



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

“Método Constructivo de Losas Cortas en Pavimentos de Concreto Hidráulico”

Elaborado por

Br. Róger Antonio López Rosales
Br. Manuel Salvador Uriarte Castellón

Tutor

Ing. Jennyffer Berenice Villanueva Ortiz

Managua, 2013



DEDICATORIA

A mi familia por el apoyo brindado durante el desarrollo de la Carrera y fase de elaboración de esta Monografía.

A Ing. Berenice Villanueva, tutora que me ayudó y apoyó para lograr alcanzar los objetivos propuestos, compartiendo sus conocimientos como profesional en el diseño y construcción de Pavimentos.

Al INCYC por su valiosa ayuda, guía y apoyo para la elaboración y Culminación de la Monografía.

A MTI, INETER, ALMA y a todas las empresas que nos facilitaron información y medios para concretar nuestro trabajo.

DEDICATORIA

En primer lugar a Dios, por brindarme vida y capacidad para finalizar esta tarea emprendida, ya que sin su ayuda ninguna meta puede ser alcanzada.

A mi familia por la comprensión y estímulo que garantizaron durante el desarrollo de la carrera y fase de elaboración de la Monografía.

A Ing. Jennyiffer Berenice Villanueva Ortiz, tutor que me guio, ayudó y apoyó efectivamente hasta alcanzar los objetivos propuestos, compartiendo sus conocimientos como profesional construcción de Pavimentos.

Al INCYC por su valiosa ayuda, guía y apoyo para la elaboración y Culminación de nuestra Monografía.

A M.T.I., A.L.M.A., I.N.E.T.E.R. y a todas las empresas que brindaron información y medios para concretar mi trabajo.

RESUMEN DEL TEMA

En los últimos años, el estudio de las losas de concreto y su comportamiento han dado como resultado la aplicación de nuevas tecnologías para el diseño de carreteras.

Este documento se centrará en solo una de estas nuevas tecnologías, las losas cortas. El cual consiste en reducir las dimensiones de las losas tradicionales. Debido a este redimensionamiento se pueden usar espesores menores en las capas de concreto para las carpetas de rodadura gracias a la disminución de los esfuerzos presentados en las losas, con esto se consigue eliminar la necesidad del uso de acero y se reducen los costos de construcción.

Con el presente documento se pretende redactar una guía constructiva explicando los pasos y métodos utilizados al hacer uso de esta tecnología, así como las especificaciones técnicas generales que permitan a los profesionales asegurar la calidad de la construcción. Como apoyo a esto se realizará un análisis técnico-económico con el software HDM-4 que muestre los beneficios sobre otras tecnologías utilizadas comúnmente en proyectos de carreteras, como los son los pavimentos de asfalto y los pavimentos de concreto hidráulico con losas convencionales.

En el capítulo I se brindarán algunas nociones básicas sobre pavimentos, su definición y tipo enfocándose principalmente en los pavimentos de concreto hidráulico. Además de eso se hablará brevemente sobre la calidad de construcción de este tipo de pavimentos.

Luego en el Capítulo II se describirá el Proceso Constructivo recomendado para la implementación de la tecnología Losas Cortas en Pavimentos de Concreto Hidráulico.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Recinto Universitario “Pedro Arauz Palacios”
Facultad de Tecnología de la Construcción

En el Capítulo III se muestran algunas recomendaciones para la modificación e inclusión de ciertos artículos en la *sección 501 de las Especificaciones Generales para la construcción de Caminos, Calles y Puentes, “NIC-2000”*, el cual estipula los parámetros mínimos aceptables para controlar la calidad de las obras de pavimentos rígidos en el país.

A continuación en el Capítulo IV se muestra una descripción de los pasos, datos y cálculos necesarios para la realización de un análisis técnico-económico en proyectos de carretera haciendo usos del Software HDM-4.

Finalmente en el Capítulo V se muestran las conclusiones y recomendaciones que surgieron luego de obtener los resultados de este trabajo investigativo.

