificado en el apartado 501.03.- Composición de la Mezcla (Diseño de la Mezcla de Concreto) de la NIC – 2000 “Diséñese la mezcla de concreto de acuerdo con lo estipulado en el Artículo-602.03” (p.257) que denota ajustar el diseño de la mezcla a la Tabla 7 siguiente:

Tabla 7. Dosificación y condiciones del concreto para pavimento

Relación Agua/Cemento (Máxima)	Temp. de Concreto	Revenimiento	Contenido de Aire (%)	Tamaño del Agregado ⁽¹⁾ (AASHTO M 43)	Resistencia a la Compresión a los 28 días (Mínima)
0.49	20 ± 10°C	40 ± 20 mm	4 1/2 min	No. 57 ó 67	25 Mpa

Fuente: NIC – 2000 Cuadro 501-1 (p.257)

Así mismo el artículo 602.03 señalado en el párrafo anterior, se resume en la Tabla 8:

Tabla 8. Composición del concreto

Clase de Concreto	Contenido Mínimo de cemento (Kg/m ³)	Máxima Relación Agua Cemento	Revenimiento ⁽¹⁾ (mm)	Mínimo Contenido de Aire ⁽²⁾ (%)	Agregado Grueso AASHTO M 43
A	360	0.49	50 to 100		No. 57
A (AE)	360	0.44	25 to 100	5.0	No. 57
B	310	0.58	50 to 100		No. 357
B (AE)	310	0.58	50 to 100	4.0	No. 357
C	390	0.49	50 to 100		No. 7
C (AE)	390	0.44	25 to 75	6.0	No. 7
D (AE)	360	0.40	26 to 75	4.0	No. 57
E (AE)	360	0.40	100 to 150	3.0	No. 7
P	390	0.44	0 to 100		No. 67
Sello	390	0.54	100 to 200		No. 57

Fuente: NIC – 2000 Cuadro 602-1(p.287)

La relación agua/cemento no será superior a 0,49 y el asentamiento, medido según la norma AASHTO T 119, deberá ser máximo 6 cm. En el caso de colocación manual del concreto, pueden permitirse asentamientos de hasta 100 mm, siempre y cuando se utilicen aditivos retardadores de fragua en la fórmula de trabajo, debidamente aprobados por el Ingeniero y empleados de acuerdo con las especificaciones dadas por el fabricante.

7.3.2. Mezclado y Transporte del concreto

El concreto debe ser mezclado de modo que agregados, agua, cemento y aditivos se combinen en una mezcla uniforme. Es conveniente que cada material tenga su báscula para el pesaje y no compartir una báscula, pues los constantes cambios del indicador de peso, debido a las diferentes dosificaciones de cada material, generan una mayor cantidad de errores, entorpecen el proceso y producen una rápida descalibración del aparato de medición.

En el proceso de pesaje se debe verificar que la plataforma de la báscula no se esté apoyando en un material extraño, como puede ser el mismo agregado, ya que esto varía la lectura en el aparato.

El equipo y la maquinaria a utilizar en el proceso de fabricación y transporte del concreto, deberá estar apegado al apartado 501.04.- Equipo de la NIC – 2000 (p.p.257-258) que abarca las subdivisiones de Planta y Equipo de Dosificación, Mezcladores, Equipo de Acabado, Sierra Corta Juntas y Formaletas.

Específicamente el mezclado del concreto se puede realizar a través de los siguientes elementos:

Mezcladora de volteo o de tambor: El mezclado a máquina, en las denominadas mezcladoras, asegura concretos uniformes de manera económica. Las mezcladoras están constituidas, fundamentalmente, por un recipiente metálico denominado tambor o cuba, provisto de paletas en su interior. La mezcla se efectúa, cuando cada una de las partes del concreto es elevada, vuelta a vuelta, por las paletas durante la rotación del tambor, de manera que en un cierto punto, en cada revolución, son vertidas hacia la parte inferior para mezclarse con las otras porciones, hasta constituir una masa homogénea.

Mezclado en camión: Los materiales normalmente son cargados a los camiones en las plantas de dosificación y mezclados por el tiempo y a la velocidad requerida en la planta. El tambor del camión continúa girando para agitar el concreto mientras es entregado en el sitio. El tiempo de mezclado es medido desde que el momento en que los materiales y el agua son vertidos en la revolvedora de cemento y esta empieza a rotar.

Los camiones mezcladores empleados para la revoltura y transporte del concreto, y los camiones agitadores empleados para transportar concreto mezclado en una planta central, deberán llenar los requisitos aplicables de la Norma AASHTO M 157 según la sección 501.04.- Equipo, inciso 2.3. Camiones Mezcladores y Camiones Agitadores de las especificaciones NIC – 2000 (p.258).

El transporte entre la planta y la obra se efectuará de la manera más rápida posible. Este se realizará en camiones mezcladores como los antes citados. Estos deberán ser capaces de proporcionar mezclas homogéneas y descargar su contenido sin que se produzcan segregaciones.

Para distancias de transporte cortas, se podrán emplear camiones abiertos, del tipo volqueta, sin elementos de agitación, de forma que se impida toda segregación, exudación, evaporación de agua o intrusión de cuerpos extraños en aquél. Su caja deberá ser lisa y estanca, y estar perfectamente limpia, para lo cual se deberá disponer de un equipo adecuado.

Estos camiones deberán estar siempre provistos de una lona o cobertor para proteger el concreto fresco durante su transporte, evitando la excesiva evaporación del agua o la intrusión de elementos extraños. Se deberá disponer de los equipos necesarios para la limpieza de los elementos de transporte antes de recibir una nueva carga de concreto.

Ambos tipos de equipos de transporte deben cumplir con la especificación ASTM C 94.

En el caso de construcción en tiempo caluroso, se cuidará de que no se produzca desecación de la mezcla durante el transporte. Si existe tal riesgo, se deberán utilizar retardadores de fraguado.

7.3.3. Resistencia de la mezcla de concreto

La resistencia a la compresión del concreto es el principal parámetro utilizado para medir la calidad de este material. Desde los primeros años en los que el concreto se empezó a utilizar como material estructural se encontró que la relación entre el agua y el cemento, utilizados en la mezcla, tiene una gran influencia en la resistencia del concreto. Posteriormente, otros estudios mostraron que la combinación óptima entre los agregados gruesos y finos, buscando la mayor compacidad entre éstos, también era un factor que afecta a la calidad del concreto.

La resistencia de diseño del concreto a la tensión por flexión ($S'c$) o el módulo de ruptura especificado a los 28 días, se establece para el proyecto Bluefields – San Francisco en 48 kg/cm². Esta especificación será de obligatorio cumplimiento para la aceptación en cuanto a calidad del concreto de la losa. La resistencia se verificará en especímenes moldeados durante el colado del concreto, correspondientes a vigas estándar de quince por quince por cincuenta (15 x 15 x 50) centímetros, compactando el concreto por vibro compresión; una vez curados los especímenes adecuadamente, se ensayarán a los 7 y 28 días, aplicando las cargas en los tercios de la luz (ASTM C 78).

La resistencia mínima a la compresión no confinada del concreto debe ser de 4000 psi (aproximadamente 28 Mpa). Durante la fase de diseño de la mezcla se deberá establecer la correlación entre resistencia a la flexión y resistencia a la compresión para los efectos del control de calidad posterior.

7.4. Pavimentación

El proceso de pavimentación incluye la colocación del concreto, acabado de la superficie, curado, elaboración y corte de juntas entre otras operaciones. En el tramo Bluefields – San Francisco, la pavimentación se realizará utilizando formaleta deslizante que deberá estar apegado a lo estipulado en la NIC – 2000, apartado 501.22.- Método Alternativo de Construcción por Medio de Formaleta Deslizante (p.p. 268-271) y las especificaciones que estas a su vez indiquen.

7.4.1. Preparación de la Subrasante

NIC – 2000, apartado 501.22.- Método Alternativo de Construcción por Medio de Formaleta Deslizante, inciso 1. Preparación de la Subrasante:

Después de que la subrasante o base haya sido colocada y compactada hasta la densidad requerida, las áreas que soportarán la máquina pavimentadora y la superficie sobre la cual va a ser construido el pavimento, deberán ser recortadas y ajustadas a la cota correspondiente por medio de una máquina adecuada. Si de estas operaciones resultara una pérdida de densidad en la subrasante o base, se recompactará antes de empezar a colocar el concreto. Si se ha permitido la circulación de tráfico sobre las superficies mencionadas, después de que hayan sido preparadas, se deberá verificar su corrección y hacer las reparaciones necesarias inmediatamente antes de colocar el concreto (p.268).

7.4.2. Colocación del concreto

Todas las operaciones de vaciado deberán buscar minimizar la segregación del concreto. Se deberá de colar en franjas de tal forma que facilite el movimiento de los camiones revolvedores. El concreto no deberá colocarse en la base con un rendimiento mayor a las operaciones de extendido, consolidación o compactación, ya que estas operaciones se deben realizar antes de que el agua de sangrado se forme en la superficie.

El enrasado se realizará de manera continua mediante regla vibratoria o rodillos vibratorios. De todas las operaciones de colocación y acabado del concreto, la estabilidad de la cimbra o de las guías de la regla, tiene un impacto directo en la precisión del reglado.

Previo al tendido del concreto, debe humedecerse la superficie del colado, para evitar que las capas inferiores tomen humedad del concreto fresco. Se buscará cubrir longitudes mayores a 100 m. para evitar al máximo las juntas de construcción. Se deberá avanzar tan rápido como lo permita la operación de consolidación del concreto, ya que de lo contrario, gran cantidad de mortero será segregado a la superficie.

NIC – 2000, apartado 501.22.- Método Alternativo de Construcción por Medio de Formaleta Deslizante, inciso 2. Colocación del Concreto:

El concreto será colocado mediante una máquina pavimentadora de formaletas deslizantes aprobada, diseñada para esparcir, consolidar, conformar, densificar y alisar el concreto recién colado, en una pasada completa de la máquina, en forma tal que sea necesario un mínimo de trabajo manual de acabado para producir un pavimento denso y homogéneo, de conformidad con los planos y especificaciones. La máquina deberá vibrar el concreto en todo el ancho y profundidad del carril del pavimento que se está colando. Dicha vibración será efectuada por medio de tubos o brazos vibradores trabajando dentro de la masa de concreto, o con una escantillón vibrador operando en la superficie. Las formaletas deslizantes deberán estar rígidamente acopladas lateralmente a fin de evitar que se separen. Cualquier asentamiento o revenimiento del concreto en las orillas que exceda de 6 mm, fuera del redondeo requerido, será corregido antes de que endurezca el concreto. La alineación del pavimento será controlada por medio de un dispositivo sensor automático que se mantenga en contacto permanente con una guía (p.268).

El concreto deberá ser mantenido de una consistencia uniforme, con un revenimiento que no exceda 5 centímetros. La pavimentadora deberá ser operada con un movimiento continuo hacia adelante en todo lo posible y todas las operaciones de revoltura, descarga y esparcido del concreto serán coordinadas en tal forma que el avance sea uniforme, con un mínimo de paradas y arranques de la máquina. Si, por cualquier razón, fuera necesario detener el movimiento de avance de la máquina, habrá que detener también las operaciones de vibración y apisonamiento inmediatamente. No se aplicará a la máquina ninguna fuerza de tracción, excepto la que está bajo control de la misma máquina (p.268)

7.4.3. Acabado Superficial del concreto

El acabado superficial de una superficie de concreto es el proceso de obtener una textura acorde a las especificaciones propias del proyecto, homogénea, segura y durable mediante técnicas sencillas y de rápida ejecución.

Primero se realiza el afine, con este se busca conseguir una superficie adecuada para obtener un buen texturizado, resistente a la fricción del tráfico y sin afectar la geometría dejada por el extrusado. No se debe hacer el terminado mientras se observe la presencia de agua en la superficie.

Para lograr un buen acabado existen en el mercado, multitud de herramientas montadas en la pavimentadora, en montaje independiente y guiadas con la línea guía de la pavimentadora o manuales, el éxito en el intento de obtener un buen acabado radica en buena parte en el criterio de elección del equipo más adecuado, las variables más comunes son el tipo de concreto, el clima reinante y la velocidad y condición del concreto dejada por la máquina. En cuanto a herramientas manuales se cuenta con una gran variedad y su uso depende de las condiciones del proyecto.

Dentro del acabado superficial del concreto se encuentra el texturizado, este proceso es de suma importancia puesto que de este depende la rugosidad, liberación de agua superficial, eliminación de ruidos, apariencia agradable, iluminación adecuada y seguridad vial.

La NIC – 2000, en el apartado 501.15.- Esparcido, Consolidación y Acabados Finales, inciso 7. Acabado Final señala:

El tipo de acabado final será el que indiquen los planos. En caso de que la textura de la superficie correspondiera a un acabado con escobón, éste deberá aplicarse cuando haya desaparecido prácticamente todo rastro de agua libre. El escobón, deberá arrastrarse de orilla a orilla del pavimento, sin dañar los bordes del pavimento y traslapando ligeramente las pasadas contiguas. La operación del barrido deberá ser realizada de modo que los surcos producidos en la superficie sean uniformes en su aspecto y de una profundidad aproximada a 1.6 mm. El barrido deberá estar terminado antes de que el concreto se encuentre en tal condición que la superficie pueda ser rasgada o ponerse demasiado áspera por la operación. La superficie así acabada deberá estar exenta de partes ásperas y porosas, irregularidades y depresiones resultantes de un inadecuado manejo del escobón. Estos deberán ser de una calidad, tamaño y construcción y operadas de tal manera que produzcan un acabado en la superficie, que pueda ser aprobada por el Ingeniero (p.265).

7.4.4. Curado y protección del concreto

De conformidad con la NIC – 2000, apartado 501.17.- Curación:

Inmediatamente después de quedar completas las operaciones del acabado, y tan pronto como no exista la posibilidad de manchar el pavimento, la superficie total del concreto recién colocado será cubierta y curada de acuerdo con uno de los métodos descritos más adelante. En todos los casos en que la curación exija el uso de agua, el suministro de agua requerida para la misma tendrá prioridad sobre cualquier otra necesidad o suministros. Si no hubiere suficiente cantidad de agua para la curación y para la revoltura del concreto en forma simultánea, o si no hubiere en el sitio suficiente cantidad de material de curación de la clase que haya escogido el Contratista para ese fin, el Ingeniero ordenará suspender inmediatamente las operaciones de pavimentación. El concreto no deberá quedar expuesto por más de media hora entre las etapas de curación o durante el período de curación (p.266).

Las prácticas de curado estándar pueden atender a lo especificado en la normativa ACI 308R y pueden ser consultadas en el Anexo 7.2 (p. XXXVII).

El método más común de curar los pavimentos de concreto es la aplicación por rociado de un compuesto líquido que forma una membrana (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 2013). Para lo anterior la NIC – 2000, apartado 501.17.- Curación, inciso 4. Método de la Membrana Impermeable contempla:

Toda la superficie del pavimento será rociada uniformemente con un compuesto pigmentado de blanco, especial para curado de concreto, inmediatamente después del acabado de la superficie y, antes de que se produzca el fraguado del concreto, o si el pavimento hubiese sido curado inicialmente con mantas de cañamazo o algodón, en cuanto sean quitadas las mantas. El compuesto para curado no se deberá aplicar cuando esté lloviendo (p.267).

El compuesto para curado será aplicado a presión, a razón de un litro por cada 4 m² de superficie, empleando rociadores mecánicos. El equipo rociador deberá ser del tipo de atomización completa, equipado con un agitador en el tanque. Mientras está en uso, el compuesto deberá estar perfectamente mezclado con el pigmento uniformemente disperso en el líquido. Durante la aplicación, el compuesto deberá ser agitado continuamente por medios mecánicos efectivos. Se permitirá la aplicación manual en lugares con anchos o formas irregulares, como en las superficies de concreto que queden expuestas al retirar las formaletas. El compuesto para curado no deberá ser aplicado en las caras internas de las juntas que vayan a ser selladas, pero se tomarán las precauciones para asegurar que las juntas sean curadas en forma apropiada, por lo menos, durante 72 horas y evitar que entre material extraño dentro de la junta antes de que se termine el sellado de la misma (p.267).

El compuesto para curado será de tal naturaleza que la película endurezca dentro de los 30 minutos siguientes a su aplicación. En caso de que la película resultara dañada por alguna causa dentro de las 72 horas del período de curación, las partes dañadas serán reparadas inmediatamente, empleando compuesto adicional (p.267).

7.4.5. Juntas

Las juntas son simplemente grietas planificadas previamente. Las juntas en las losas de concreto pueden ser creadas mediante moldes, herramientas, aserrado y con la colocación de formadores de juntas. Las juntas en una losa o pavimento de concreto permiten los movimientos del concreto, evitar las fisuras irregulares y caprichosas, así como el agrietamiento a edad temprana.

El concreto se agrieta porque:

- El concreto es frágil frente a cargas de tracción y por lo tanto, si su tendencia natural a retraerse es restringida, pueden desarrollarse esfuerzos de tracción que excedan su resistencia a esta fuerza, dando como resultado el agrietamiento.

- A edades tempranas, antes de que el concreto se seque, la mayoría de las grietas son causadas por cambios de temperatura o por la ligera contracción que tiene lugar cuando el concreto fragua y endurece. Más tarde, cuando el concreto se seca, él se retraerá adicionalmente y cualquier grieta adicional puede formarse o las grietas preexistentes pueden hacerse más anchas.

La NIC – 200 en el apartado 501.14.- Juntas, expresa: “Las juntas deberán ser construidas del tipo, las dimensiones y en los lugares requeridos por los planos o especificaciones especiales. Todas las juntas deberán ser protegidas de la intrusión de material extraño dañino mientras no hayan sido selladas.” (p.p. 262-263). Así mismo, esta normativa describe los tipos de juntas que pueden ejecutarse en una losa de concreto hidráulico que incluyen:

1. Juntas Longitudinales de Contracción.
2. Juntas Longitudinales de Construcción.
3. Juntas Transversales de Contracción.
4. Juntas Transversales de Construcción.

No obstante de la normativa anterior y lo especificado en ella para concreto hidráulico de losas cortas como es el caso, el espesor de la junta no deberá ser mayor a 2 mm por lo que este tipo de juntas no requiere de la aplicación de sello de relleno.

Después del curado de las losas se procederá al corte de las juntas transversales y longitudinales con discos abrasivos si se realizan los cortes en seco, o con discos de diamante enfriados con agua. El corte de las juntas deberá comenzar por las transversales de contracción, e inmediatamente después continuar con las longitudinales. Este corte deberá realizarse cuando el concreto presente las condiciones de endurecimiento propicias para su ejecución y antes de que se produzcan agrietamientos no controlados.

El Contratista será el responsable de elegir el momento propicio para efectuar esta actividad sin que se presente pérdida de agregado en la junta o desmoronamiento de los bordes de los cortes o de la losa; sin embargo, una vez comenzado el corte deberá continuarse hasta finalizar todas las juntas. El inicio de los trabajos deberá iniciar entre las 4 ó 6 horas de haber colocado el concreto y deberá terminar antes de 12 horas después del colado.

Entre las normativas que rigen el corte de juntas para pavimentos de concreto hidráulico también se tienen: ACI 318, ACI 302.1R y ACI 224. 3R – 95 por parte de la ACI.

CONCLUSIONES

En base a la búsqueda e interpretación de información y el análisis de los estudios de suelos realizados, se logró desarrollar satisfactoriamente la Metodología constructiva de pavimento rígido utilizando losas cortas en el tramo Bluefields - San Francisco. Concluyendo de la siguiente manera:

1. El suelo predominante en el tramo en estudio corresponde a materiales limosos, arcillosos, con índice de grupo que varía de 10 a 20, límite líquido igual a mayor al 50%, índice de plasticidad que se encuentra entre 21 y 34% y con valores de CBR bajos que oscilan entre 2 y 3%; características comunes en suelos del tipo A-7-5 y A-7-6 según el Sistema de Clasificación AASHTO M-145. A lo largo de la línea central también se evidencian suelos del tipo A-2-6 y A-2-7 en tramos de pequeñas distancias y a pocas profundidades con índice de grupo variable de 0 a 3, son suelos constituidos por grava y arena limo-arcillosa y con valores CBR entre 10 y 12%.

La presencia de suelos arcillosos representa una problemática relevante que se caracterizan por producir movimientos como consecuencia de hinchamientos y retracciones del subsuelo sobre el cual se apoya la cimentación, provocados por cambios de humedad que generan en la mayoría de los casos daños estructurales importantes impidiendo que estos formen parte de la superficie de apoyo del pavimento próximo a colocar.

2. La colocación de pedraplén resulta ser la solución constructiva óptima para el mejoramiento de suelo; tomando en consideración la condición poco favorable de los mismos, que generalmente se encuentran saturados por el nivel freático de las aguas y las precipitaciones comunes de la región. Este sistema ayudará a mantener el nivel del agua controlado, permitiéndole subir y mantenerse estable en épocas de lluvias impidiendo alcanzar y causar daños a la estructura del pavimento.

3. Las Especificaciones Técnicas aplicables para pavimentos rígidos con losas cortas siguen los parámetros establecidos para pavimentos rígidos convencionales en cuanto a calidad de materiales y procesos constructivos contemplados en la normativa nacional: NIC – 2000, Sección 501.- Pavimento de concreto de cemento hidráulico (p.257 – 271).en los apartados siguientes:

- Apartado 501.02.- Materiales (p.257):

Sección 1001.- Cemento Hidráulico, apartado 1001.01.- Cemento Portland y Cemento para Mampostería (p.511). No obstante se utilizará el cemento Portland Tipo GU o Tipo HE (ASTM C1157).

Sección 1003.- Agregados, suelos y rocas, apartado 1003.01.- Agregado Fino para Concreto de Cemento Portland (p.517).

Sección 1003.- Agregados, suelos y rocas, apartado 1003.02.- Material Grueso para Concreto de Cemento Portland (p.517).

Sección 1012.- Materiales Varios, apartado 1012.- Agua, a) Agua para mezcla y curado de concreto de cemento (p.559)

Sección 1011.- Materiales para Curado del concreto y Aditivos (p.557).

- Apartado 501.03.- Composición de la Mezcla (Diseño de la Mezcla de Concreto), (p.257).

- Apartado 501.04.- Equipo (p.p.257-258).

- Apartado 501.22.- Método Alternativo de Construcción por Medio de Formaleta Deslizante (p.p. 268-271):

Inciso 1. Preparación de la Subrasante (p.268).

Inciso 2. Colocación del Concreto (p.268).

- Apartado 501.15.- Esparcido, Consolidación y Acabados Finales (p.264):

Inciso 7. Acabado Final (p.265).

- Apartado 501.17.- Curación (p.266):

Inciso 4. Método de la Membrana Impermeable (p.267).

- Apartado 501.14.- Juntas (p.p. 262-263): No obstante de la normativa anterior y lo especificado en ella para concreto hidráulico de losas cortas como es el caso, el espesor de la junta no deberá ser mayor a 2 mm por lo que este tipo de juntas no requiere de la aplicación de sello de relleno.

RECOMENDACIONES

1. Hacer uso de la Metodología Constructiva de Pavimento Rígido utilizando Losas Cortas para la construcción del tramo de carretera Bluefields – San Francisco.
2. Con el objetivo de evitar la contaminación del pedraplén con material arcilloso existente, se recomienda proveer al suelo de una malla geosintética que divida los estratos (pedraplén – arcilla); y que además proporcione mejores condiciones de filtración y drenaje, salvando la posibilidad de que la arcilla en condición saturada se expanda y ocasione daños a la estructura de pavimentos
3. Efectuar labores de mantenimiento en la carretera Bluefields – San Francisco, según las normas establecidas por la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA) en el Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras.
4. Se recomienda anexar dentro de las Especificaciones Generales para la construcción de Caminos, Calles y Puentes (NIC 2000), un capítulo que abarque la implementación de Losas Cortas en Pavimento Rígido tomando en consideración lo abordado en esta investigación monográfica.

BIBLIOGRAFÍA

Documentos Corporativos e Informes:

1. American Association of State Highways and Transportation Officials. (2011). *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 2th Edition*. Washignton D.C.
2. American Association of State Highway Transportations Officials. (1993). *Guide for Desing Of Paviments Structures*. Washington, D.C USA.
3. Banco Interamericano de desarrollo. (2014). *Conectividad vial de la Costa Atlántica*. Managua.
4. Blanco Marvin, Matus Iván. (s.f.). *Guías de Laboratorio Mecánica de Suelos I*. Managua.
5. CEMEX. (s.f.). *Folleto Pavimentos*. Recuperado el Sábado, 28 de Noviembre de 2015, de <http://www.cemex.com/ES/ProductosServicios/files/FolletoPavimentos.pdf>
6. Coronado I., Jorge (2002). *Manual Cetroamericano para el diseño de Pavimentos*. Guatemala.
7. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. (2013). *Manual para supervisar obras de concreto ACI 311-07*. México: M. en A. Soledad Moliné Venanzi.
8. López Ampié Héctor Yamil, Obando Wilfredo. (2013). *Diseño Geométrico y Estructura de Pavimento de Adoquín proyecto de carretera Empalme San Dionisio - Esquipulas, entre los estacionamientos 26+000 - 30+098.21*. Managua: Tesis propia.
9. Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI. (1999). *Especificaciones Generales para la Construcción de caminos, calles y puentes. NIC - 2000*. Managua.
10. Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI. (2008). *Manual para la Revisión de Estudios Geotécnicos*. Managua.

11. Villanueva, Jennyffer B. (2013). *Metodología de Diseño Mecánico – Empírico para Pavimentos de Concreto y su Aplicación Constructiva en Nicaragua*. Managua.

Páginas web consultadas:

1. Blázquez, Luis B. (s.f.). *Clasificación de Suelos*. Recuperado el miércoles 17 de Febrero de 2016, de http://sirio.ua.es/proyectos/manual_%20carreteras/02010103.pdf
2. Salgado T., Mauricio (del 3 al 6 de Noviembre de 2014). *Conclusiones de los Pavimentos de losas cortas construidos en Latinoamerica*. Recuperado el Domingo, 29 de Noviembre de 2015, de <http://www.congresodevialidad.org.ar/congreso2014/conferencias/5-ICPA-Salgado-Conclusiones-Losas-Cortas.pdf>

ANEXOS

ANEXOS DEL CAPITULO II

ANEXO 2.1

Tabla 9. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) ASTM D – 3282.

Tipo de Suelo	Prefijo	Subgrupo	Sufijo
Grava	G	Bien graduado	W
Arena	S	Pobrememente graduado	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Límite líquido alto (>50)	L
Turba	Pt	Límite líquido bajo (<50)	H

Fuente: Material ASTM.

En función de estos símbolos, pueden establecerse una serie de combinaciones que definen los diferentes tipos de suelos contemplados bajo la clasificación del SUCS (Tabla A.2.1.2).

Tabla 10. Combinación de clasificación SUCS

Símbolo	Características Generales		
GW	Gravas (>50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (finos < 5%)	Bien graduadas
GP			Pobrememente graduadas
GM		Con finos (finos > 12%)	Componente limoso
GC			Componente arcilloso
SW	Arenas (<50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (finos < 5%)	Bien graduadas
SP			Pobrememente graduadas
SM		Con finos (finos > 12%)	Componente limoso
SC			Componente arcilloso
ML	Limos	Alta plasticidad (LL > 50)	
MH		Alta plasticidad (LL > 50)	
CL	Arcillas	Baja plasticidad (LL < 50)	
CH		Alta plasticidad (LL > 50)	
OL	Suelos Orgánicos	Baja plasticidad (LL < 50)	
OH		Alta plasticidad (LL > 50)	
Pt	Turba	Suelos altamente orgánicos	

Fuente: Material ASTM.

De acuerdo con este sistema de clasificación, existen tres grandes y diferenciados grupos, que atienden a la siguiente descripción:

- a) Suelos de Grano Grueso (G y S): formados por gravas y arenas con menos del 50% del contenido en finos que pasa por la malla o tamiz No. 200.
- b) Suelos de Grano Fino (M y C): formados por suelos con al menos un 50% de contenido en limos y arcillas.
- c) Suelos Orgánicos (O y Pt): constituidos principalmente por materia orgánica. Son inservibles como terreno de cimentación.

Así mismo, de la tipología señalada anteriormente se derivan casos intermedios que utilizan una doble nomenclatura como se observa en la tabla xx, por ejemplo una grava bien graduada que contenga entre un 5 y un 12% de finos, se clasifica como GW o GM.

ANEXO 2.2

Clasificación AASHTO M – 145.

Suelos granulares: Son aquellos que tienen 35% o menos, del material fino que pasa el tamiz No.200. Estos suelos forman los grupos A-1, A-2 y A-3.

Grupo A-1: El material de este grupo comprende las mezclas bien graduadas, compuestas de fragmentos de piedra, grava, arena y material ligante poco plástico. Se incluye también en este grupo mezclas bien graduadas que no tienen material ligante.

Subgrupo A-1 a: Comprende aquellos materiales formados predominantemente por piedra o grava, con o sin material ligante bien graduado.

Subgrupo A-1-b: Incluye aquellos materiales formados predominantemente por arena gruesa bien gradada, con o sin ligante.

Grupo A-2: Comprende una gran variedad de material granular que contiene menos del 35% del material fino. Subgrupos A-2-4 y A-2-5: Pertenecen a estos Subgrupos aquellos materiales cuyo contenido de material fino es igual o menor del 35% y cuya fracción que pasa el tamiz número 40 tiene las mismas características de los suelos A-4 y A-5, respectivamente.

Estos grupos incluyen aquellos suelos gravosos y arenosos (arena gruesa), que tengan un contenido de limo, o índices de Grupo, en exceso a los indicados por el grupo A-1. Así mismo, incluyen aquellas arenas finas con un contenido de limo no plástico en exceso al indicado para el grupo A-3.

Subgrupos A-2-6 y A-2-7: Los materiales de estos subgrupos son semejantes a los anteriores, pero la fracción que pasa el tamiz número 40 tiene las mismas características de los suelos A-6 y A-7, respectivamente.

Grupo A-3: En este grupo se encuentran incluidas las arenas finas, de playa y aquellas con poca cantidad de limo que no tengan plasticidad. Este grupo incluye, además, las arenas de río que contengan poca grava y arena gruesa.

Suelos finos limo arcillosos: Contienen más del 35% del material fino que pasa el tamiz número 200. Estos suelos constituyen los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7.

Grupo A-4: Pertenecen a este grupo los suelos limosos poco o nada plásticos, que tienen un 75% o más del material fino que pasa el tamiz número 200. Además, se incluyen en este grupo las mezclas de limo con grava y arena hasta en un 64%.

Grupo A-5: Los suelos comprendidos en este grupo son semejantes a los del anterior, pero contienen material micáceo o diatomáceo. Son elásticos y tienen un alto límite líquido; circunstancia que hace que estos suelos sean muy compresibles y elásticos.

Grupo A-6: El material típico de este grupo es la arcilla plástica. Por lo menos el 75% de estos suelos debe pasar el tamiz número 200, pero se incluyen también las mezclas arcillo-arenosas o gravosas cuyo porcentaje de arena y grava sea inferior al 64%. Estos materiales presentan, generalmente, grandes cambios de volumen entre los estados secos y húmedos, siendo más pronunciadas cuanto mayor es el índice de grupo, que puede ser de hasta 16.

Grupo A-7: Los suelos de este grupo son semejantes a los suelos A-6 pero son elásticos. Sus límites líquidos son elevados, que indica como en el grupo A-5, la presencia de mica o diatomeas.

Grupo A-7-5: Incluye aquellos materiales cuyos índices de plasticidad no son muy altos con respecto a sus límites líquidos. Sus cambios de volumen son grandes, pero menores que los del grupo A-7-6.

Subgrupo A-7-6: comprende aquellos suelos cuyos índices de plasticidad son muy elevados con respecto a sus límites líquidos y que, además, experimentan cambios de volumen extremadamente grandes y son también muy elásticos.

El llamado Índice de Grupo (IG) es utilizado para ubicar la posición relativa de un suelo dentro del grupo, el índice de grupo no es más que un número entero cuyo valor está comprendido entre 0 y 20, en función del porcentaje de suelo que pasa a través de la malla No. 200.

Para calcular el Índice de Grupo, se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 2. Índice de Grupo

$$IG = (F - 35)[0.2 + 0.005(WL - 40)] + (F - 15)(IP - 10)$$

A su vez el Índice de Plasticidad se calcula a partir de la siguiente expresión:

Ecuación 3. Índice de Plasticidad

$$IP = WL - WP$$

En la Tabla 11 se muestra la clasificación de suelos AASHTO, en la que se recogen todas las características que demandan los diferentes grupos y subgrupos.

Tabla 11. Clasificación de Suelos por el método AASHTO M-145

Clasificación General	Materiales granulares (35% o menos pasa el tamiz #200)							Materiales limoarcillosos (más de 35% pasa el tamiz #200)			
	A - 1		A - 3 ^A	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7 A - 7 - 5 A - 7 - 6
Clasificación de grupo	A - 1 - a	A - 1 - b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7				
Tamizado, % que pasa											
No. 10 (2.00 mm)	50 máx.	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 40 (425 µm)	30 máx.	50 máx.	51 min.	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 200 (75 µm)	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 min.	36 min.	36 min.
Consistencia											
Límite Líquido	...		...	B				40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.
Índice de Plasticidad	6 máx.		N.P	B				10 máx.	10 máx.	11 min.	11 min ^a .
Tipos de materiales característicos	Cantos, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limoarcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Clasificación	Excelente a bueno							Regular a malo			

^A La localización de A3 antes de A2 en el proceso de eliminación de izquierda a derecha no necesariamente indica superioridad de A3 sobre A2.

^a El índice de plasticidad del subgrupo A - 7 - 5 es igual o menor que LL - 30. El índice de plasticidad del subgrupo A - 7 - 6 es mayor que LL - 30

Fuente: AASHTO.

ANEXO 2.3

Tabla 12. Clasificación de Suelos según tamaño de partículas

Tipo de Material		Tamaño de partículas
Grava		75 mm - 4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm - 2.00 mm
		Arena media: 2.00 mm - 0.425 mm
		Arena fina: 0.425 mm - 0.075 mm
Material Fino	Limo	0.075 mm - 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

Fuente: Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Perú (p.36).

ANEXO 2.4

Tabla 13. Clasificación de Suelos según tamaño de partículas

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
IP > 20	Alta	suelos muy arcillosos
IP ≤ 20	Media	suelos arcillosos
IP > 7		
IP < 7	Baja	suelos poco arcillosos plasticidad
IP = 0	No Plástico (NP)	suelos exentos de arcilla

Fuente: Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos –
Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Perú (p.37).

ANEXO 2.5

Tabla 14. Carga unitaria según penetración

Penetración			Carga Unitaria Patrón		
Milímetros (mm)	Centímetros (cm)	Pulgadas (pulg)	Kilogramos/cm (Kg/cm)	Mpa	PSI
2.5	0.25	0.10	70.31	6.9	1,000
5.0	0.50	0.20	105.46	10.3	1,500
7.5	0.75	0.30	133.58	13.0	1,900
10.0	1.00	0.40	161.71	16.0	2,300
12.7	1.27	0.50	182.80	18.0	2,600

Fuente: Marvin Blanco Rodríguez e Iván Matus Lazo
Guía d laboratorio mecánica de suelo UNI - FTC, pag.63

ANEXO 2.6

Mejoramiento de Suelo

Densificación: es la compactación in situ de los suelos, principalmente de tipo granular, con el objeto de aumentar su densidad. La posibilidad de aplicar estos métodos depende del tamaño de las partículas del suelo, por ende la distribución granulométrica es un factor que debe ser evaluado cuidadosamente antes de escoger el método de densificación como una forma de mejoramiento de suelo.

Los métodos de vibroflotación y Terra-Probe incrementan las densidades de las arenas mediante la inserción repetida de las sondas vibratorias. Los huecos cilíndricos que se forman con el vibrador se rellenan luego con arena acarreada del terreno.

Los pilotes de compactación son de una alternativa que se emplea para densificar las arenas y permitir el uso subsecuente de cimientos poco profundos. Los pilotes pueden ser de cualquier material, aunque generalmente son de madera o se trata de un pilote de arena por sustitución, el cual se construye hincando en el terreno un casquillo que luego se rellena con arena.

Otra técnica para la densificación en gran escala es la compactación dinámica, un método diseñado por Techniques Louis Menard, que consiste en dejar caer grandes pesas desde una buena altura sobre el terreno. Las pesas van de 10 a 40 ton de peso y las alturas desde las cuales se dejan caer llegan a ser de hasta 30 m; la distancia entre los sitios de impacto es de hasta 18 m, de centro a centro.