ÍNDICE

Introducción	1
Objetivos del Tema	2
Justificación	3
I. Capítulo I. Marco Teórico	4
I.I. Descripción General de los Pavimentos.....	5
I.I.I. Pavimento.....	5
I.I.II. Tipos de Pavimentos.....	5
I.I.III. Estructura física de pavimentos:	5
I.I.IV. Pavimento de Concreto Hidráulico	6
I.I.V. Tipos de pavimentos de concreto hidráulico	6
I.II. Calidad en la construcción de pavimentos de concreto hidráulico	7
II. Proceso Constructivo para Losas Cortas	8
II.I. Producción del Concreto	9
II.I.I. Materia prima.	9
II.II. Logística general de la obra	12
II.III. Procesos de colocación del concreto	15
II.III.I. Inicios de los trabajos.....	15
II.III.II. Equipos de formaleta fija	17
II.III.III. Colocación manual	20
II.III.IV. Equipo de formaleta deslizante	21
II.III.V. Transporte y entrega	26
II.IV. Acabados Superficial.....	28
II.V. Texturizado.....	29
II.VI. Curado.....	31
II.VII. Corte de juntas.....	34
II.VIII. Juntas de construcción.	37
II.VIII.I. Juntas transversales de contracción	38
II.VIII.II. Juntas transversales de construcción:.....	38
II.VIII.III. Juntas longitudinales.....	39



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Recinto Universitario “Pedro Arauz Palacios”
Facultad de Tecnología de la Construcción

II.VIII.IV. Juntas de separación y expansión	40
II.IX. Sello de Juntas	41
II.X. Verificación y Estudios Anexos a la Obra	41
II.X.I. Tramos de prueba	42
II.X.II. Calibración de Equipos	42
III. Especificaciones Técnicas	45
III.I. Descripción (a modificar)	46
III.II. Materiales (a modificar)	46
III.II.I. Agregado Fino.....	46
III.II.II. Agregado Grueso	48
III.II.III. Cemento Portland.....	49
III.III. Composición de la Mezcla (diseño de la mezcla de concreto) [a modificar]	50
III.III.I. Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.....	51
III.IV. Equipo (A incluir).....	52
III.IV.I. Equipos menores.....	52
III.V. Manipulación, Medición y Dosificación de los Materiales (a modificar) .	53
III.VI. Revoltura del Concreto (A modificar)	54
III.VII. Transporte de Concreto (A incluir)	55
III.VIII. Tolerancias (A incluir)	56
III.IX. Criterios de reparación (A incluir).....	56
III.X. Control de calidad (A incluir).....	57
III.X.I. Especímenes de prueba	57
III.X.II. Básculas.....	58
III.X.III. Ensayos característicos de obra y ejecución de tramos de prueba	58
III.XI. Esparcido, Consolidación y Acabado Finales (A modificar)	60
III.XII. Curado (A modificar)	60
III.XIII. Juntas (A modificar)	63
III.XIII.I. Confinamiento lateral.....	64
III.XIII.II. Junta pavimento – bordillo/cuneta	64

III.XIV. Protección del Pavimento	65
III.XV. Apertura al Tráfico	65
III.XVI. Aceptación	65
III.XVI.I. Resistencia a la Compresión	65
III.XVI.II. Trabajabilidad.....	66
IV. Capítulo IV. Análisis Técnico-Económico Con Hdm-4.....	67
IV.I. El HDM-4 como Herramienta de Ayuda para la Conservación de Carreteras.....	68
IV.II. Descripción del proyecto	69
Nejapa – Izapa	69
IV.III. Metodología	70
IV.III.I. El modelo HDM-4 como herramienta de Gestión de Pavimentos..	70
IV.III.II. Manejadores de datos	71
IV.III.III. Herramientas de análisis	72
IV.III.IV. Modelos del HDM-4.....	73
IV.IV. Esquema metodológico para la implementación de HDM-4 en la carretera NEJAPA-IZAPA.....	75
IV.IV.I. Requerimientos generales de información	75
IV.IV.II. Módulo Flota Vehicular.....	81
IV.IV.III. Calibración del módulo	82
IV.IV.IV. Módulo Estándares de Trabajos.....	86
IV.V. Análisis de Resultados Obtenidos Con el Modelo Hdm-4.	89
IV.V.I. Configuración e implementación de la herramienta ajustada a los requerimientos y condiciones presentes en la Carretera Nejapa-Izapa.	90
IV.V.II. Modelación del deterioro del pavimento sometido a diferentes alternativas de intervención.....	90
IV.VI. Análisis y Presentación de Resultados	92
IV.VI.I. Resultados obtenidos de las Alternativas planteadas en HDM-4. .	92
IV.VI.II. Análisis Preliminar de Resultados	94
V. Capítulo IV. Conclusiones y Recomendaciones	95
V.I. Proceso constructivo para losas con geometría optimizada.....	95



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Recinto Universitario “Pedro Arauz Palacios”
Facultad de Tecnología de la Construcción

V.II. Especificaciones técnicas.....	95
V.III. Análisis técnico-económico con hdm-4.....	96
Bibliografía.....	97
Anexo 1: Proceso Constructivo Losas Cortas	98
Anexo 2: Resultados De Análisis Hdm-4	101
Anexo 3: Red De Carreteras Nejapa-Izapa	123
Anexo 4: Costos Económicos y Financieros	128
Anexo 5: Flota Vehicular.....	133
Anexo 6: Estándares De Mejora Y Conservación	162

INTRODUCCIÓN

En Nicaragua, al igual que la mayoría de los países centroamericanos, el uso de pavimentos de concreto hidráulico aún no es masivo en las construcciones de carreteras. Esto por los altos costos iniciales que requieren este tipo de pavimentos comparados con los pavimentos flexibles.

Los Pavimentos de concreto hidráulico son aquellos formados por una losa de concreto de cemento Portland sobre una base, o directamente sobre la subrasante. Transmite directamente los esfuerzos al suelo en una forma minimizada y es auto-resistente.

En la actualidad se ha comenzado a implementar el uso de una nueva tecnología en pavimentos de concreto hidráulico, como es la tecnología de losas cortas. Se espera que esta tecnología permita reducir los costos constructivos y mantener una resistencia estructural adecuada para los niveles de servicio requeridos en las vías terrestres del país.

El método constructivo de losas cortas en pavimentos de concreto hidráulico, es efectivamente un método innovador desde el punto de vista de su aplicación, considerando que en años anteriores se han construido pavimentos de concreto hidráulico con losas cortas pero de forma casi empírica, restringiendo hasta ahora su aplicación a carreteras con bajo tráfico.

Su bajo costo económico y buen desempeño han sido demostrados en países como Chile y Panamá desde hace unos años, en Nicaragua apenas está comenzado a emplearse. El uso de Losas cortas en pavimentos de concreto hidráulico ha tenido mayor auge en Panamá que en el resto de Centroamérica.

En Nicaragua este método constructivo ha sido utilizado en:

- Mejoramiento de 16.1 kilómetros de camino de la ruta Rio Blanco- Siuna Rosita específicamente de la estación 245+100 a la 418+540.
- Empalme Puerto Sandino – Puerto Sandino 17 kilómetros.
- “Calles para el Pueblo”- Aproximadamente 13 kilómetros

Este documento monográfico pretende demostrar que los costos económicos de construcción y mantenimiento de Losas Cortas en Pavimentos de Concreto Hidráulico resultan inferiores comparados con otros tipos de pavimentos utilizados en el país.

OBJETIVOS DEL TEMA

- Objetivo General.
 - Realizar una guía constructiva del método de Losas cortas en pavimentos de concreto hidráulico.

- Objetivos Específicos
 - Elaborar un documento en el cual se presenten las normas y especificaciones técnicas para la construcción de pavimentos utilizando la tecnología de losas cortas.
 - Hacer uso del software de HDM-4 para realizar un análisis técnico-económico que permita comparar los costos y el comportamiento estructural de un pavimento utilizando la tecnología de losas cortas con otros tipos de pavimentos, específicamente asfálticos y rígidos con losas convencionales.
 - Comparar los costos de construcción y mantenimiento de la tecnología de losas cortas con pavimentos asfálticos e hidráulicos convencionales.