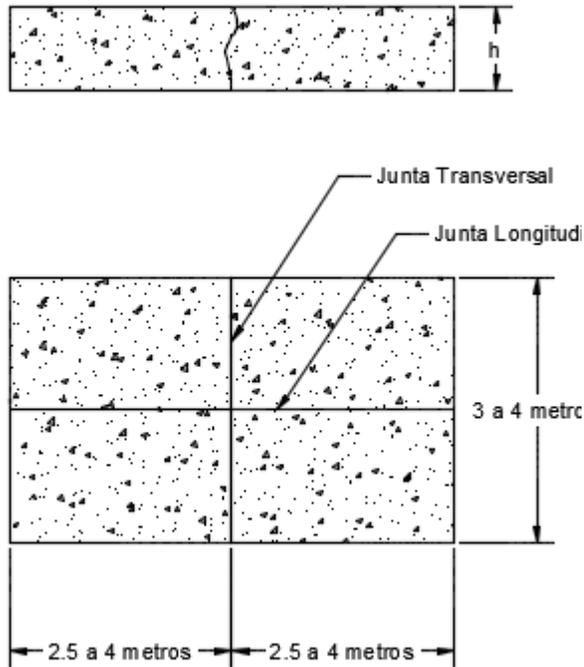
Sobrecarga: La finalidad de la sobrecarga es cargar y consolidar por anticipado las arcillas, lo que cancela la posibilidad de asentamientos interiores por debajo de las estructuras, además de incrementar la resistencia del suelo arcilloso.

Esta técnica es eficaz en grandes extensiones de terreno. Las limitaciones son la necesidad de un relleno temporal de bajo precio y los prolongados períodos que a veces se necesitan para el asentamiento.

ANEXOS DEL CAPITULO III

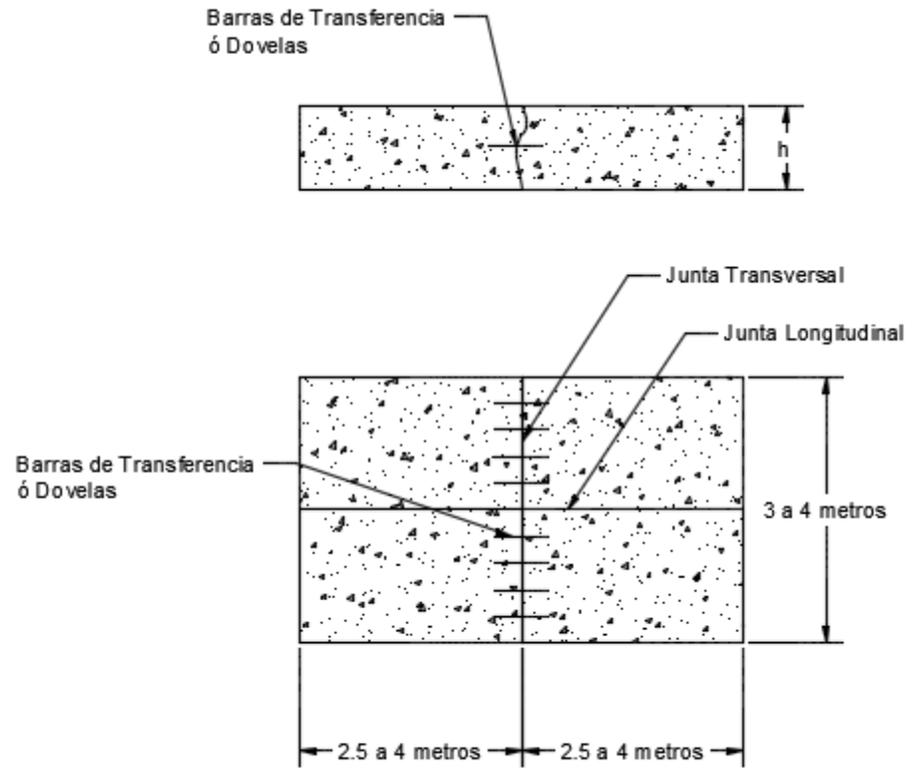
ANEXO 3.1

Imagen 22. Pavimento de Concreto Simple sin Dovelas



Fuente: Elaboración propia.

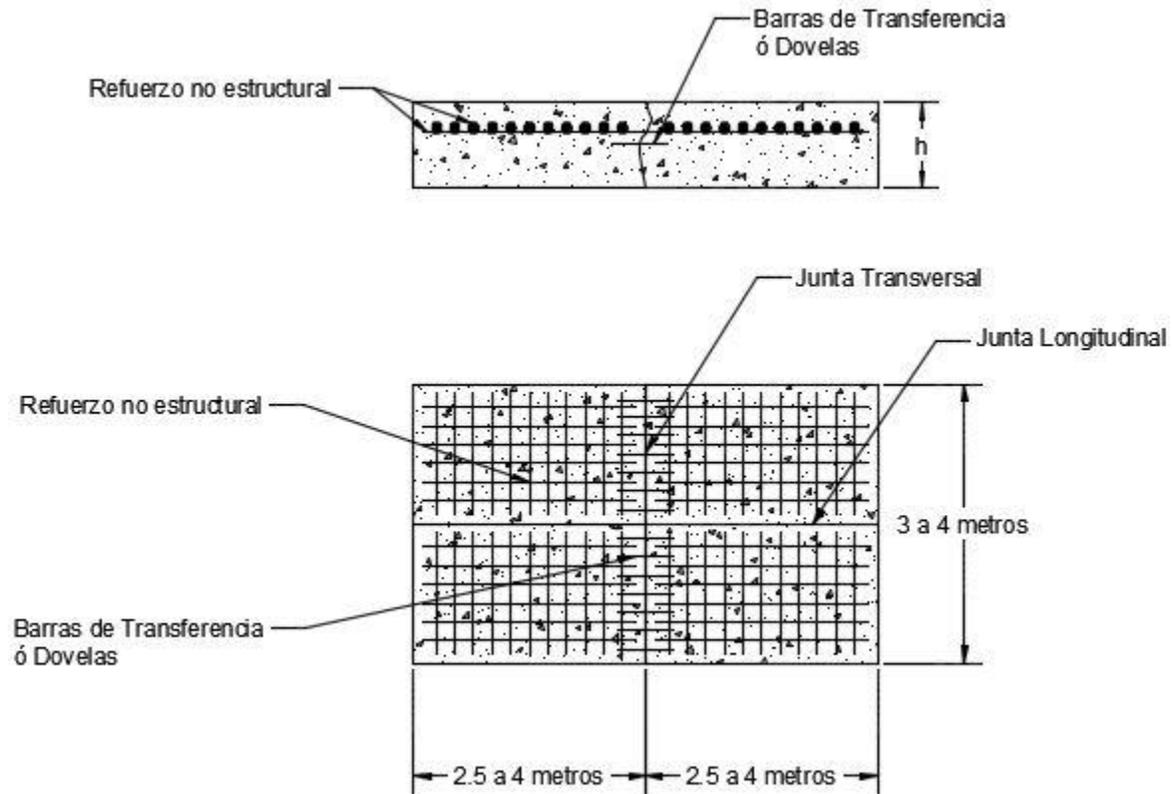
Imagen 23. Pavimento de Concreto Simple con Dovelas



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 3.2

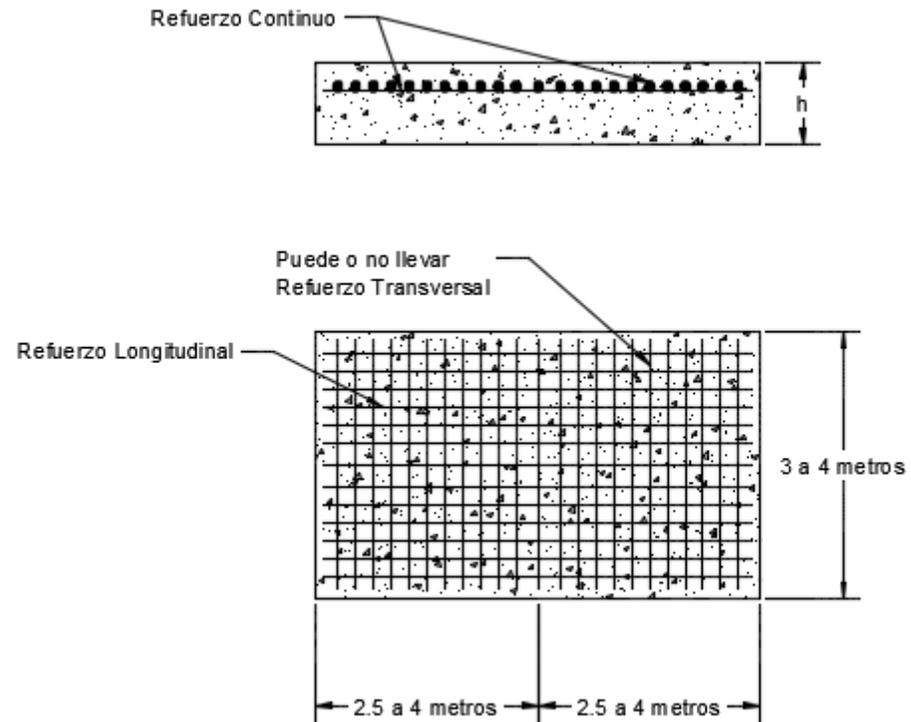
Imagen 24. Pavimento de Concreto Reforzado



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 3.3

Imagen 25. Pavimento de Concreto Reforzado Continuo



Fuente: Elaboración propia.

ANEXOS DEL CAPITULO V

ANEXO 5.1

Tabla 15. Resultados de sondeos manuales sobre línea, Bluefields – San Francisco

No	DESCRIPCION VISUAL	ESTACION	Muestra Nº	Ubicación Lateral	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Clasifi. H.R.B.	Granulometría																Límites			PROFUNDIDAD	
								3"	2 ½"	2"	1 ½"	1"	¾"	⅜"	4	10	40	200	L.L	L.P	I.P	DE	A					
Sondeo Nº001	LOSA	74+200						Losa existente con las siguientes características: Longitud = 1,306 metros Ancho = 3 metros Espesor = 0.15 metros Resistencia promedio = 2,750PSI, con un mínimo de 2,600 PSI Losa construida en el año 2008																				
Sondeo Nº002		74+00																										
Sondeo Nº003		73+800																										
Sondeo Nº004		73+600																										
Sondeo Nº005		73+400																										
Sondeo Nº006		73+200																										
Sondeo Nº007		73+00																										
Sondeo Nº008		72+893.14																										
Sondeo Nº009	CASCAJO ARCILLOSO COLOR CAFÉ CLARO	72+600	1	A 2.50m de LC L/DER	02-02-12	04-02-12	A-2-6 (0)	100%	100	100	100	88.5	87.1	82.6	66.4	51.3	44.2	34.2	25.4	37.3	19.1	18.2	0	8				
Sondeo Nº009	ARCILLA GRAVOSA COLOR ROJA	72+600	2	A 2.50m de LC L/DER	02-02-12	04-02-12	A-2-7 (2.5)	100%	100	100	100	98.5	97.0	88.3	76.1	67.7	48.5	31.4	42.7	17.0	25.7	8	20					
Sondeo Nº009	ARCILLA LIMO GRAVOSA COLOR CAFÉ OSCURA	72+600	3	A 2.50m de LC L/DER	02-02-12	04-02-12	A-2-6 (0.4)	100%	100	100	100	93.1	90.0	78.2	64.6	58.4	41.2	26.2	40.1	26.2	14.0	20	40					
Sondeo Nº009	ARCILLA LIMOSA CON POCA GRAVA COLOR GRIS	72+600	4	A 2.50m de LC L/DER	02-02-12	04-02-12	A-2-7 (0.6)	100%	100	100	100	100	100.0	93.8	43.6	35.3	21.7	16.2	40.1	21.4	18.7	40	150					
Sondeo Nº010	ARCILLA LIMOSA CON POCA GRAVA COLOR CAFÉ	72+400	5	A 2.50m de LC L/IZQ	02-02-12	04-02-12	A-2-6 (0.1)	100%	100	100	100	100	94.7	88.5	43.6	35.3	21.7	16.2	40.1	23.3	16.8	0	15					
Sondeo Nº010	ARCILLA GRAVOSA COLOR ROJA	72+400	6	A 2.50m de LC L/IZQ	02-02-12	04-02-12	A-2-7 (2.3)	100%	100	100	100	98.6	97.3	86.5	74.3	66.2	47.6	30.9	42.7	18.2	24.5	15	150					
Sondeo Nº011	ARCILLA LIMO GRAVOSA COLOR CAFÉ CLARO	72+200	7	LC	02-02-12	04-02-12	A-2-7 (1.4)	100%	100	100	100	91	88.1	75.2	57.9	48.6	37.9	32.3	43.9	26.1	17.7	0	13					
Sondeo Nº011	ARCILLA CON POCA GRAVA COLOR CAFÉ CLARO	72+200	8	LC	02-02-12	04-02-12	A-2-7 (0)	100%	100	100	100	100	100	93.2	77.0	69.1	63	59.4	43.6	23.7	20.0	13	38					
Sondeo Nº011	ARCILLA CON POCA GRAVA COLOR ROJA	72+200	9	LC	02-02-12	04-02-12	A-2-6 (11.1)	100%	100	100	100	100	100	96.3	79.7	76.9	74.2	68.9	42.9	23.1	19.8	38	150					
Sondeo Nº012	ARCILLA LIMO GRAVOSA COLOR CAFÉ CLARO	72+000	10	A 2.50m de LC L/DER	02-02-12	04-02-12	A-2-7 (1.5)	100%	100	100	100	88.5	79.7	67.7	55.9	47.2	40.2	34.5	42.9	24.4	18.5	0	40					
Sondeo Nº012	ARCILLA CON POCA GRAVA COLOR ROJA	72+000	11	A 2.50m de LC L/DER	02-02-12	04-02-12	A-7-6 (5.8)	100%	100	100	100	100	100	86.5	67.1	57.9	50.3	45.0	43.0	20.8	22.2	40	150					
Sondeo Nº013	GRAVA ARCILLO ARENOSA COLOR CAFÉ CLARO	71+800	12	A 2.50m de LC L/IZQ	02-02-12	04-02-12	A-2-6 (0)	100%	100	100	100	94.9	86.6	73.4	52.0	34.0	23.4	15.1	11.4	35.0	19.3	15.7	0	28				
Sondeo Nº013	ARCILLA COLOR ROJA	71+800	13	A 2.50m de LC L/IZQ	02-02-12	04-02-12	A-7-5 (6.5)	100%	100	100	100	100	100	100.0	100.0	87.9	67.2	47.0	73.6	39.5	34.1	28	150					
Sondeo Nº014	GRAVA ARCILLO ARENOSA COLOR CAFÉ CLARO	71+600	14	LC	02-02-12	04-02-12	A-2-6 (0)	100%	100	100	100	94.9	86.6	73.4	52.0	34.0	23.4	15.1	11.4	38.6	22.5	16.1	0	25				
Sondeo Nº014	ARCILLA GRAVOSA COLOR ROJA	71+600	15	LC	02-02-12	04-02-12	A-2-7 (1.6)	100%	100	100	100	85.6	76.7	69.1	60.5	53.2	40.6	28.1	51.2	29.1	22.1	25	150					
Sondeo Nº015	LIMO ARCILLO GRAVOSO COLOR CAFÉ CLARO	71+400	16	A 2.50m de LC L/DER	05-02-12	06-02-12	A-2-7 (0.9)	100%	100	100	100	84.8	74.5	62.4	55.2	45.1	41.3	35	29.4	42.2	26.0	16.1	0	10				
Sondeo Nº015	ARCILLA COLOR ROJA	71+400	17	A 2.50m de LC L/DER	05-02-12	06-02-12	A-7-5 (17.3)	100%	100	100	100	100	100	100	100	89.2	76.5	65.6	73.7	35.6	38.2	10	150					

No	DESCRIPCION VISUAL	ESTACION	Muestra N°	Ubicación Lateral	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Clasifi. H.R.B.	Granulometría												Límites			PROFUNDIDAD	
								3"	2 ½"	2"	1 ½"	1"	¾"	¾"	4	10	40	200	L.L	L.P	I.P	DE	A	
Sondeo N°016	LIMO ARCILLO GRAVOSO COLOR CAFÉ CLARO	71+200	18	A 2.50m de LC L/IZQ	05-02-12	06-02-12	A-2-7 (0.9)	100%	100	100	88.5	78.8	67.3	59.9	47.4	43.4	36.7	30.9	43.9	26.0	17.9	0	20	
Sondeo N°016	ARCILLA GRAVOSA COLOR ROJA	71+200	19	A 2.50m de LC L/IZQ	05-02-12	06-02-12	A-7-6 (2.9)	100%	100	100	92.4	80.1	71.4	60.4	50.8	45.3	40.9	37.1	47.5	26.5	21.0	20	150	
Sondeo N°017	ARCILLA LIMO GRAVOSA COLOR CAFÉ CLARO	71+000	20	LC	05-02-12	06-02-12	A-2-7 (1.7)	100%	100	100	100	87.9	78.3	66.2	52	48.1	41	33.9	44.0	24.5	19.5	0	25	
Sondeo N°017	ARCILLA COLOR ROJA	71+000	21	LC	05-02-12	06-02-12	A-7-5 (16.6)	100%	100	100	100	100	100.0	100	100	98.5	94.1	88.4	54.7	30.4	24.3	25	150	
Sondeo N°018	LIMO ARCILLO GRAVOSO COLOR CAFÉ CLARO	70+800	22	A 2.50m de LC L/DER	05-02-12	06-02-12	A-2-6 (0)	100%	100	100	88.1	78.4	67.5	60	52.1	44.2	37.9	34.3	37.1	20.1	16.9	0	20	
Sondeo N°018	ARCILLA COLOR ROJA	70+800	23	A 2.50m de LC L/DER	05-02-12	06-02-12	A-7-6 (19.6)	100%	100	100	100	100	100	100	100	96.4	90.4	83.2	57.7	20.1	37.5	20	150	
Sondeo N°019	ARCILLA LIMO GRAVOSA COLOR CAFÉ CLARO	70+600	24	A 2.50m de LC L/IZQ	05-02-12	06-02-12	A-2-7 (1.8)	100%	100	100	100	86.8	77.7	71.3	56.6	47.7	39.9	35.1	39.1	20.4	18.7	0	15	
Sondeo N°019	ARCILLA GRAVOSA COLOR ROJA	70+600	25	A 2.50m de LC L/IZQ	05-02-12	06-02-12	A-6 (5.0)	100%	100	100	100	84.8	75.4	68.9	55.4	50.7	46.8	43.7	40.0	18.9	21.1	15	45	
Sondeo N°019	ARCILLA COLOR VERDE	70+600	26	A 2.50m de LC L/IZQ	05-02-12	06-02-12	A-7-6 (19.6)	100%	100	100	100	100	100	100	100	95.2	91.4	85.5	53.8	21.8	32.0	45	150	
Sondeo N°20	LIMO ARCILLO GRAVOSO COLOR CAFÉ CLARO	70+400	27	LC	05-02-12	06-02-12	A-6 (2.4)	100%	100	100	100	91.3	79.8	70.2	56.7	52.9	45.4	38.3	39.8	22.0	17.8	0	12	
Sondeo N°20	ARCILLA COLOR ROJA	70+400	28	LC	05-02-12	06-02-12	A-7-6 (17.6)	100%	100	100	100	100	100	100	100	92.2	81.8	67.4	62.2	25.6	36.7	12	40	
Sondeo N°20	ARCILLA COLOR VERDE	70+400	29	LC	05-02-12	07-02-12	A-7 (17.5)	100%	100	100	100	100	86.9	77.4	62.4	51.4	42.2	34.8	39.4	21.5	17.9	40	150	
Sondeo N°21	ARCILLA LIMOSA CON POCA GRAVA COLOR CAFÉ	70+200	30	A 2.50m de LC L/DER	05-02-12	07-02-12	A-2-7 (1.6)	100%	100	100	100	100	100	100.0	100.0	87.9	67.2	47.0	73.6	39.5	34.1	0	15	
Sondeo N°21	ARCILLA GRAVOSA COLOR ROJA	70+200	31	A 2.50m de LC L/DER	05-02-12	07-02-12	A-7-6 (3.3)	100%	100	100	100	86.3	75.2	66.9	57.4	48.6	42.1	38.2	49.5	28.5	21.0	15	30	
Sondeo N°21	ARCILLA COLOR ROJA	70+200	32	A 2.50m de LC L/DER	05-02-12	07-02-12	A-7 (20.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	92.7	81.4	74.5	59.6	28.5	31.2	30	150	
Sondeo N°22	ARCILLA LIMO GRAVOSA COLOR CAFÉ CLARO	70+000	33	A 2.50m de LC L/IZQ	06-02-12	08-02-12	A-2-6 (1.8)	100%	100	100	100	85.2	73.2	65	55.9	46	38.8	34.8	39.4	20.8	18.6	0	5	
Sondeo N°22	ARCILLA GRAVOSA COLOR ROJA	70+000	34	A 2.50m de LC L/IZQ	06-02-12	08-02-12	A-7-6 (6.7)	100%	100	100	100	86.2	76.0	68.2	58.1	52.4	48.2	45.6	45.5	20.8	24.7	5	150	
Sondeo N°023	GRAVA LIMO ARCILLOSA COLOR CAFÉ CLARO	69+800	35	LC	06-02-12	08-02-12	A-2-6 (0)	100%	100	100	92.2	82.3	76.5	59.7	45.1	35.7	24.2	18	35.3	19.2	16.1	0	20	
Sondeo N°23	ARCILLA GRAVOSA COLOR ROJA	69+800	36	LC	06-02-12	08-02-12	A-2-7 (2.8)	100%	100	100	100	95.9	85.8	64.6	48.2	43.9	38.5	34.5	49.4	25.3	24.1	20	40	
Sondeo N°023	ARCILLA COLOR VERDE	69+800	37	LC	06-02-12	08-02-12	A-7-6 (19)	100%	100	100	100	100	100.0	100	100	98	91.5	81.8	54.7	23.7	31.0	40	150	
Sondeo N°024	LIMO ARCILLO GRAVOSO COLOR CAFÉ CLARO	69+600	38	A 2.50mts de LC L/DER	06-02-12	08-02-12	A-2-6 (0.6)	100%	100	100	100	87.2	75.9	63.9	52.5	44.1	38.8	34	31.2	18.4	12.8	0	10	
Sondeo N°024	ARCILLA GRAVOSA COLOR ROJA	69+600	39	A 2.50mts de LC L/DER	06-02-12	08-02-12	A-7-6 (19)	100%	100	100	92.9	80.8	70.6	62.5	51.4	44.9	40.9	37.6	40.6	20.8	19.8	10	150	
Sondeo N°025	ARCILLA GRAVOSA COLOR ROJA	69+400	40	A 2.50mts de LC L/IZQ	06-02-12	08-02-12	A-2-7 (0.8)	100%	100	100	94.4	84.9	74.6	65.7	46.8	38.5	29.5	22.1	42.5	21.1	21.4	0	100	
Sondeo N°025	ARCILLA COLOR VERDE	69+400	41	A 2.50mts de LC L/IZQ	06-02-12	08-02-12	A-7-6 (7.8)	100%	100	100	100	100	100	100	100	84.2	64.1	46	51.4	25.2	26.2	100	150	
Sondeo N°026	ARCILLA GRAVOSA COLOR CAFÉ CLARO	69+200	42	LC	06-02-12	08-02-12	A-2-6 (1.9)	100%	100	100	95	89.3	78.9	69.8	51.2	43.6	36.8	32.4	40.1	18.6	21.5	0	65	

No	DESCRIPCION VISUAL	ESTACION	Muestra N°	Ubicación Lateral	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Clasifi. H.R.B.	Granulometría																Límites			PROFUNDIDAD	
								3"	2 ½"	2"	1 ½"	1"	¾"	⅜"	4	10	40	200	L.L	L.P	I.P	DE	A					
Sondeo N°026	ARCILLA COLOR ROJA	69+200	43	LC	06-02-12	08-02-12	A-7-6 (19.4)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	96.0	89.6	84.6	57.3	20.5	36.8	65	150				
Sondeo N°027	ARCILLA GRAVOSA COLOR ROJA	69+000	44	A 2.50mts de LC L/DER	06-02-12	08-02-12	A-7-6 (1.0)	100%	100	100	94.4	84.9	74.6	65.7	46.8	38.5	29.5	22.1	46.3	21.1	25.2	0	70					
Sondeo N°027	ARCILLA COLOR VERDE	69+000	45	A 2.50mts de LC L/DER	06-02-12	08-02-12	A-7-6 (12.6)	100%	100	100	100	100	100	100	100	84.2	69.5	59.4	51.4	25.2	26.2	70	150					
Sondeo N°028	ARCILLA GRAVOSA COLOR ROJA	68+800	46	A 2.50mts de LC L/IZQ	06-02-12	08-02-12	A-7-6 (3.7)	100%	100	100	100	85.5	74.9	64.8	52.5	46.3	41.6	37.7	51.4	27.5	23.8	0	35					
Sondeo N°028	ARCILLA COLOR ROJA	68+800	47	A 2.50mts de LC L/IZQ	06-02-12	09-02-12	A-7-6 (3.7)	100%	100	100	100	100	100	100.0	100.0	92.8	87.9	84.1	51.7	22.0	29.7	35	150					
Sondeo N°029	ARCILLA GRAVOSA COLOR ROJA	68+600	48	LC	07-02-12	09-02-12	A-2-7 (0)	100%	100	100	100	91	84.8	65.5	47.8	39.5	29.9	22	40.0	18.6	21.5	0	30					
Sondeo N°029	ARCILLA COLOR VERDE	68+600	49	LC	07-02-12	09-02-12	A-7 (20.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	98.9	96.4	92.5	62.4	30.9	31.5	30	150					
Sondeo N°030	ARCILLA GRAVOSA COLOR ROJA	68+400	50	A 2.50m DE LC L/DER	08-02-12	11-02-12	A-7-5 (6.5)	100%	100	100	86.1	75.7	64.8	56.2	46.0	43.6	42.3	40.5	61.7	30.7	31.0	0	35					
Sondeo N°30	ARCILLA COLOR ROJA	68+400	51	A 2.50m DE LC L/DER	08-02-12	11-02-12	A-7 (20)	100%	100	100	100	100	100	100	100	96.4	93.6	89.5	62.2	30.5	31.8	35	150					
Sondeo N°031	ARCILLA GRAVOSA COLOR ROJA	68+200	52	A 2.50m DE LC L/IZQ	08-02-12	11-02-12	A-7-5 (11.2)	100%	100	100	100	84.4	71.9	60.9	54.2	53.1	51.4	50.2	62.7	33.5	29.2	0	10					
Sondeo N°031	ARCILLA COLOR ROJA	68+200	53	A 2.50m DE LC L/IZQ	08-02-12	11-02-12	A-7-6 (20)	100%	100	100	100	100	100	100	100	96.3	89.9	87.5	62.4	26.8	35.6	10	150					
Sondeo N°032	ARCILLA GRAVOSA COLOR ROJA	68+000	54	LC	08-02-12	11-02-12	A-2-6 (0.8)	100%	100	100	100	91.0	84.8	65.6	47.8	39.5	29.9	22.0	40.0	18.6	21.5	0	30					
Sondeo N°032	ARCILLA COLOR VERDE	68+000	55	LC	08-02-12	11-02-12	A-7-5 (17.6)	100%	100	100	100	100	100	100	100	98.9	96.4	92.5	62.4	38.3	24.2	30	150					
Sondeo N°033	ARCILLA GRAVOSA COLOR ROJA	67+800	56	A 2.50m DE LC L/DER	08-02-12	11-02-12	A-7-6 (3.6)	100%	100	100	87.3	75.9	67.8	56.0	46.3	43.1	38.9	36.7	44.9	21.4	23.6	0	100					
Sondeo N°033	ARCILLA COLOR ROJA	67+800	57	A 2.50m DE LC L/DER	08-02-12	11-02-12	A-7-6 (14.8)	100%	100	100	100	100	100	100	100	94.2	89.2	84.6	47.8	24.6	23.2	100	150					
Sondeo N°034	ARCILLA GRAVOSA COLOR ROJA	67+600	58	A 2.50m DE LC L/IZQ	08-02-12	11-02-12	A-7-6 (5.4)	100%	100	100	100	84.1	72.1	62.7	52.1	48.4	45.7	43.4	43.8	21.0	22.8	0	50					
Sondeo N°034	ARCILLA COLOR VERDE	67+600	59	A 2.50m DE LC L/IZQ	08-02-12	11-02-12	A-7-5 (17.6)	100%	100	100	100	100	100	100	100	94.5	89.7	85.5	58.5	33.3	25.2	50	150					
Sondeo N°035	ARCILLA COLOR ROJO	67+400	60	LD de la Carretera	15-02-12	16-02-12	A-7-6 (17.6)	100%	100	100	100	100	100	100	100.0	99.3	96.1	82.6	72.5	43.9	28.6	0	40					
Sondeo N°035	ARCILLA COLOR CAFÉ	67+400	61	LD de la Carretera	15-02-12	16-02-12	A-7-5 (16.8)	100%	100	100	100	100	100	100	100	99.5	96.7	88.9	60.8	39.3	21.5	40	150					
Sondeo N°036	ARCILLA COLOR ROJO	67+200	62	L/IZQde la Carretera	15-02-12	16-02-12	A-7-5 (20.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	99.3	95.9	81.4	63.8	33.3	30.5	0	30					
Sondeo N°036	ARCILLA COLOR CAFÉ	67+200	63	L/IZQde la Carretera	15-02-12	16-02-12	A-7-5 (19.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	99.1	96.6	87.6	58.8	30.7	28.1	30	150					
Sondeo N° 037	ARCILLA COLOR ROJO	67+000	64	L/C de la Carretera	15-02-12	16-02-12	A-7-5 (19.4)	100%	100	100	100	100	100	100	100	98.6	95.1	88.0	58.8	30.2	28.6	0	25					
Sondeo N° 037	ARCILLA COLOR CAFÉ	67+000	65	L/C de la Carretera	15-02-12	16-02-12	A-7-5 (18.2)	100%	100	100	100	100	100	100	100	98.9	95.1	87.6	58.6	32.5	26.1	25	150					
Sondeo N° 038	ARCILLA COLOR ROJO	66+800	66	L/D de la Carretera	15-02-12	16-02-12	A-7 (19.6)	100%	100	100	100	100	100	100	100	99.3	95.9	88.9	60.4	31.6	28.8	0	40					
Sondeo N° 038	ARCILLA COLOR CAFÉ	66+800	67	L/D de la Carretera	15-02-12	16-02-12	A-7-5 (17.6)	100%	100	100	100	100	100	100	100	98.6	95.4	86.8	58.5	30.9	27.6	40	150					

No	DESCRIPCION VISUAL	ESTACION	Muestra N°	Ubicación Lateral	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Clasifi. H.R.B.	Granulometría												Límites			PROFUNDIDAD	
								3"	2 ½"	2"	1 ½"	1"	¾"	½"	4	10	40	200	L.L	L.P	I.P	DE	A	
Sondeo N°039	#REF!	66+600	68	L/IZQ de la Carretera	15-02-12	16-02-12	A-7-5 (17.6)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	99.0	95.1	87.4	60.9	31.1	29.8	0	50
Sondeo N°039	#REF!	66+600	69	L/IZQ de la Carretera	15-02-12	16-02-12	A-7 (19.2)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	98.2	94.2	87.4	58.3	29.9	28.4	50	150
Sondeo N°040	ARCILLA GRAVOSA COLOR ROJA CON PINTAS BLANCAS	66+400	70	L/C de la Carretera	15-02-12	16-02-12	A-7-6 (0)	100%	100	97	92.9	79.7	7	35.4	20.3	16.9	12.2	9.4	45.1	22.6	22.5	0	30	
Sondeo N°040	ARCILLA COLOR CAFÉ CLARO	66+400	71	L/C de la Carretera	15-02-12	16-02-12	A-7-5 (20.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	98.7	96.8	90.1	69.2	39.3	29.9	30	150	
Sondeo N°041	ARCILLA GRAVOSA COLOR ROJA	66+200	72	L/DER de la Carretera	15-02-12	16-02-12	A-2-7 (1.9)	100%	100	100	90	81.6	74.9	63.9	53.3	47.2	37.7	32.1	48.1	27.0	21.1	0	10	
Sondeo N°041	#REF!	66+200	73	L/DER de la Carretera	15-02-12	16-02-12	A-7-5 (17.6)	100%	100	100	100	100	100	100	100	99	95.4	85.7	58.5	33.3	25.2	10	150	
Sondeo N°042	ARCILLA GRAVOSA COLOR ROJA	66+000	74	L/IZQ de la Carretera	15-02-12	16-02-12	A-2-7 (2.3)	100%	100	100	92.4	86.2	76	68.2	55.9	48.1	37.6	30.4	58.5	33.3	25.2	0	10	
Sondeo N°042	#REF!	66+000	75	L/IZQ de la Carretera	15-02-12	16-02-12	A-7-6 (18.4)	100%	100	100	100	100	100	100	100	98.1	93.8	84.9	55.6	27.3	28.3	10	150	
Sondeo N°043	ARCILLA GRAVOSA COLOR ROJA	65+800	76	L/C de la Carretera	15-02-12	16-02-12	A-7-6 (2.9)	100%	100	100	92.5	83.3	70.0	61.7	53	46.7	41	36.4	48.5	22.2	26.3	0	5	
Sondeo N°043	#REF!	65+800	77	L/C de la Carretera	15-02-12	16-02-12	A-7-6 (18.4)	100%	100	100	100	100	100	100	100	98.5	87.4	77.5	56	28	27.7	5	150	
Sondeo N°044	ARCILLA GRAVOSA COLOR ROJA	65+600	78	LD de la Carretera	15-02-12	16-02-12	A-7-6 (5.0)	100%	100	100	100	89.8	81.4	69.9	56.0	49.7	44.2	39	52.6	26.9	25.7	0	8	
Sondeo N°044	ARCILLA CON POCA GRAVA COLOR CAFÉ OSCURO	65+600	79	LD de la Carretera	15-02-12	16-02-12	A-7-5 (1.0)	100%	100	100	100	100	100	91.1	44.6	40.9	30.4	19.9	72.4	41.5	30.9	8	150	
Sondeo N°045	ARCILLA GRAVOSA COLOR ROJA	65+400	80	L/IZQ de la Carretera	15-02-12	16-02-12	A-7-5 (3.0)	100%	100	100	100	87.9	72.6	64.1	51.8	46.8	40	36.4	58.5	35.4	23.1	0	5	
Sondeo N°045	ARCILLA COLOR ROJA	65+400	81	L/IZQ de la Carretera	15-02-12	16-02-12	A-7-5 (17.6)	100%	100	100	100	100	100	100	100	98.9	94.8	86.9	58.8	33.3	25.5	5	150	
Sondeo N°046	ARCILLA GRAVOSA COLOR CAFÉ	65+200	82	L/C de la Carretera	15-02-12	16-02-12	A-7-5 (4.6)	100%	100	100	100	92.5	79.6	68.8	55.4	48.6	43.2	38.1	58.5	32.5	26.0	0	10	
Sondeo N°046	ARCILLA COLOR CAFÉ OSCURO	65+200	83	L/C de la Carretera	15-02-12	16-02-12	A-7-5 (20.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	98.1	93	83.2	63.9	32.7	31.2	10	150	
Sondeo N°047	ARCILLA GRAVOSA COLOR CAFÉ	65+000	84	L/DER de la Carretera	15-02-12	16-02-12	A-7-5 (3.4)	100%	100	100	100	94	91.7	70.4	45.9	41.7	36.4	32.1	71.1	41.0	30.1	0	15	
Sondeo N°047	ARCILLA COLOR CAFÉ OSCURO	65+000	85	L/DER de la Carretera	15-02-12	16-02-12	A-7-5 (14.5)	100%	100	100	100	100	100	100	100	90.8	77.7	62.5	56.8	30.1	26.7	15	150	
Sondeo N°048	GRAVA ARCILLOSA COLOR CAFÉ	64+800	86	L/IZQ de la Carretera	22-02-12	23-02-12	A-2-7 (3.1)	100%	100	89.8	87.1	76.6	66.2	41	24.3	21.8	18.5	15.5	45.9	23.8	22.1	0	20	
Sondeo N°048	ARCILLA COLOR CAFÉ OSCURO	64+800	87	L/IZQ de la Carretera	22-02-12	23-02-12	A-7-5 (15.5)	100%	100	100	100	100	100	100	100	95.3	87.7	72.1	62.1	40.2	21.9	20	50	
Sondeo N°048	ARCILLA COLOR ROJA	64+800	88	L/IZQ de la Carretera	22-02-12	23-02-12	A-7-5 (20.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	95.9	89	81.3	78.0	45.5	32.5	50	150	
Sondeo N°049	GRAVA ARCILLOSA COLOR CAFÉ	64+600	89	L/C de la Carretera	22-02-12	23-02-12	A-2-7 (0.7)	100%	100	91.6	88.4	80.2	71.8	49	29.2	26.4	23.1	19.5	48.6	24.5	24.1	0	20	
Sondeo N°049	ARCILLA COLOR CAFÉ OSCURO	64+600	90	L/C de la Carretera	22-02-12	23-02-12	A-7-5 (17.4)	100%	100	100	100	100	100	100	100	94.5	88.3	74.9	61.2	38.4	22.8	20	50	
Sondeo N°049	ARCILLA COLOR ROJA	64+600	91	L/C de la Carretera	22-02-12	23-02-12	A-7-5 (20.8)	100%	100	100	100	100	100	100	100	96.7	88.5	81.6	76.5	45.0	31.5	50	150	
Sondeo N°050	GRAVA ARCILLOSA COLOR CAFÉ	64+400	92	L/DER de la Carretera	22-02-12	23-02-12	A-2-7 (0.7)	100%	100	100	95.2	87.7	80.4	55.4	33.1	29.4	24.6	20.9	45.8	25.1	20.7	0	17	