JUSTIFICACIÓN

Actualmente en nuestro país la mayoría de las carreteras son de pavimentos flexibles, sin embargo lentamente los pavimentos rígidos han tomado auge en los últimos años debido a su buen comportamiento estructural y a la casi nula necesidad de mantenimiento riguroso a lo largo de su vida útil.

A pesar de su elevado costo de construcción hace que la mayoría de los proyectos de carretera se decanten por utilizar pavimentos flexibles, la ventaja de los pavimentos rígidos sobre los pavimentos flexibles ha sido demostrada en numerosas publicaciones por lo que solo expondremos a continuación algunos beneficios al utilizar pavimentos rígidos en la construcción de carreteras:

- Mayor duración.
- Mayor soporte a cargas pesadas.
- Menor gasto de mantenimiento.
- Mejora la visibilidad nocturna.
- Aumenta la seguridad en carreteras de vehículos y peatones.
- Reduce la cantidad de energía para una iluminación similar y menor temperatura.
- Materia prima para realizar concreto se produce en Nicaragua.

En los últimos años se han realizado diversos estudios para la creación de nuevas tecnologías de pavimentos rígidos que permitan reducir los costos de construcción y mantener la resistencia estructural. Una de estas tecnologías son las losas cortas, las cuales reducen los costos constructivos al hacer menor uso de concreto y de acero.

Dado que en Nicaragua se está comenzado a utilizar la tecnología de losas cortas en pavimentos de concreto hidráulico es necesario definir la metodología constructiva y especificaciones técnicas teniendo en cuenta las condiciones que se presentan en el país, de modo que se asegure la calidad de las construcciones de las distintas carreteras en donde se utilice esta tecnología.

Este documento beneficiará a estudiantes y profesionales que estén involucrados en la construcción de carreteras con pavimentos rígidos, dado que les servirá como una guía y de apoyo para asegurar la correcta ejecución de los procesos constructivos, así mismo les ayudará en el aseguramiento del cumplimiento de la calidad de la obra con los parámetros mínimos aceptables presentados en el capítulo de especificaciones técnicas.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Recinto Universitario “Pedro Arauz Palacios”
Facultad de Tecnología de la Construcción

I. CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

I.I. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS PAVIMENTOS

I.I.I. PAVIMENTO

Estructura simple o compuesta que tiene una superficie regularmente alisada destinada a la circulación de personas, animales y/o vehículos.

Su estructura es una combinación de capas de agregados con una gradación de resistencia creciente hacia la superficie de rodadura, colocada sobre un terreno de fundación resistente a las cargas, a los agentes climatológicos y a los efectos abrasivos del tránsito.

Las capas de acuerdo a su función estructural están constituidas por material resistente que según su función pueden contener o no material ligante.

I.I.II. TIPOS DE PAVIMENTOS

- Pavimentos Asfálticos (PA)
- Pavimentos de Concreto Hidráulico (PCH)
- Pavimentos Compuestos (Mixtos)

I.I.III. ESTRUCTURA FÍSICA DE PAVIMENTOS:

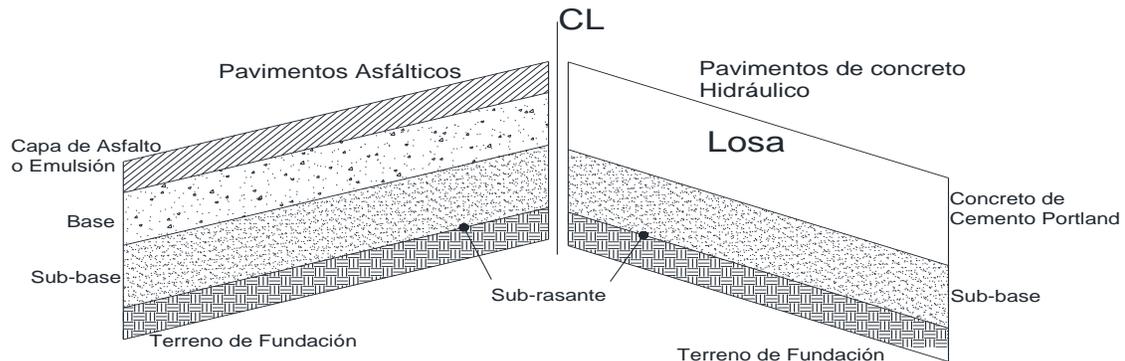


Figura 1. Componentes estructurales de los pavimentos Asfálticos y de Concreto Hidráulico

De acuerdo al volumen de tránsito, para autopistas o autovías se intercala en pavimentos rígidos una capa de base o base estabilizada, siendo preferible esta última.

I.I.IV. PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO

Un pavimento de concreto hidráulico o pavimento rígido consiste básicamente en una losa de concreto simple o armado, apoyada directamente sobre una base o subbase. La losa, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, absorbe gran parte de los esfuerzos que se ejercen sobre el pavimento lo que produce una buena distribución de las cargas de rueda, dando como resultado tensiones muy bajas en la Subrasante.

Características principales del Pavimento de Concreto Hidráulico (PCH):

- Estar previsto para un período de servicio largo.
- Prever un bajo mantenimiento.

Factores Principales que influyen en la funcionalidad de los pavimentos de concreto hidráulico

- Tráfico.
- Clima.
- Geometría del Proyecto (Diseño Vial).
- Posición de la estructura.
- Construcción y Mantenimiento.

I.I.V. TIPOS DE PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO

Los diversos tipos de pavimentos de concreto pueden ser clasificados, en orden de menor mayor costo inicial según la Asociación de Productores de Cemento del Perú, de la siguiente manera¹:

- Pavimentos de concreto simple.
 - Sin pasadores.
 - Con pasadores.
- Pavimentos de concreto reforzado con juntas.
- Pavimentos de concreto con refuerzo continuo.

¹ Boletín técnico N0 81 de la Asociación de Productores de Cementos del Perú (ASOCEM).

I.II. CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO

La calidad de la construcción de los pavimentos de concreto, y de los pavimentos en general, es crucial para alcanzar el desempeño esperado a lo largo de la vida útil del mismo. La calidad con la que se construyen cada una de las etapas, desde la preparación de la sub -rasante hasta las operaciones de acabado, tienen un efecto significativo sobre el desempeño del pavimento.

Es preciso señalar que un buen diseño de mezcla o un buen diseño estructural del pavimento no compensan una mala construcción, ni viceversa. Todos los procesos constructivos deben corresponderse con lo plasmado en el diseño y estar acompañados de su respectivo control de calidad.

La construcción de pavimentos de concreto puede definirse como una combinación de ciencia y arte, debido a que la misma puede hacerse de muchas formas diferentes, cada una de las cuales puede ser apropiada para una combinación específica de factores, entre los cuales podemos mencionar: la envergadura del proyecto, el plazo de ejecución del proyecto, el espesor del pavimento, las condiciones ambientales, los materiales, el equipo, etc. Es aquí donde entra en juego la habilidad de los ingenieros, “El Arte”, para delimitar, seleccionar, planificar y ejecutar las mejores prácticas posibles en la ejecución del proyecto.

Aunque la construcción de pavimentos de concreto puede variar según la logística de la obra, en la mayoría de los casos pueden identificarse los siguientes procesos: Preparación del terreno, elaboración de la mezcla de concreto, transporte, colocación y consolidación del concreto, nivelación o enrasado, acabado y texturizado, curado y corte y sello de juntas.

II. PROCESO CONSTRUCTIVO PARA LOSAS CORTAS

La construcción de un pavimento de concreto es una obra de alta complejidad y responsabilidad, significa de hecho diseñar una logística de obra apropiada para alcanzar un suministro continuo y sostenido de concreto al frente de pavimentación, atendiendo elevadas producciones típicas de estas tecnologías, con calidad adecuada y homogénea. El principio fundamental a tener en cuenta tanto en la producción, suministro y colocación de concreto para pavimentos rígidos es la uniformidad, debiendo entenderse la uniformidad como el parámetro de calidad.