No	DESCRIPCION VISUAL	ESTACION	Muestra N°	Ubicación Lateral	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Clasifi. H.R.B.	Granulometría																Límites			PROFUNDIDAD	
								3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	4	10	40	200	L.L	L.P	I.P	DE	A					
Sondeo N°050	ARCILLA COLOR CAFÉ OSCURO	64+400	93	L/DER de la Carretera	22-02-12	23-02-12	A-7-5 (16.8)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	96.7	91.1	79.3	60.4	38.0	22.4	17	40			
Sondeo N°050	ARCILLA COLOR ROJA	64+400	94	L/DER de la Carretera	22-02-12	23-02-12	A-7-5 (20.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	95.7	87.8	78.6	78.5	47.1	31.4	40	150			
Sondeo N°051	GRAVA ARCILLOSA COLOR CAFÉ	64+200	95	L/IZQ de la Carretera	22-02-12	23-02-12	A-2-7 (0.6)	100%	100	100	88.6	80.7	69.8	60	30.9	27.2	23.6	20.1	47	25	22.2			0	15			
Sondeo N°051	ARCILLA COLOR CAFÉ OSCURO	64+200	96	L/IZQ de la Carretera	22-02-12	23-02-12	A-7-5 (16.5)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	94.9	86.7	73.4	62.7	40.5	22.2	15	150			
Sondeo N°052	GRAVA ARCILLOSA COLOR CAFÉ	64+000	97	L/C dela Carretera	22-02-12	23-02-12	A-2-7 (0.3)	100%	100	100	89.7	82.6	75.1	49.8	27.6	24.6	21.1	18	49.5	28.3	21.2			0	20			
Sondeo N°052	ARCILLA COLOR CAFÉ OSCURO	64+000	98	L/C dela Carretera	22-02-12	23-02-12	A-7-5 (16.8)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	97.5	91.4	77.4	63.5	41.2	22.3	20	150			
Sondeo N°053	ARCILLA GRAVOSA COLOR CAFÉ	63+800	99	L/DER de la Carretera	22-02-12	23-02-12	A-2-7 (2.2)	100%	100	100	94.3	87.1	76.2	62.7	52	46.2	39.9	33.1	54.7	32.4	22.3			0	16			
Sondeo N°053	ARCILLA COLOR CAFÉ OSCURO	63+800	100	L/DER de la Carretera	22-02-12	23-02-12	A-7-5 (16.1)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	95	83.2	69.9	62.2	37.9	24.3	16	50			
Sondeo N°053	ARCILLA COLOR ROJA	63+800	101	L/DER de la Carretera	22-02-12	23-02-12	A-7-5 (18.8)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	95.9	83.2	71.1	77.3	46.8	30.5	50	150			
Sondeo N°054	ARCILLA GRAVOSA COLOR CAFÉ	63+600	102	L/IZQ de la Carretera	22-02-12	23-02-12	A-2-7 (2.2)	100%	100	100	94.7	86	77	65.8	51.8	47	40	33.5	61.5	38.4	23.1			0	15			
Sondeo N°054	ARCILLA COLOR CAFÉ OSCURO	63+600	103	L/IZQ de la Carretera	22-02-12	23-02-12	A-7-5 (19.1)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	95.5	86.3	71.7	73.3	39.5	33.8	15	150			
Sondeo N°055	ARCILLA GRAVOSA COLOR CAFÉ	63+400	104	L/C dela Carretera	22-02-12	23-02-12	A-2-7 (2.8)	100%	100	100	94.3	89.5	82.7	73.3	63.7	56.8	45.4	34.7	62.6	38.2	24.4			0	13			
Sondeo N°055	ARCILLA COLOR ROJA	63+400	105	L/C dela Carretera	22-02-12	23-02-12	A-7-5 (18.8)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	96.2	88.8	70.6	77.3	44.2	33.1	13	150			
Sondeo N°056	ARCILLA GRAVOSA COLOR CAFÉ	63+200	106	L/DER de la Carretera	22-02-12	23-02-12	A-2-7 (2.3)	100%	100	100	91	84.9	78.2	65.1	53.4	47.7	38.7	31.6	59.9	36.2	23.7			0	20			
Sondeo N°056	ARCILLA COLOR CAFÉ	63+200	107	L/DER de la Carretera	22-02-12	23-02-12	A-7-5 (14.5)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	97.5	89.4	74.9	73.3	43.7	29.6	20	150			
Sondeo N°057	GRAVA ARCILLOSA COLOR CAFÉ	63+000	108	L/IZQ de la Carretera	22-02-12	23-02-12	A-2-7 (2.3)	100%	100	96.3	90.1	81.9	72.1	60.5	47.8	41.6	35.7	30.2	61.6	36.6	25.0			0	15			
Sondeo N°057	ARCILLA COLOR CAFÉ	63+000	109	L/IZQ de la Carretera	22-02-12	23-02-12	A-7-5 (15.8)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	86.2	72.5	61	79.2	43.9	35.3	15	150			
Sondeo N°058	ARCILLA GRAVOSA COLOR CAFÉ	62+800	110	L/C dela Carretera	22-02-12	23-02-12	A-2-7 (2.6)	100%	100	100	94.5	88.7	82.5	72.3	57.9	48.8	42.1	34.5	58.5	35.5	23.0			0	10			
Sondeo N°058	ARCILLA COLOR CAFÉ	62+800	111	L/C dela Carretera	22-02-12	23-02-12	A-7-5 (19.1)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	92.9	84.4	71.7	66.2	42.9	23.3	10	65			
Sondeo N°058	ARCILLA COLOR ROJA	62+800	112	L/C dela Carretera	22-02-12	23-02-12	A-7-5 (20.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	95.7	86.9	75.1	80.1	44.5	35.6	65	150			
Sondeo N°059	ARCILLA GRAVOSA COLOR CAFÉ	62+600	113	L/DER de la Carretera	22-02-12	23-02-12	A-2-7 (2.5)	100%	100	100	95.3	86	76.9	66	54.1	48.3	40.4	33.8	65	42	23.3			0	18			
Sondeo N°059	ARCILLA COLOR CAFÉ	62+600	114	L/DER de la Carretera	22-02-12	23-02-12	A-7-5 (20.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	97.3	89.7	79.6	71.9	37.3	34.6	18	150			
Sondeo N°060	ARCILLA GRAVOSA COLOR CAFÉ	62+400	115	L/IZQ de la carretera	22-02-12	23-02-12	A-2-7 (2.4)	100%	100	100	93.2	87	76.8	64.6	52.8	44.1	36.5	30.2	58.4	32.4	26.0			0	15			
Sondeo N°060	ARCILLA COLOR ROJA	62+400	116	L/IZQ de la carretera	22-02-12	23-02-12	A-7-5 (16.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	95.7	88.6	74.4	76.9	41.9	35.0	15	150			
Sondeo N°061	ARCILLA GRAVOSA COLOR CAFÉ	62+200	117	L/C de la Carretera	22-02-12	23-02-12	A-2-7 (1.6)	100%	100	100	93.4	88.3	80.3	65.8	52.7	42.4	34.5	28	60.4	38.2	22.2			0	17			
Sondeo N°061	ARCILLA COLOR ROJA	62+200	118	L/C de la Carretera	22-02-12	23-02-12	A-7-5 (20.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	90.7	78.2	66.4	38.6	27.8	17	150			

No	DESCRIPCION VISUAL	ESTACION	Muestra Nº	Ubicación Lateral	Fecha de	Fecha de	Clasifi.	Granulometría														Límites			PROFUNDIDAD	
					Muestreo	Ensayo		H.R.B.	3"	2 ½"	2"	1 ½"	1"	¾"	⅝"	4	10	40	200	L.L	L.P	I.P	DE	A		
Sondeo N°062	ARCILLA COLOR ROJA	62+000	119	L/DER de la Carretera	22-02-12	23-02-13	A-2-7 (2.3)	100%	100	100	89.7	83.8	76.9	62.7	52.9	44.7	38.5	31.4	61.1	37.5	23.6	0	13			
Sondeo N°062	ARCILLA COLOR ROJA	62+000	120	L/DER de la Carretera	22-02-12	23-02-13	A-7-5 (20.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	97.8	91.9	76.9	73.8	40.4	33.4	13	150			
Sondeo N°063	ARCILLA COLOR CAFÉ	61+800	121	L/IZQ de la carretera	23-02-12	24-02-12	A-7-5 (16.8)	100%	100	100	100	100	100	100	100	97.4	91.8	77.3	59.5	37.3	22.2	0	50			
Sondeo N°063	ARCILLA COLOR ROJA	61+800	122	L/IZQ de la carretera	23-02-12	24-02-12	A-7-5 (20.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	97.9	92.6	75.8	80.5	47.3	33.2	50	150			
Sondeo N°064	ARCILLA COLOR CAFÉ	61+600	123	L/C de la Carretera	23-02-12	24-02-12	A-7-5 (18.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	96.2	89.4	75.4	60.4	36.0	24.4	0	40			
Sondeo N°064	ARCILLA COLOR ROJA	61+600	124	L/C de la Carretera	23-02-12	24-02-12	A-7-5 (18.2)	100%	100	100	100	100	100	100	100	98.7	86.7	69.3	77.4	43.9	33.5	40	150			
Sondeo N°065	ARCILLA COLOR CAFÉ	61+400	125	L/DER de la Carretera	23-02-12	24-02-12	A-7-5 (17.4)	100%	100	100	100	100	100	100	100	96.2	83.3	68.1	59.2	30.7	28.5	0	35			
Sondeo N°065	ARCILLA COLOR ROJA	61+400	126	L/DER de la Carretera	23-02-12	24-02-12	A-7-5 (20.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	98.1	91.2	74.1	76.1	42.7	33.4	35	150			
Sondeo N°066	ARCILLA COLOR CAFÉ	61+200	127	L/IZQ de la carretera	23-02-12	24-02-12	A-7-5 (17.2)	100%	100	100	100	100	100	100	100	97.1	89	72.5	60.7	38.4	22.3	0	60			
Sondeo N°066	ARCILLA COLOR ROJA	61+200	128	L/IZQ de la carretera	23-02-12	24-02-12	A-7-5 (16.1)	100%	100	100	100	100	100	100	100	96	86.4	68.5	63.0	40.1	22.9	60	150			
Sondeo N°067	ARCILLA COLOR CAFÉ	61+000	129	L/C de la Carretera	23-02-12	24-02-12	A-7-5 (18.8)	100%	100	100	100	100	100	100	100	98.7	92.9	79.6	68.0	42.5	25.5	0	55			
Sondeo N°067	ARCILLA COLOR ROJA	61+000	130	L/C de la Carretera	23-02-12	24-02-12	A-7-5 (20.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	97.9	90.3	75.6	77.7	42.8	34.9	55	150			
Sondeo N°068	ARCILLA COLOR CAFÉ	60+800	131	L/DER de la Carretera	23-02-12	24-02-12	A-7-5 (17.6)	100%	100	100	100	100	100	100	100	97.5	89.5	72.5	61	38	22.7	0	40			
Sondeo N°068	ARCILLA COLOR ROJA	60+800	132	L/DER de la Carretera	23-02-12	24-02-12	A-7-5 (20.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	95.6	87	70.7	80.2	44.9	35.3	40	150			
Sondeo N°069	ARCILLA COLOR CAFÉ	60+600	133	L/IZQ de la Carretera	23-02-12	25-02-12	A-7-5 (16.4)	100%	100	100	100	100	100	100	100	98.9	92	76.4	57.8	36.0	21.8	0	55			
Sondeo N°069	ARCILLA COLOR ROJA	60+600	134	L/IZQ de la Carretera	23-02-12	26-02-12	A-7-5 (20.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	98.7	90	71.9	75.4	42.6	32.8	55	150			
Sondeo N°070	ARCILLA COLOR CAFÉ	60+400	135	L/C de la Carretera	23-02-12	27-02-12	A-7-5 (15.7)	100%	100	100	100	100	100	100	100	96.6	98.6	74	58.4	37.7	20.7	0	25			
Sondeo N°070	ARCILLA COLOR ROJA	60+400	136	L/C de la Carretera	23-02-12	28-02-12	A-7-5 (20.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	98.1	89.9	75.4	71.1	40.0	31.1	25	150			
Sondeo N°071	ARCILLA COLOR CAFÉ	60+200	137	L/DER de la Carretera	23-02-12	29-02-12	A-7-5 (14.8)	100%	100	100	100	100	100	100	100	96.5	86	67.2	56.8	32.6	24.2	0	20			
Sondeo N°071	ARCILLA COLOR ROJA	60+200	138	L/DER de la Carretera	23-02-12	01-03-12	A-7-5 (18.8)	100%	100	100	100	100	100	100	100	99.3	89.8	71.9	68.5	35.4	33.1	20	150			
Sondeo N°072	ARCILLA COLOR CAFÉ	60+000	139	L/IZQ de la Carretera	23-02-12	02-03-12	A-7-5 (15.8)	100%	100	100	100	100	100	100	100	97.1	87.4	70.5	58.5	34.5	24.0	0	15			
Sondeo N°072	ARCILLA COLOR ROJA	60+000	140	L/IZQ de la Carretera	23-02-12	03-03-12	A-7-5 (18.5)	100%	100	100	100	100	100	100	100	95.8	88.6	69.8	78.4	45.3	33.1	15	150			
Sondeo N°073	Arcilla color roja	59+800	141	LC de la Carretera	15-03-12	16-03-12	A-7-5 (12.5)	100%	100	100	100	100	100	100	100.0	92.8	70.8	52.2	76.4	25.7	5.7	0	50 cm			
Sondeo N°073	Arcilla color café oscura	59+800	142	LC de la Carretera	15-03-12	16-03-12	A-7-5 (15.4)	100%	100	100	100	100	100	100	100	97	84.5	57.5	71.3	44.3	27.0	50	150 cm			
Sondeo N°074	Arcilla color café oscura	59+600	143	L/DER de la Carretera	15-03-12	16-03-12	A-7-5 (15.2)	100%	100	100	100	100	100	100	100	97.5	84.5	58.9	72.1	42.5	29.5	0	45 cm			
Sondeo N°074	Arcilla color roja	59+600	144	L/DER de la Carretera	15-03-12	16-03-12	A-7-5 (15.2)	100%	100	100	100	100	100	100	100	93.5	70.6	52.7	73.9	25.7	48.2	45	150 cm			

No	DESCRIPCION VISUAL	ESTACION	Muestra N°	Ubicación	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Clasifi. H.R.B.	Granulometría											Límites			PROFUNDIDAD			
								3"	2 ½"	2"	1 ½"	1"	¾"	¾"	4	10	40	200	L.L	L.P	I.P	DE	A		
Sondeo N°075	Arcilla color café oscura	59+400	145	L/IZQ de la Carretera	15-03-12	16-03-12	A-7-5 (16.5)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	97.7	87.1	63.6	69.0	38.3	30.7	0	60 cm
Sondeo N°075	Arcilla color roja	59+400	146	L/IZQ de la Carretera	15-03-12	16-03-12	A-7-5 (16.7)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	93.9	75.2	55.4	74.7	21.3	53.4	60	150 cm
Sondeo N°076	Arcilla color café claro	59+200	147	LC de la Carretera	15-03-12	16-03-12	A-7-5 (1.5)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	85.7	48.3	22.3	77.5	38.4	39.1	0	100 cm
Sondeo N°076	Arcilla color roja	59+200	148	LC de la Carretera	15-03-12	16-03-12	A-7-5 (1.5)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	92.4	71.1	51.3	75.1	27.1	48.0	100	150 cm
Sondeo N°077	Arcilla color café claro	59+000	149	L/DER de la Carretera	15-03-12	16-03-12	A-7-6 (3.4)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	85.1	48.7	32.2	74.8	27.2	47.6	0	100 cm
Sondeo N°077	Arcilla color roja	59+000	150	L/DER de la Carretera	15-03-12	16-03-12	A-7-5 (14.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	94.1	73	55.7	74.5	31.1	43.4	100	150 cm
Sondeo N°078	Arcilla color café claro	58+800	151	L/IZQ de la Carretera	15-03-12	16-03-12	A-7-5 (7.7)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	86.5	57	42.5	71.9	29.4	42.5	0	70 cm
Sondeo N°078	Arcilla color roja	58+800	152	L/IZQ de la Carretera	15-03-12	16-03-12	A-7-6 (13.5)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	92.8	69.8	53.8	61.9	25.2	36.7	70	150 cm
Sondeo N°079	Arcilla color café oscura	58+600	153	LC de la Carretera	15-03-12	16-03-12	A-7-6 (13.5)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	96.4	84.6	63.1	52.9	26.2	26.7	0	60 cm
Sondeo N°079	Arcilla color roja	58+600	154	LC de la Carretera	15-03-12	16-03-12	A-7-6 (12.3)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	91.8	70	53.1	51.6	15.9	35.7	60	150 cm
Sondeo N°080	Arcilla color café claro	58+400	155	L/DER de la Carretera	15-03-12	16-03-12	A-7-6 (9.5)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	88	70.3	45.6	62.6	22.8	39.8	0	50 cm
Sondeo N°080	Arcilla color roja	58+400	156	L/DER de la Carretera	15-03-12	16-03-12	A-7-6 (9.5)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	93.5	73.9	57.8	62.2	24.8	37.4	50	150 cm
Sondeo N°081	Arcilla color café oscura	58+200	157	L/IZQ de la Carretera	15-03-12	16-03-12	A-7-6 (16.2)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	95.5	83.3	63.7	56.2	24.1	32.1	0	65 cm
Sondeo N°081	Arcilla color café claro	58+200	158	L/IZQ de la Carretera	15-03-12	16-03-12	A-7-6 (9.5)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	89.4	73.6	47.1	59	22	37.6	65	150 cm
Sondeo N°082	Arcilla Café Oscuro	58+000	159	L/C de la Carretera	15-03-12	16-03-12	A-7-6 (16.7)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	96	84.4	65.1	58.2	21.1	37.1	0	20 cm
Sondeo N°082	Arcilla color Café Claro	58+000	160	L/C de la Carretera	15-03-12	16-03-12	A-7-5 (12.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	90.1	76.5	50.9	67.1	32.2	34.9	20	50 cm
Sondeo N°082	Arcilla color Roja	58+000	161	L/C de la Carretera	15-03-12	16-03-12	A-7-6 (15.6)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	94.6	75.9	61.4	58.0	19.7	38.3	50	150 cm
Sondeo N°083	Arcilla color Roja	57+800	162	L/Der de la Carretera	16-03-12	18-03-12	A-7-6 (14.6)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	94.2	73.8	58.2	57.2	19.7	37.5	0	40 cm
Sondeo N°083	Arcilla color Café Claro	57+800	163	L/Der de la Carretera	16-03-12	18-03-12	A-7-6 (11.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	89	74	49.4	58.0	25.8	32.2	40	150 cm
Sondeo N°084	Arcilla Café Oscuro	57+600	164	L/IZQ de la Carretera	16-03-12	18-03-12	A-7-5 (15.6)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	95.2	82.7	63.6	58.4	30.5	27.9	0	60 cm
Sondeo N°084	Arcilla color Roja	57+600	165	L/IZQ de la Carretera	16-03-12	18-03-12	A-7 (14.9)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	93.7	74.2	58.1	60.9	30.3	30.6	60	150 cm
Sondeo N°085	Arcilla Café Oscuro	57+400	166	L/C de la Carretera	16-03-12	18-03-12	A-7 (17.9)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	95.7	85.6	68.5	61.0	29.0	32.0	0	55 cm
Sondeo N°085	Arcilla color Roja	57+400	167	L/C de la Carretera	16-03-12	18-03-12	A-7 (17.9)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	95.6	89.7	76.1	61.7	29.0	32.7	55	150 cm
Sondeo N°086	Arcilla Café Oscuro	57+200	168	L/Der de la Carretera	16-03-12	18-03-12	A-7 (18.8)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	93.7	89.6	71.2	60.3	29.6	30.7	0	65 cm
Sondeo N°086	Arcilla color Roja	57+200	169	L/Der de la Carretera	16-03-12	18-03-12	A-7 (20.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	95	91.8	75.8	60.0	29.7	30.3	65	150 cm
Sondeo N°087	Arcilla Café Oscuro	57+000	170	L/IZQ de la Carretera	16-03-12	18-03-12	A-7-5 (18.5)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	94.2	89.9	76.2	58.1	31.3	26.8	0	20 cm
Sondeo N°087	Arcilla Color Amarillenta	57+000	171	L/IZQ de la Carretera	16-03-12	18-03-12	A-7-5 (20.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98.8	94.2	81.6	78.9	42.4	36.5	20	150 cm
Sondeo N°088	Arcilla color Café Claro	56+800	172	L/C de la Carretera	16-03-12	18-03-12	A-7-5 (20.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	97.4	93	78.4	76.3	43.1	33.2	0	40 cm

No	DESCRIPCION VISUAL	ESTACION	Muestra Nº	Ubicación Lateral	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Clasifi. H.R.B.	Granulometría																Límites			PROFUNDIDAD	
								3"	2 ½"	2"	1 ½"	1"	¾"	⅜"	4	10	40	200	L.L	L.P	I.P	DE	A					
Sondeo N°088	Arcilla Color Amarillenta	56+800	173	L/C de la Carretera	16-03-12	18-03-12	A-7-5 (20.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	98	92.9	78.9	75.4	44.3	31.1	40	150 cm				
Sondeo N°089	Arcilla Café Oscuro	56+600	174	L/Der de la Carretera	16-03-12	18-03-12	A-7-5 (18.8)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	97.8	91.6	70.8	65.9	34.1	31.8	0	50 cm				
Sondeo N°089	Arcilla Color Amarillenta	56+600	175	L/Der de la Carretera	16-03-12	18-03-12	A-7 (20.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	97.5	92.7	77.5	64.7	30.0	34.7	50	150 cm				
Sondeo N°090	Arcilla Café Oscuro	56+400	176	L/IZQ de la Carretera	16-03-12	18-03-12	A-7 (17.8)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	93.2	88.5	72.5	56	30	26.4	0	55 cm				
Sondeo N°090	Arcilla Color Café Claro	56+400	177	L/IZQ de la Carretera	16-03-12	18-03-12	A-7-6 (13.5)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	90.7	77.5	55.2	54.8	24.5	30.3	55	150 cm				
Sondeo N°091	Arcilla Café Oscuro	56+200	178	L/C de la Carretera	16-03-12	18-03-12	A-7-6 (17.3)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	93.5	88.5	70.7	55.9	27.8	28.1	0	45 cm				
Sondeo N°091	Arcilla Color Café Claro	56+200	179	L/C de la Carretera	16-03-12	18-03-12	A-7-6 (17.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	94.7	87.6	70.3	55.9	27.8	28.1	45	150 cm				
Sondeo N°092	Arcilla Café Oscuro	56+000	180	L/D de la Carretera	16-03-12	18-03-12	A-7-6 (17.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	94.2	87.6	69.3	56.7	28.2	28.5	0	30 cm				
Sondeo N°092	Arcilla Color Café Claro	56+000	181	L/D de la Carretera	16-03-12	18-03-12	A-7-6 (17.6)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	94.6	87	67.7	57.9	26.9	31.0	30	60 cm				
Sondeo N°092	Arcilla Color Roja	56+000	182	L/D de la Carretera	16-03-12	18-03-12	A-7-5 (20.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	96.2	89.7	76	63.2	33.1	30.1	60	150 cm				
Sondeo N°093	Arcilla Color Café Oscuro	55+800	183	L/IZQ de la Carretera	16-03-12	18-03-12	A-7-5 (19.6)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	93.1	87	71.1	61.8	32.3	29.5	0	40 cm				
Sondeo N°093	Arcilla Color Café Claro	55+800	184	L/IZQ de la Carretera	16-03-12	18-03-12	A-7 (18.2)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	93.3	87.9	69.2	60.5	30.9	29.6	40	150 cm				
Sondeo N°094	Arcilla Color Café Oscuro	55+600	185	L/C de la Carretera	16-03-12	18-03-12	A-7-6 (20.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	94.4	90.3	77	59.9	27.2	32.7	0	50 cm				
Sondeo N°094	Arcilla Color Amarillenta	55+600	186	L/C de la Carretera	16-03-12	18-03-12	A-7-6 (20.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	96.9	91.7	77.7	60.4	29.3	31.1	50	150 cm				
Sondeo N°095	Arcilla Color Café Claro	55+400	187	L/D de la Carretera	16-03-12	18-03-12	A-7 (15.4)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	95.2	87.1	65.1	57.0	30.0	27.0	0	60 cm				
Sondeo N°095	Arcilla Color Amarillenta	55+400	188	L/D de la Carretera	16-03-12	18-03-12	A-7-6 (15.6)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	95.4	86.8	68.2	51.4	23.3	28.1	60	150 cm				
Sondeo N°096	Arcilla Color Café Claro	55+200	189	L/IZQ de la Carretera	16-03-12	18-03-12	A-7-6 (15.4)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	95	87.9	71.6	51.2	25.0	26.2	0	55 cm				
Sondeo N°096	Arcilla Color Roja	55+200	190	L/IZQ de la Carretera	16-03-12	18-03-12	A-7 (20.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	95	91.8	75.8	60.0	29.7	30.3	55	150 cm				
Sondeo N°097	Arcilla Color Café Claro	55+000	191	L/C de la Carretera	16-03-12	18-03-12	A-7-5 (7.7)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	92.1	75.2	42	75.9	37.3	38.6	0	30 cm				
Sondeo N°097	Arcilla Color Amarillenta	55+000	192	L/C de la Carretera	16-03-12	18-03-12	A-7-5 (20.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	93.3	88	71.7	79.6	39.7	39.9	30	150 cm				
Sondeo N°098	ARCILLA COLOR CAFÉ OSCURA	54+800	193	LD de la Carretera	26-04-12	27-04-12	A-7-5 (20.7)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	93.5	84.4	64.1	79.6	42.8	36.8	0	50 cm				
Sondeo N°098	ARCILLA COLOR ROJA	54+800	194	LD de la Carretera	26-04-12	27-04-12	A-7 (16.7)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	95.5	85.5	63.8	62.2	30.4	31.8	50	150 cm				
Sondeo N°099	ARCILLA COLOR ROJA	54+600	195	L/IZQde la Carretera	26-04-12	27-04-12	A-7-6 (5.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	88.7	78.9	69.7	52.6	26.4	26.2	0	80 cm				
Sondeo N°099	ARCILLA COLOR CAFÉ OSCURA	54+600	196	L/IZQde la Carretera	26-04-12	27-04-12	A-7-5 (1.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	91.7	68.2	47.1	72.1	40.6	31.5	80	150 cm				
Sondeo N°100	ARCILLA COLOR ROJA	54+400	197	LC	26-04-12	27-04-12	A-7-5 (15.4)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	90.3	77.2	70.3	58.5	35.4	23.1	0	50cm				
Sondeo N°100	ARCILLA COLOR CAFÉ CLARO	54+400	198	LC	26-04-12	27-04-12	A-7-5 (17.6)	100%	100	100	100	100	100.0	100	100	100	98.9	94.8	86.9	58.8	33.3	25.5	50	150cm				
Sondeo N°101	ARCILLA COLOR CAFÉ	54+200	199	A 2.50mts de LC L/DER	26-04-12	27-04-12	A-7-5 (16.0)	100%	100	100	100	100	100.0	100	100	100	87.8	78	68.8	58.5	32.5	26.0	0	100cm				
Sondeo N°101	ARCILLA COLOR CAFÉ OSCURO	54+200	200	A 2.50mts de LC L/DER	26-04-12	27-04-12	A-7-65 (20.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	98.1	93	83.2	63.9	32.7	31.2	100	150cm				
Sondeo N°102	ARCILLA COLOR CAFÉ	54+000	201	A 2.50mts de LC L/IZQ	26-04-12	27-04-12	A-7-5 (18.5)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	90.8	79.1	69.8	71.1	41.0	30.1	0	75cm				
Sondeo N°102	ARCILLA COLOR ROJA	54+000	202	A 2.50mts de LC L/IZQ	26-04-12	27-04-12	A-7-5 (14.5)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	90.8	77.7	62.5	56.8	30.1	26.7	75	150 cm				

No	DESCRIPCION VISUAL	ESTACION	Muestra Nº	Ubicación Lateral	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Clasifi. H.R.B.	Granulometría										Límites			PROFUNDIDAD			
								3"	2 ½"	2"	1 ½"	1"	¾"	⅜"	4	10	40	200	L.L	L.P	I.P	DE	A	
Sondeo Nº103	ARCILLA COLOR ROJA	53+800	203	LC	26-04-12	27-04-12	A-7-5 (12.5)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	92.8	70.8	52.2	76.4	25.7	50.7	0	50cm
Sondeo Nº103	ARCILLA COLOR CAFÉ OSCURO	53+800	204	LC	26-04-12	27-04-12	A-7-5 (15.4)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	97	84.5	57.5	71.3	44.3	27.0	50	150cm
Sondeo Nº104	ARCILLA COLOR CAFÉ OSCURO	53+600	205	A 2.50mts de LC L/DER	26-04-12	27-04-12	A-7-5 (15.2)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	97.5	84.5	58.9	72.1	42.6	29.5	0	80cm
Sondeo Nº104	ARCILLA COLOR ROJA	53+600	206	A 2.50mts de LC L/DER	26-04-12	27-04-12	A-7-5 (15.2)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	93.5	70.6	52.7	73.9	25.7	48.2	80	150cm
Sondeo Nº105	ARCILLA COLOR CAFÉ OSCURO	53+400	207	A 2.50mts de LC L/IZQ	26-04-12	27-04-12	A-7-5 (16.7)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	95.5	84.9	61.3	69.0	38.3	30.7	0	70cm
Sondeo Nº105	ARCILLA COLOR ROJA	53+400	208	A 2.50mts de LC L/IZQ	26-04-12	27-04-12	A-7-5 (16.7)	100%	100	100	100	100	100	100.0	100	100	93.9	75.2	55.4	74.7	21.3	53.4	70	150cm
Sondeo Nº106	ARCILLA COLOR CAFÉ CLARO	53+200	209	LC	26-04-12	27-04-12	A-7-5 (6.5)	100%	100	100	100	100	100	100.0	100	100	89.1	63.5	44.3	76.0	40.5	35.5	0	90cm
Sondeo Nº106	ARCILLA COLOR ROJA	53+200	210	LC	26-04-12	27-04-12	A-7-5 (14.9)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	93.1	78.3	58.1	74.7	43.9	30.8	90	150cm
Sondeo Nº107	ARCILLA COLOR CAFÉ CLARO	53+000	211	A 2.50mts de LC L/DER	26-04-12	27-04-12	A-7-5 (10.1)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	90.2	65	47.5	75.3	35.2	40.1	0	85cm
Sondeo Nº107	ARCILLA COLOR ROJA	53+000	212	A 2.50mts de LC L/DER	26-04-12	27-04-12	A-7-5 (14.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	93.1	76.1	55.4	73.6	37.3	36.3	85	150cm
Sondeo Nº108	ARCILLA COLOR CAFÉ CLARO	52+800	213	A 2.50mts de LC L/IZQ	26-04-12	27-04-12	A-7-5 (14.8)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	88	69	56.3	71.5	33.5	38.0	0	75cm
Sondeo Nº108	ARCILLA COLOR ROJA	52+800	214	A 2.50mts de LC L/IZQ	26-04-12	27-04-12	A-7-6 (15.8)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	94.8	74.8	61	61	25.2	35.8	75	150cm
Sondeo Nº109	ARCILLA COLOR CAFÉ OSCURA	52+600	215	LC	26-04-12	27-04-12	A-7-6 (13.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	91.2	77.3	56.4	52.0	23.0	29.0	0	80cm
Sondeo Nº109	ARCILLA COLOR ROJA	52+600	216	LC	26-04-12	27-04-12	A-7-6 (13.9)	100%	100	100	100	100	100.0	100	100	100	93.9	74.5	59	51.6	22.9	28.7	80	150cm
Sondeo Nº110	ARCILLA COLOR CAFÉ CLARO	52+400	217	A 2.50mts de LC L/DER	26-04-12	27-04-12	A-7-6 (11.1)	100%	100	100	100	100	100.0	100	100	100	86.5	70.7	49.3	62.1	26.2	35.9	0	40cm
Sondeo Nº110	ARCILLA COLOR ROJA	52+400	218	A 2.50mts de LC L/DER	26-04-12	27-04-12	A-7-6 (16.4)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	94.5	76.6	62.9	62.2	24.8	37.4	40	150cm
Sondeo Nº111	ARCILLA COLOR CAFÉ OSCURA	52+200	219	A 2.50mts de LC L/IZQ	26-04-12	27-04-12	A-7-6 (15.2)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	93.8	81.9	60.8	55.2	24.1	31.1	0	55cm
Sondeo Nº111	ARCILLACOLOR CAFÉ CLARO	52+200	220	A 2.50mts de LC L/IZQ	26-04-12	27-04-12	A-7-6 (12.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	89.1	75	51	59.4	26.2	33.2	55	150 cm
Sondeo Nº112	ARCILLA COLOR CAFÉ OSCURA	52+000	221	LC	26-04-12	27-04-12	A-7-6 (16.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	94.5	82.6	61.8	58.8	24.9	33.9	0	45cm
Sondeo Nº112	ARCILLA COLOR CAFÉ CLARO	52+000	222	LC	26-04-12	27-04-12	A-7-5 (14.9)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	93.1	78.8	57.7	66.0	34.7	31.3	45	80cm
Sondeo Nº112	ARCILLA COLOR ROJA	52+000	223	A 2.50mts de LC L/DER	26-04-12	27-04-12	A-7-6 (16.4)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	92.8	77	64.4	58.0	22.8	35.2	80	150cm
Sondeo Nº113	ARCILLA COLOR ROJA	51+800	224	A 2.50mts de LC L/DER	26-04-12	27-04-12	A-7-6 (16.3)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	96.2	82.2	63.4	58.7	24.4	34.3	0	60cm
Sondeo Nº113	ARCILLA COLOR CAFÉ CLARO	51+800	225	A 2.50mts de LC L/DER	26-04-12	27-04-12	A-7-5 (11.7)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	88.1	71.9	51.5	67.6	38.3	29.3	60	150cm
Sondeo Nº114	ARCILLA COLOR CAFÉ OSCURA	51+600	226	A 2.50mts de LC L/IZQ	26-04-12	27-04-12	A-7-5 (15.6)	100%	100	100	100	100	100	100.0	100	100	94.7	81.4	61.2	58.4	30.5	27.9	0	70cm
Sondeo Nº114	ARCILLA COLOR ROJA	51+600	227	A 2.50mts de LC L/IZQ	26-04-12	27-04-12	A-7-5 (15.2)	100%	100	100	100	100	100	100.0	100	100	92.2	74.3	59.2	65.7	35.1	30.6	70	150cm
Sondeo Nº115	ARCILLA COLOR ROJA	51+400	228	LC	26-04-12	27-04-12	A-7-6 (16.8)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	95.3	83.4	67.5	53.5	21.1	32.4	0	100cm
Sondeo Nº115	ARCILLA COLOR VERDE	51+400	229	LC	26-04-12	27-04-12	A-7-6 (11.8)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	86.7	69.3	54.3	51.1	23.3	27.8	100	150cm
Sondeo Nº116	ARCILLA COLOR CAFÉ CLARO	51+200	230	A 2.50mts de LC L/DER	26-04-12	27-04-12	A-7-5 (16.4)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	85	71.7	63	67.9	33.7	34.2	0	65cm
Sondeo Nº116	ARCILLA COLO ROJA	51+200	231	A 2.50mts de LC L/DER	26-04-12	27-04-12	A-7-6 (19.4)	100%	100	100	100	100	100	100	100	100	96	89.6	84.6	57.3	20.5	36.8	65	150cm