Cada una de las etapas a considerar tiene dentro de sí una serie de variables, que a su vez afecta el siguiente proceso, sin embargo se puede describir el procedimiento constructivo dentro de los siguientes pasos:

- i. Estudio y discusión de las especificaciones y planos del proyecto
- ii. Estudio de los materiales por emplear
- iii. Determinación del número de camiones y su tipo para el transporte de mezclas
- iv. Selección de equipos de construcción
- v. Selección del sitio para ubicar dentro del proyecto general la planta de mezclado

Este capítulo se centrará en los procesos constructivos para losa de geometría optimizada (losas cortas). Se tratarán trabajos preparatorios y la calibración de los equipos que se van a emplear, y se hará una explicación detallada de las secuencias constructivas principales, tales como la producción, el tendido, el texturizado y el curado del concreto así como también se describirán los trabajos de preparación de juntas; en tanto los ítems (ii) se describirá bajo el sub tema Producción y Suministro del Concreto, describiendo esto a rasgos generales, pues los mayores detalles estarán enfocados hacia el tema que nos interesa, analizado bajo el sub tema Colocación de Pavimentos de Concreto Hidráulico.

En la página número 99 del Anexo 1, puede verse un flujograma con los pasos necesarios en la construcción de un pavimento de concreto utilizando la tecnología de losas cortas.

II.1. PRODUCCIÓN DEL CONCRETO

II.1.1. MATERIA PRIMA.

Se incluye dentro de esta etapa, tanto la determinación y escogencia de los componentes de la mezcla, así como su proporcionamiento (diseño de mezcla). La etapa de estudio de mezclas es crítica para el proyecto, pues en ella se valoran distintas dosificaciones para cada tipo de agregados previamente analizados en los bancos de explotación aprobados. El estudio de mezclas debe comenzar con suficiente antelación con respecto al inicio físico de la producción de concreto en obra; con ello se busca obtener dosificaciones de mezcla aceptables para el proyecto, con sus variaciones en propiedades más relevantes, como pueden ser:

- a) Estudio de cementos (pruebas físicas y análisis químico).
- b) Estudio integral de agregados (propiedades físicas y químicas).
- c) Estudio de agua, considerando todas las posibles fuentes de suministro.
- d) Tiempos de fraguado en mezclas de concreto.
- e) Resistencia a la compresión simple, $f'c$.
- f) Resistencia a la tensión por flexión.
- g) Evaluación de los diferentes aditivos por emplear, de acuerdo con normas vigentes.

De esta lista, en las primeras etapas se deben evaluar con prioridad inmediata los incisos (a) a (f). Prácticamente se puede obtener un catálogo de diseño de mezclas, con varias combinaciones, para cada banco aprobado o propuesto. Este tipo de información será muy útil para la toma oportuna de decisiones durante el proceso de fabricación del concreto en la planta de mezclado continuo ya en el sitio, pues en dicho proceso se manejan altos volúmenes de material y, en ocasiones, las fuentes de suministro de las materias primas no necesariamente tienen la misma procedencia u origen, lo cual podría representar problemas para la uniformidad en la producción del concreto.

El concreto es un material compuesto, con características que se perturban en conformidad con las variaciones propias de aquellas correspondientes a sus elementos constitutivos, así como de las condiciones de producción. Seguidamente se describen algunos criterios de selección, características y posibles incidencias de estos componentes:

Cemento: Dependiendo del contenido de las materias primas se obtienen diferentes tipos de cemento. En cuanto a los concretos para pavimentos de concreto, los parámetros de común interés y control son el fraguado, fundamental respecto al traslado y acabado; resistencia y retracción entre otros.

También es conveniente que las especificaciones definan claramente valores admisibles para el contenido potencial de aluminato tricálcico y regularidad en la manejabilidad del mortero normalizado. Es importante tener en cuenta que estas propiedades varían a lo largo del tiempo, por lo cual en el transcurso de ejecución de la obra se deberán controlar periódicamente.

Agua: Como regla general se asume que el agua debe ser potable, sin embargo dentro de los controles básicos se deberán verificar las cantidades de sales disueltas, su origen y condiciones de almacenamiento en planta. Es importante tomar recordar que el agua podrá ser utilizada tanto en la producción como en otras tareas como el corte de losas y lavado de camiones, entre otras.

Agregados finos: Al contrario de lo que sucede con el cemento, que debe ser de producción reciente, el abastecimiento de los agregados debe hacerse con suficiente antelación. Deben ser limpios, especialmente libre de arcilla, limo y otras sustancias peligrosas susceptibles de hidratación en presencia de agua que afecten al concreto tanto en sus estado fresco como endurecido. La granulometría de los agregados finos tiene gran influencia en la manejabilidad del concreto fresco, ya que la naturaleza y la forma de las partículas finas influyen en la consistencia de los bordes de la losa y en la retención de agua. Un parámetro adicional de este material es que debe ser resistente al desgaste, en especial la fracción menor de 1mm, pues formará parte de la superficie inmediata de rodamiento, la cual estará directamente sometida a abrasión constante.

Agregados Gruesos: Deben responder a criterios de pureza, forma, dureza, y al igual que los agregados finos, la resistencia al desgaste deberá estar en función del tráfico. De estos depende la resistencia mecánica, la resistencia al desgaste y la aptitud al corte del concreto joven. Se debe tener especial cuidado con el transporte y almacenamiento a fin de evitar concentraciones de partículas finas o gruesas que incidirían severamente en la calidad del concreto fresco y del pavimento final.

Aditivos: Generalmente se trata de químicos muy activos, aplicados en estado fresco tanto integral como superficialmente, son empleados en dosis muy pequeñas, sin embargo pueden tener gran influencia en el comportamiento del concreto y a su vez en el pavimento hidráulico.

La implementación de los aditivos siempre es muy interesante o indispensable inclusive, pero si no son administrados correctamente, se pueden perder sus beneficios o hasta resultar en perjuicios, por ello no debe ser utilizados sino después de verificar sus ventajas mediante ensayos de laboratorio y cuando sea posible, una reproducción industrial previa a la producción en serie.

Dosificación del concreto: Deberá buscarse la óptima composición de los constituyentes, no solo por razones económicas sino también por razones técnicas. Las características y comportamiento de la mezcla calculada están estrechamente relacionadas con el procedimiento y condiciones de colocación, puesto que toda insuficiencia del concreto fresco, disminuye la eficiencia de la puesta en obra y conlleva sistemáticamente una mala calidad del pavimento.

Según las condiciones y requerimientos de colocación, las variaciones más destacadas del concreto fresco a considerar son:

- **Trabajabilidad:** Puede variar desde 2.5 cm hasta 12 cm. En caso de pavimentadoras, donde la formaleta es deslizante generalmente se especifican revenimientos de 2.5 cm hasta 7.5 cm, en caso de colocación manual con formaletas fijas serán necesarias mezclas al menos de 8cm o hasta 12cm como máximo recomendable. El cono de Abrahams se muestra en la figura 2.



Figura 2. Determinación del Revenimiento del Concreto mediante Cono de Abrahams

- Resistencia a compresión y resistencia a tracción por flexión: Regularmente la resistencia a compresión no se especifica como primer parámetro de control, sin embargo es conveniente un control sistemático de este parámetro de forma paralela a la resistencia a Flexión. Este último parámetro oscila desde 36kg/cm² hasta 50kg/cm² en casos excepcionales, dependiendo del requerimiento del tráfico.
- Edades requeridas y tiempos de fraguado: Tradicionalmente los concretos son especificados para adquirir su resistencia de diseño a los 28días, sin embargo para casos especiales, serán necesarias edades menores. Cuando se usan acelerantes de fraguado deben ser administrarse correctamente, de forma recomendable acompañados por retardantes a fin de no afectar las labores de colocación y acabado.