No	DESCRIPCION VISUAL	ESTACION	Muestra Nº	Ubicación	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Clasifi. H.R.B.	Granulometría												Límites			PROFUNDIDAD	
								3"	2 ½"	2"	1 ½"	1"	¾"	½"	4	10	40	200	L.L	L.P	I.P	DE	A	
Sondeo Nº148	ARCILLA COLOR ROJA	44+800	283	LC	15-05-12	16-05-12	A-7-6 (20.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	96	90.8	82.4	70.2	14.9	55.3	0	150cm	
Sondeo Nº149	ARCILLA COLOR ROJA	44+600	284	A 2.50m de LC L/DER	15-05-12	16-05-12	A-7-6 (20.0)	100%	100	100	100	100	100.0	100	100	94.9	88.2	79.3	77.6	21.1	56.5	0	150cm	
Sondeo Nº150	ARCILLA LIMOSA CON POCA GRAVA COLOR CAFÉ CLARO	44+400	285	LC	15-05-12	16-05-12	A-7-6 (6.6)	100%	100	100	100	100	100.0	99.2	94.5	87.4	76.9	58.3	40.3	25.4	14.9	0	60cm	
Sondeo Nº150	ARCILLA COLOR ROJA	44+400	286	LC	15-05-12	16-05-12	A-7-6 (18.2)	100%	100	100	100	100	100	100	100	96.1	86.7	70.9	58.3	16.5	41.8	60	150cm	
Sondeo Nº151	ARCILLA CON POCA GRAVA COLOR CAFÉ CLARO	44+200	287	A 2.50m de LC L/IZQ	15-05-12	16-05-12	A-7 (12.7)	100%	100	100	100	100	97.5	93.8	86.3	84.4	78.3	73.8	46.9	27.4	19.5	0	80cm	
Sondeo Nº151	ARCILLA COLOR ROJA	44+200	288	A 2.50m de LC L/IZQ	15-05-12	16-05-12	A-7-6 (20.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	96.8	90.8	81.5	67.1	26.2	40.9	80	150 cm	
Sondeo Nº152	ARCILLA COLOR CAFÉ CLARO	44+000	289	LC	15-05-12	16-05-12	A-7-6 (10.5)	100%	100	100	100	100	100	95.2	86.8	79.5	70.9	60	45.5	23.4	22.1	0	80cm	
Sondeo Nº152	ARCILLA COLOR ROJA	44+000	290	LC	15-05-12	16-05-12	A-7-5 (20.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	97.1	91.1	84.2	74.5	32.6	41.9	80	150cm	
Sondeo Nº153	ARCILLA CON POCA GRAVA COLOR CAFÉ OSCURO	43+800	291	A 2.50m de LC L/DER	15-05-12	16-05-12	A-7 (5.0)	100%	100	100	100	100	100	99	91.5	79.5	65.7	44.2	47.0	27.1	19.9	0	40cm	
Sondeo Nº153	LIMO ARCILLOSO CON POCA GRAVA COLOR ROJA	43+800	292	A 2.50m de LC L/DER	15-05-12	16-05-12	A-7 (5.0)	100%	100	100	100	100	100	99.4	90.1	81.4	70.7	58.1	40.0	28.8	11.2	40	150cm	
Sondeo Nº154	ARCILLA CON POCA GRAVA COLOR CAFÉ OSCURO	43+600	293	A 2.50m de LC L/IZQ	15-05-12	16-05-12	A-7-6 (4.0)	100%	100	100	100	100	96.5	94.2	77.7	66.9	56.7	43.3	41.1	23.2	17.9	0	50cm	
Sondeo Nº154	LIMO ARCILLOSO CON POCA GRAVA COLOR ROJA	43+600	294	A 2.50m de LC L/IZQ	15-05-12	16-05-12	A-7-6 (5.7)	100%	100	100	100	100	100	99.2	86	75.8	66	54.1	40.4	25.2	15.2	50	150cm	
Sondeo Nº155	ARCILLA CON POCA GRAVA COLOR CAFÉ CLARO	43+400	295	LC	15-05-12	16-05-12	A-7-6 (5.8)	100%	100	100	100	100	100	96.8	89	78	64.8	45.2	44.4	22.4	22.0	0	150cm	
Sondeo Nº156	ARCILLA CON POCA GRAVA COLOR CAFÉ CLARO	43+200	296	A 2.50m de LC L/DER	15-05-12	16-05-12	A-7-6 (5.7)	100%	100	100	100	100	100	96	89	79.7	66.3	47.9	41.4	22.4	19.0	0	75cm	
Sondeo Nº156	ARCILLA CON POCA GRAVA COLOR ROJA	43+200	297	A 2.50m de LC L/DER	15-05-12	16-05-12	A-7-6 (10.5)	100%	100	100	100	100	100	99.2	90.2	82.2	70.5	55	45.6	20.3	25.3	75	150cm	
Sondeo Nº157	ARCILLA COLOR ROJA	43+000	298	A 2.50m de LC L/IZQ	15-05-12	17-05-12	A-7-5 (18.2)	100%	100	100	100	100	100	100	100	94.6	84.7	69.5	65.5	33.8	31.7	0	30cm	
Sondeo Nº157	ARCILLA CON POCA GRAVA COLOR AMARILLENTO	43+000	299	A 2.50m de LC L/IZQ	15-05-12	17-05-12	A-2-7 (2.2)	100%	100	100	100	100	100	98.5	91.7	72.7	58.4	32.8	56.1	34.2	21.9	30	150cm	
Sondeo Nº158	ARCILLA COLOR ROJA	42+800	300	LC	15-05-12	18-05-12	A-7-6 (11.7)	100%	100	100	100	100	100	100	100	94.7	83	61.6	48.0	24.5	23.5	0	50cm	
Sondeo Nº158	ARCILLA CON POCA GRAVA COLOR AMARILLENTO	42+800	301	LC	15-05-12	18-05-12	A-2-7 (1.6)	100%	100	100	100	100	100.0	99.4	91.3	73.1	57.5	29.3	48.1	26.8	21.3	50	150cm	
Sondeo Nº159	ARCILLA COLOR ROJA	42+600	302	A 2.50m de LC L/DER	15-05-12	18-05-12	A-7-5 (11.2)	100%	100	100	100	100	100.0	100	100	95.3	81.9	61.6	53.5	33.6	19.9	0	70cm	
Sondeo Nº159	ARCILLA CON POCA GRAVA COLOR AMARILLENTO	42+600	303	A 2.50m de LC L/DER	15-05-12	18-05-12	A-2-7 (1.1)	100%	100	100	100	100	100	99	89.6	72.6	58.2	34	53.1	36.6	16.5	70	150cm	
Sondeo Nº160	ARCILLA COLOR ROJA	42+400	304	A 2.50m de LC L/IZQ	15-05-12	18-05-12	A-7-5 (17.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	96	88.2	70.1	58.1	30.6	27.5	0	150cm	
Sondeo Nº161	LIMO ARCILLOSO CON POCA GRAVA COLOR CAFÉ OSCURO	42+200	305	LC	15-05-12	18-05-12	A-2-6 (0.2)	100%	100	100	100	100	100	96.1	85.2	71.8	57.1	33	26.4	15.3	11.1	0	60cm	
Sondeo Nº161	ARCILLA CON POCA GRAVA COLOR ROJA	42+200	306	LC	15-05-12	18-05-12	A-7-6 (11.6)	100%	100	100	100	100	100	96.1	88.1	76.6	66.5	58.3	49.3	24.3	25.0	60	150cm	
Sondeo Nº162	LIMO ARCILLOSO CON POCA GRAVA COLOR CAFÉ OSCURO	42+000	307	A 2.50m de LC L/DER	15-05-12	18-05-12	A-2-6 (0.9)	100%	100	100	100	100	100	97.5	87	69.7	58	32.5	31.9	17.1	14.8	0	50cm	
Sondeo Nº162	ARCILLA CON POCA GRAVA COLOR ROJA	42+000	308	A 2.50m de LC L/DER	15-05-12	18-05-12	A-7-6 (10.5)	100%	100	100	100	100	100	98.4	87.7	77	69	52.1	46.3	18.3	28.0	50	150cm	

No	DESCRIPCION VISUAL	ESTACION	Muestra Nº	Ubicación	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Clasifi. H.R.B.	Granulometría																Límites			PROFUNDIDAD	
								3"	2 ½"	2"	1 ½"	1"	¾"	½"	4	10	40	200	L.L	L.P	I.P	DE	A					
Sondeo Nº163	ARCILLA CON POCA GRAVA COLOR ROJA	41+800	309	A 2.50m de LC L/IZQ	15-05-12	18-05-12	A-7-6 (3.7)	100%	100	100	100	100	100	100	89.9	72.4	64.5	58.2	45.7	38.8	17.2	21.6	0	150cm				
Sondeo Nº164	ARCILLA CON POCA GRAVA COLOR ROJA	41+600	310	LC	15-05-12	18-05-12	A-7-6 (6.3)	100%	100	100	100	100	100	100	91.8	78.1	67	58.7	44.4	44.5	19.3	25.2	0	70cm				
Sondeo Nº164	ARCILLA COLOR ROJA	41+600	311	LC	15-05-12	18-05-12	A-7-5 (17.1)	100%	100	100	100	100	100	100.0	100	92.9	81.2	68.2	62.3	34.7	27.6	70	150cm					
Sondeo Nº165	LIMO ARCILLOSOCOLOR CAFÉ OSCURO	41+400	312	A 2.50m de LC L/DER	15-05-12	18-05-12	A-7-5 (8.8)	100%	100	100	100	100	100	99.6	90	83.8	64.8	60.9	52.2	37.2	15.0	0	150cm					
Sondeo Nº166	LIMO ARCILLOSO COLOR CAFÉ OSCURO	41+200	313	A 2.50m de LC L/IZQ	15-05-12	18-05-12	A-7-6 (7.2)	100%	100	100	100	100	100	99	90	83	76.4	62.5	47.5	30.2	17.3	0	40cm					
Sondeo Nº166	ARCILLA COLOR ROJA	41+200	314	A 2.50m de LC L/IZQ	15-05-12	18-05-12	A-7-5 (20.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	94	85.7	74.1	61.2	31.6	29.6	40	150cm					
Sondeo Nº167	LIMO ARCILLOSO CAFÉ OSCURO	41+000	315	LC	15-05-12	18-05-12	A-7-6 (3.9)	100%	100	100	100	100	100	100	100	86.5	74.5	44.8	39.9	24.1	15.8	0	90cm					
Sondeo Nº167	ARCILLA COLOR ROJA	41+000	316	LC	15-05-12	18-05-12	A-7-5 (18.6)	100%	100	100	100	100	100	100	100	96.1	86.7	72.7	60.1	32.7	27.4	90	150cm					
Sondeo Nº168	LIMO ARENO ARCILLOSO CON POCA GRAVA COLOR CAFÉ	40+800	317	A 2.50mts de LC L/DER	15-05-12	18-05-12	A-4 (0.0)	100%	100	100	100	100	100	94.9	74.2	65.1	56.4	40.9	21.6	12.6	9.0	0	30cm					
Sondeo Nº168	ARCILLA COLOR ROJA	40+800	318	A 2.50mts de LC L/DER	15-05-12	18-05-12	A-7-5 (16.8)	100%	100	100	100	100	100.0	100	100	96.1	82.8	66.9	60.4	33.1	27.3	30	150cm					
Sondeo Nº169	LIMO ARENO ARCILLOSO CON POCA GRAVA COLOR CAFÉ	40+600	319	A 2.50mts de LC L/IZQ	15-05-12	18-05-12	A-4 (0.0)	100%	100	100	100	100	100.0	95.6	79.1	63	54.6	39.7	26.3	16.3	10.0	0	50cm					
Sondeo Nº169	ARCILLA COLOR ROJA	40+600	320	A 2.50mts de LC L/IZQ	15-05-12	18-05-12	A-7-6 (19.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	95	87.9	73.5	59.0	24.5	34.5	50	150cm					
Sondeo Nº170	LIMO ARENO ARCILLOSO CON POCA GRAVA COLOR CAFÉ	40+400	321	LC	15-05-12	18-05-12	A-4 (0.0)	100%	100	100	100	100	100	95.8	76.5	67.9	57.1	41.1	28.6	19.9	8.7	0	40cm					
Sondeo Nº170	ARCILLA COLOR ROJA	40+400	322	LC	15-05-12	18-05-12	A-7-6 (17.3)	100%	100	100	100	100	100	100	100	94.1	84.8	66.2	61.9	28.1	33.8	40	150cm					
Sondeo Nº171	LIMO ARENO ARCILLOSO CON POCA GRAVA COLOR CAFÉ OSCURO	40+200	323	A 2.50mts de LC L/DER	15-05-12	18-05-12	A-7-6 (0.1)	100%	100	100	100	100	100	98.2	88.3	72.6	56.2	23.6	33.4	22.9	10.5	0	30cm					
Sondeo Nº171	LIMO ARENO ARCILLOSO CON POCA GRAVA COLOR AMARILLO	40+200	324	A 2.50mts de LC L/DER	15-05-12	18-05-12	A-2-6 (0.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	96	91.6	34.8	31.4	20.2	11.2	30	150cm					
Sondeo Nº172	LIMO ARENO ARCILLOSO CON POCA GRAVA COLOR CAFÉ OSCURO	40+000	325	A 2.50mts de LC L/IZQ	15-05-12	18-05-12	A-2-6 (0.0)	100%	100	100	100	100	100	100	89.9	74.7	56.9	26.3	30.7	19.3	11.4	0	20cm					
Sondeo Nº172	LIMO ARENO ARCILLOSO COLOR AMARILLO	40+000	326	A 2.50mts de LC L/IZQ	15-05-12	18-05-12	A-2-6 (0.4)	100%	100	100	100	100	100	100	100	94.7	90	37.6	30.7	18.7	12.0	20	150cm					
Sondeo Nº173	LIMO ARENO ARCILLOSOS CON POCA GRAVA COLOR CAFÉ OSCURO	39+800	327	LC	15-05-12	18-05-12	A-2-6 (0.2)	100%	100	100	100	100	100	100	88.3	70.3	59	21.0	33.4	20.5	12.9	0	30cm					
Sondeo Nº173	LIMO ARENO ARCILLOSO COLOR AMARILLO	39+800	328	LC	15-05-12	18-05-12	A-2-6 (1.0)	100%	100	100	100	100	100	100.0	100	96.5	88.2	35.0	38.3	23.6	14.7	30	150cm					
Sondeo Nº174	ARCILLA COLOR ROJA	39+600	329	A 2.50mts de LC L/DER	15-05-12	18-05-12	A-7-6 (19.2)	100%	100	100	100	100	100	100.0	100	97.8	92.2	78.5	55.8	22.9	32.9	0	150cm					
Sondeo Nº175	ARCILLA COLOR ROJA	39+400	330	A 2.50mts de LC L/IZQ	15-05-12	18-05-12	A-7-6 (19.8)	100%	100	100	100	100	100	100	100	98.5	93.1	75.4	59.4	28.1	31.3	0	150cm					
Sondeo Nº176	ARCILLA COLOR ROJA	39+200	331	LC	15-05-12	18-05-12	A-7-6 (18.8)	100%	100	100	100	100	100	100	100	97.5	92.7	79.6	55.5	28.7	26.8	0	50cm					
Sondeo Nº176	ARCILLA COLOR CAFÉ CLARO	39+200	332	LC	15-05-12	18-05-12	A-7-6 (19.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	98.1	92.2	78.2	55.0	27.7	27.3	50	150cm					
Sondeo Nº177	LIMO ARENOSOS COLOR CAFÉ CLARO	39+000	333	A 2.50mts de LC L/DER	15-05-12	18-05-12	A-2-4 (0.0)	100%	100	100	100	100	100	93.4	86.4	77.1	53	9.6	NL	NP	NP	0	150cm					

No	DESCRIPCION VISUAL	ESTACION	Muestra Nº	Ubicación	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Clasifi. H.R.B.	Granulometría												Límites			PROFUNDIDAD	
								3"	2 ½"	2"	1 ½"	1"	¾"	⅜"	4	10	40	200	L.L	L.P	I.P	DE	A	
Sondeo Nº178	LIMO ARENOSO CON POCA GRAVA COLOR CAFÉ CLARO	38+800	334	A 2.50mts de LC L/IZQ	05/15/12	05/18/12	A-2-4 (0.0)	100%	100	100	100	100	100	97.3	84.6	70.6	57.2	23.9	NL	NP	NP	0	100cm	
Sondeo Nº178	LIMO ARENOSO CON POCA GRAVA COLOR AMARILLO	38+800	335	A 2.50mts de LC L/IZQ	05/15/12	05/18/12	A-2-4 (0.0)	100%	100	100	100	100	100	97.1	93	76.7	55.2	32.3	NL	NP	NP	100	150cm	
Sondeo Nº179	LIMO ARENOSO CON POCA GRAVA COLOR CAFÉ CLARO	38+600	336	LC	05/15/12	05/18/12	A-2-4 (0.0)	100%	100	100	100	100	100	97.1	50	45.7	39.2	17.1	25.7	22.6	3.1	0	150cm	
Sondeo Nº180	ARCILLA LIMOSA COLOR ROJA	38+400	337	A 2.50mts de LC L/DER	05/15/12	05/18/12	A-7-6 (10.2)	100%	100	100	100	100	100	100	100	95.6	88.6	57	49.1	26.6	22.5	0	150cm	
Sondeo Nº181	ARCILLA LIMOSA COLOR ROJA	38+200	338	A 2.50mts de LC L/IZQ	05/15/12	05/18/12	A-7-6 (9.8)	100%	100	100	100	100	100	100	100	96.7	89.1	59.4	48.0	27.5	20.5	0	150cm	
Sondeo Nº182	ARCILLA LIMOSA COLOR ROJA	38+000	339	LC	05/15/12	05/18/12	A-7-6 (10.2)	100%	100	100	100	100	100	100	100	96	88.9	54.8	50.5	27.8	22.7	0	100cm	
Sondeo Nº182	ARCILLA LIMOSA COLOR CAFÉ OSCURA	38+000	340	LC	05/15/12	05/18/12	A-7-6 (2.4)	100%	100	100	100	100	100	100	100	98.1	92.9	74.5	39.1	23.3	15.8	100	150cm	
Sondeo Nº183	ARCILLA LIMOSA COLOR ROJA	37+800	341	A 2.50mts de LC L/DER	05/15/12	05/18/12	A-7-6 (10.4)	100%	100	100	100	100	100	100	100	97.5	94.1	72.5	41.2	24.0	17.2	0	60cm	
Sondeo Nº183	ARCILLA LIMOSA COLOR CAFÉ CLARO	37+800	342	A 2.50mts de LC L/DER	05/15/12	05/18/12	A-6 (3.2)	100%	100	100	100	100	100	100	100	96.4	91.9	65.6	33.8	15.8	18.0	60	150cm	
Sondeo Nº184	ARCILLA LIMOSA COLOR ROJA	37+600	343	A 2.50mts de LC L/IZQ	05/15/12	05/18/12	A-7-6 (10.9)	100%	100	100	100	100	100	100	100	98.4	94.6	70.5	44.4	26.2	18.2	0	40cm	
Sondeo Nº184	ARCILLA LIMOSA COLOR CAFÉ CLARO	37+600	344	A 2.50mts de LC L/IZQ	05/15/12	05/18/12	A-6 (3.2)	100%	100	100	100	100	100	100	100	97.2	91.4	59.5	38.8	21.1	17.7	40	150cm	
Sondeo Nº185	ARCILLA LIMOSA COLOR CAFÉ CLARO	37+400	345	LC	05/15/12	05/18/12	A-6 (3.2)	100%	100	100	100	100	100	100	100	96.6	90	55.2	37.5	19.4	18.1	0	150cm	
Sondeo Nº186	ARCILLA COLOR CAFÉ CLARO	37+100	346	A 2.50mts de LC L/DER	05/15/12	05/18/12	A-7-6 (20.0)	100%	100	100	100	100	100	100	100	98.6	95.4	90.0	84.8	50.6	34.2	0	150cm	

Fuente: TEC&CIA.

ANEXO 5.2

Tabla 16. Clasificación de suelo según AASHTO M-145 para Bluefields – San Francisco.

N° Muestra	Estación	Granulometría			LL	LP	IP	Clasificación	IG
		10	40	200				H.R.B	
1	72+600	44.2	34.2	25.4	37.3	19.1	18.2	A-2-6	-0.9
5	72+400	35.3	21.7	16.2	40.1	23.3	16.8	A-2-6	-3.7
10	72+200	47.2	40.2	34.5	42.9	24.4	18.5	A-2-7	1.6
15	71+600	53.2	40.6	28.1	51.2	29.1	22.1	A-2-7	-0.2
20	71+000	48.1	41	33.9	44	24.5	19.5	A-2-7	1.6
25	70+600	50.7	46.8	43.7	40	18.9	21.1	A-6	4.9
30	70+200	87.9	67.2	47	73.6	39.5	34.1	A-7-5	12.1
35	69+800	35.7	24.2	18	35.3	19.2	16.1	A-2-6	-2.8
40	69+400	38.5	29.5	22.1	42.5	21.1	21.4	A-2-7	-1.9
45	69+000	84.2	69.5	59.4	51.4	25.2	26.2	A-7-6	13.5
50	68+400	43.6	42.3	40.5	61.7	30.7	31	A-6	7.1
55	68+000	98.9	96.4	92.5	62.4	38.3	24.2	A-7-5	28.9
60	67+400	99.3	96.1	82.6	72.5	43.9	28.6	A-7-5	29.8
65	67+000	98.9	95.1	87.6	58.6	32.5	26.1	A-7-5	27.1
70	66+400	16.9	12.2	9.4	45.1	22.6	22.5	A-2-7	-6.5
75	66+000	98.1	93.8	84.9	55.6	27.3	28.3	A-7-6	26.7
80	65+400	46.8	40	36.4	58.5	35.4	23.1	A-2-7	3.2
85	65+000	90.8	77.7	62.5	56.8	30.1	26.7	A-7-5	15.7
90	64+600	94.5	88.3	74.9	61.2	38.4	22.8	A-7-6	19.9
95	64+200	27.2	23.6	20.1	47	25	22.2	A-2-7	-2.9
100	63+800	95	83.2	69.9	62.2	37.9	24.3	A-7-5	18.7
105	63+400	96.2	88.8	70.6	77.3	44.2	33.1	A-7-6	26.6
110	62+800	48.8	42.1	34.5	58.5	35.5	23	A-2-7	2.4
115	62+400	44.1	36.5	30.2	58.4	32.4	26	A-2-7	1.0
120	62+000	97.8	91.9	76.9	73.8	40.4	33.4	A-7-5	29.9
125	61+400	96.2	83.3	68.1	59.2	30.7	28.5	A-7-5	19.6
130	61+000	97.9	90.3	75.6	77.7	42.8	34.9	A-7-5	30.9
135	60+400	96.6	98.6	74	58.4	37.7	20.7	A-7-5	17.7
140	60+000	95.8	86.6	69.8	78.4	45.3	33.1	A-7-5	26.3
145	59+400	97.7	87.1	63.6	69	38.3	30.7	A-7-5	19.9
150	59+000	94.1	73	55.7	74.5	31.1	43.4	A-7-5	21.3
155	58+400	88	70.3	45.6	62.6	22.8	39.8	A-7-6	12.4
160	58+000	90.1	76.5	50.9	67.1	32.2	34.9	A-7-5	14.3
165	57+600	93.7	74.2	58.1	60.9	30.3	30.6	A-7-5	15.9
170	57+000	94.2	89.9	76.2	58.1	31.3	26.8	A-7-5	22.3
175	56+600	97.5	92.7	77.5	64.7	30	34.7	A-7-5	29.2

180	56+000	94.2	87.6	69.3	56.7	28.2	28.5	A-7-6	19.8
185	55+600	94.4	90.3	77	59.9	27.2	32.7	A-7-6	26.7
190	55+200	95	91.8	75.8	60	29.7	30.3	A-7-6	24.6
195	54+600	88.7	78.9	69.7	52.6	26.4	26.2	A-7-6	18.0
200	55+000	93.3	88	71.7	79.6	39.7	39.9	A-7-5	31.6
205	54+400	90.3	77.2	70.3	58.5	35.4	23.1	A-7-5	17.6
210	54+000	90.8	77.7	62.5	56.8	30.1	26.7	A-7-5	15.7
215	53+400	95.5	84.9	61.3	69	38.3	30.7	A-7-5	18.7
220	53+000	93.1	76.1	55.4	73.6	37.3	36.3	A-7-5	18.1
225	52+400	86.5	70.7	49.3	62.1	26.2	35.9	A-7-6	13.3
230	52+000	93.1	78.8	57.7	66	34.7	31.3	A-7-5	16.6
235	51+600	92.2	74.3	59.2	65.7	35.1	30.6	A-7-5	17.1
240	51+000	91.9	79.4	65.1	67.3	35.1	32.2	A-7-5	21.3
245	50+600	96.7	90.6	77.3	62.4	34.2	28.2	A-7-5	24.5
250	50+000	95.8	87.1	72.7	53.8	21	32.8	A-7-6	23.3
255	49+400	66.4	62.6	54.7	59.5	31.3	28.2	A-7-5	13.1
260	48+800	60.6	54.1	41.7	74.3	36.8	37.5	A-7-5	9.8
265	48+000	86.1	79.6	70.8	52.8	34.7	18.1	A-7-5	14.0
270	47+200	96	87.8	71.4	49.9	28.3	21.6	A-7-6	15.6
275	46+600	77.5	73	61.9	51.9	28.2	23.7	A-7-6	13.4
280	46+000	95.4	86.6	72.2	50.3	29.4	20.9	A-7-6	15.6
285	45+600	96.8	91	87.4	76.1	18	58.1	A-7-6	54.8
290	45+000	97	91.3	82.7	75.2	23.4	51.8	A-7-6	46.2
295	44+200	84.4	78.3	73.8	46.9	27.4	19.5	A-7-6	14.7
300	43+800	81.4	70.7	58.1	40	28.8	11.2	A-6	5.1
305	43+200	82.2	70.5	55	45.6	20.3	25.3	A-7-6	10.7
310	42+600	95.3	81.9	61.6	53.5	33.6	19.9	A-7-5	11.7
315	42+000	69.7	58	32.5	31.9	17.1	14.8	A-2-6	0.4
320	41+400	83.8	64.8	60.9	52.2	37.2	15	A-7-5	9.1
325	40+800	65.1	56.4	40.9	21.6	12.6	9	A-4	0.4
330	40+400	94.1	84.8	66.2	61.9	28.1	33.8	A-7-6	21.8
335	39+800	70.3	59	21	33.4	20.5	12.9	A-2-6	-2.2
340	39+200	98.1	92.2	78.2	55	27.7	27.3	A-7-6	22.8
345	38+400	95.6	88.6	57	49.1	26.6	22.5	A-7-6	10.7
350	37+800	96.4	91.9	65.6	33.8	15.8	18	A-6	9.2

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 5.3

Tabla 17. Información básica sobre los bancos de Materiales

No.	Banco	Ubicación	Material	Volumen m ³	Uso
1	Pedreira	La Pedreira a 3 km, de la Estación 74+200, con buen acceso N1330547 W197085	Grava y cascajo	45000	Revestimiento y base se deberá explotar del centro
2	Pool No.2	En el Noroeste de la ciudad de Bluefields y a 3.5 km del inicio del proyecto.	Grava tipo cascajo, limo, arcilloso	55000	Revestimiento y base
3	Sta. Matilde	No se permitió la entrada.	Grava arcillosa		Revestimiento y base
4	Walpatara		Grava arcillosa		Rellenos
5	Miguel Flores	Estación 65+800, un km a la izquierda.	Arcilla	10000	Rellenos
6	Melvin Talley	Finca de Melvin Talley, a 1km banda izquierda.	Arcilla	10000	Revestimiento y base
7	Caño Blanco	Estación 66+600 y 7km a la izquierda de la línea central.	Grava limosa	120000	Revestimiento y base
8	Las Breñas	Estación 39+200 y a 300 metros a la derecha de la línea central. Finca José Rocha.	Arena Grava Limosa	Mayor a 100000	Revestimiento y base
9	Arenera	Estación 38+400 a 200 metros de la línea central, lado derecho y a 35km de Bluefields Finca José Rocha.	Arena Limosa	100 000	Subbase

Fuente: TEC&CIA.

ANEXOS DEL CAPITULO VI

ANEXO 6.1

Pruebas de revenimiento según ASTM C143

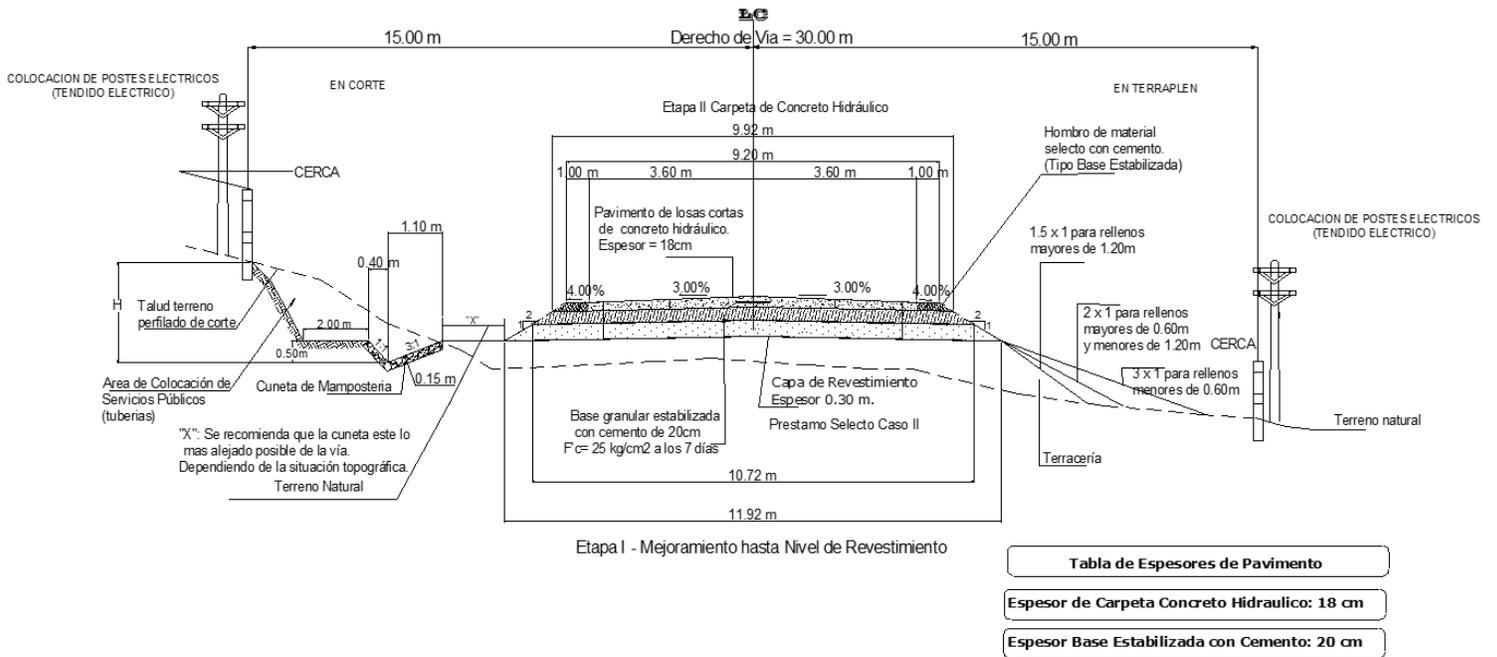
Procedimiento

1. Colocar el cono húmedo y limpio sobre una superficie nivelada plana y no absorbente.
2. Llenar el cono con el concreto fresco con tres capas de igual volumen, con la capa superior rebozada por encima del cono. Varillar cada capa 25 veces. Sostener el cono firmemente en lugar durante el llenado y varillado.
3. Después que la última capa ha sido varillada, enrase el concreto al mismo nivel que el borde superior del cono y remover el concreto que ha caído de alrededor de la base del molde.
4. Levantar el cono en un movimiento suave y vertical sin torsión y medir el revenimiento del cono en el centro de la parte superior desplazada hasta el $\frac{1}{4}$ pulgada más cercana.

ANEXO 6.2

Imagen 26. Sección Típica

SECCION TIPICA RURAL

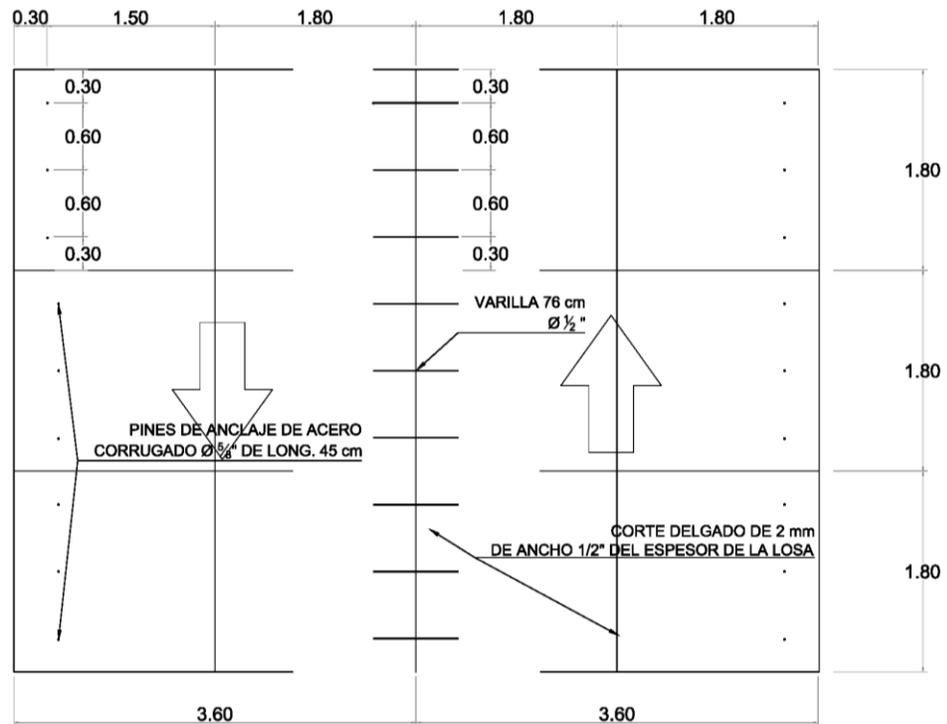


Fuente: Departamento de Pre inversión, Ministerio de Transporte e Infraestructura.

ANEXO 6.3

Sección Típica Rural Modulación de Losa (Vista de Planta)

Imagen 27. Detalle de colocación de acero



Fuente: Departamento de Pre inversión, Ministerio de Transporte e Infraestructura.

ANEXOS DEL CAPITULO VII.

ANEXO 7.1

Tipos de Aditivos

Inclusores de aire: se trata de aditivos que combinan los efectos de reducir agua de mezclado e incluir levemente aire. Esos efectos otorgan una mayor vida útil al tener mayor resistencia al ciclo hielo-deshielo. Generalmente se evalúa previamente la posibilidad de obtener el comportamiento requerido modificando el diseño de mezclas, evaluando la opción económicamente más favorable.

Membrana de curado: es una emulsión acuosa de parafina que forma, al aplicarse sobre el concreto o mortero fresco, una película impermeable que evita la pérdida prematura de humedad para garantizar un completo curado del material.

Aditivos minerales: son materiales naturales o subproductos industriales pulverizados que mejoran o transforman algunas de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido reduciendo sus costos. Estos pueden ser de materiales cementantes, materiales puzolánicos y materiales nominalmente inertes.

ANEXO 7.2

Técnicas de curado

Las diversas técnicas de curado buscan siempre conseguir tres objetivos fundamentales:

- Mantener la humedad durante el proceso de endurecimiento del concreto.
- Reducir la pérdida de agua en la superficie de la mezcla.
- Acelerar el aumento de la fuerza utilizando el calor y la humedad adicional

Curado con agua

Cuando se decide curar el concreto con agua, se debe tener en cuenta aspectos económicos, disponibilidad del agua, mano de obra, y otros factores que afectan directamente el costo de tal actividad para cada caso en particular

Entre las formas de curado con agua se tienen:

Anegamiento o inmersión: consiste en la inmersión total en agua de la unidad de concreto ya terminada. El agua de curado no debe ser más fría de 11⁰ C que el concreto, ya que el posible desarrollo de esfuerzos por temperatura en la superficie puede causar agrietamiento.

Rociado de niebla o aspersion: el rociado de niebla o aspersion se realiza mediante boquillas o aspersores que proporcionan un curado de excelente calidad.

Costales, mantas de algodón y alfombras: estas herramientas retienen el agua sobre la superficie del concreto y las mismas deben estar libres de cantidades dañinas y de sustancias como azúcar o fertilizantes.

Curado con tierra: el curado con tierra mojada se ha empleado desde hace tiempo con resultados exitosos en losas pequeñas o pisos. Lo esencial de este método es garantizar que la tierra esté libre de partículas con tamaños mayores a los 25 mm y otras sustancias dañinas para el concreto.

Curado con arena y aserrín: se usa del mismo modo que la tierra mojada, teniendo más cuidado con las sustancias dañinas que puede contener el aserrín.

Curado con paja o heno: estos materiales pueden utilizarse para curar el concreto pero corren el riesgo de ser levantados por el aire, cuando se emplea esta técnica se debe procurar que la capa aplicada tenga por lo menos 150 mm de espesor.

Curado con materiales selladores.

Los materiales selladores son hojas o membranas que se colocan sobre el concreto para reducir la pérdida de agua por evaporación. Cuando se impide la pérdida de humedad mediante el sellado, existen menos posibilidades de que el concreto se seque antes de tiempo. En regiones áridas son particularmente útiles para el curado de trabajos planos sobre un terreno de desplante húmedo para el concreto estructural masivo.

Entre los materiales selladores más comunes se encuentran:

Película plástica: es de peso ligero y se encuentra en hojas transparentes, blancas o negras; esta debe colocarse sobre la superficie mojada del concreto fresco lo más rápido posible, sin dañarla y cubriendo todas las partes expuestas, se debe colocar plana y sin arrugas para minimizar la decoloración que ocasiona el moteado, además se deben poner franjas de arena o tierra para retener la humedad en el concreto y evitar que el viento penetre bajo la película y la levante.

Papel impermeable: está compuesto de dos hojas de papel kraft unidas entre sí mediante un adhesivo bituminoso, e impermeabilizadas con fibras. La mayoría de hojas que se emplean en el curado son tratadas para reducir el grado de expansión y contracción al que son sometidas al mojarse o secarse. El papel impermeabilizante se puede utilizar dos veces, siempre y cuando conserve la capacidad de retardar eficazmente la pérdida de humedad en el concreto.

Curado en diferentes climas

Existen también formas de curado en dependencia del clima al que se encuentra expuesto el concreto, así, se debe proteger de la congelación y de temperaturas muy elevadas que pueden afectar las propiedades del concreto desde la mezcla. Por lo anterior se tiene, protección y curado en clima frío, curado en clima cálido y curado con vapor a baja presión o a presión atmosférica.