II.II. LOGÍSTICA GENERAL DE LA OBRA

La selección del sitio de almacenamiento de materiales obedece a limitantes técnicas y ventajas económicas, que siempre se busca disminuir cuanto sea posible la distancia entre la planta de producción y los puntos de colocación de la mezcla. En algunas situaciones, cuando el tramo por construir es inusualmente largo, se establecen diferentes localizaciones de la planta, tratando de que, en cada una, las distancias de traslados hacia ambos lados no superen los 20 minutos de recorrido.

Cualquier obra de pavimentación tendrá, independientemente de su tamaño, un centro de acopio de materiales para la producción de mezclas: agregados, cemento, agua, aditivos y equipos de transporte para el sitio de colocación. Tanto el tamaño del área para el centro de acopio como el número de vehículos será desde luego función de la magnitud de la obra. En la figura 3 se presenta una distribución organizada de los materiales y planta de concreto.



Figura 3. Distribución Organizada de los Materiales y Planta de Concreto para una adecuada logística de suministro.

El número de camiones para los diferentes suministros y para el transporte de mezcla es importante, por lo que los accesos a la planta tendrán que ser necesariamente fáciles y deberán ser mantenidos en buen estado durante la obra.

Antes del inicio de la producción formal del concreto, se debe contar en los patios de almacenamiento con suficiente cantidad de arena y de grava. Igualmente, los tanques de almacenamiento y los silos de cemento deben estar a su máxima capacidad. Es recomendable que siempre exista durante un día normal de trabajo material suficiente para 5 días, a fin de evitar retrasos por contingencias.

Los depósitos de agua en la planta deberán estar llenos, aun cuando se bombee agua de pozo o de otras fuentes de suministros, asegurando así que habrá agua para las condiciones óptimas de producción.

Es importante que los equipos de pesaje, dosificación, bandas, estén a punto y calibrados directamente en la obra. También se debe cuidar que haya la cantidad suficiente de termómetros para registrar temperaturas en materiales y concreto. Los ciclos de carga y descarga de la olla u ollas revolventoras de la planta pueden ser programados; sin embargo, en ocasiones no se puede tener un control perfecto del orden de entrada de los camiones que van a ser cargados.

Tanto dentro de la misma planta, como en puntos convenientes seleccionados, se deberán dejar áreas específicamente designadas para alojar mezclas desechadas o rechazadas. También se deben dejar áreas específicas para disponer el área de lavado en planta.

Es importante asignar un área donde se laven los camiones y el tambor mezclador, con objeto de no obstruir el tránsito normal de todos los vehículos que estarán operando. Los requisitos para la disposición final de los desechos de lavado pueden diferir de una localidad a otra, por lo que con antelación se deberá definir el área de lavado correspondiente.

El lavado de las cajas de los camiones se efectúa con la finalidad de remover cualquier residuo que se pudiera solidificar y que contamine u obstruya la descarga del concreto fresco, como lo muestra la Figura 4.



Figura 4. Limpieza periódica de los camiones volquetes y eliminación de residuos de concreto,

Lo mismo en la planta que en los sitios de colocación de concreto, deberá haber personal de control de calidad para comunicar anomalías en materiales y procedimientos detectadas a simple vista o como resultado de los ensayos de laboratorio.

Todo el personal de control de calidad y de seguridad deberá contar de preferencia con equipo de comunicación portátil. Por otro lado, la dirección de la obra debe mantener un contrato estrecho con la estación meteorológica más próxima o montar una en el sitio.

II.III. PROCESOS DE COLOCACIÓN DEL CONCRETO

II.III.I. INICIOS DE LOS TRABAJOS

Antes de iniciar los trabajos de colocación, habrá que asegurar que ya se haya cumplido los siguientes requisitos previos:

- Funcionamiento del tren de pavimentación.
- Suficiente tramo de subbase o subrasante (capa de apoyo) para tender el concreto durante la jornada.
- Resultados del control de calidad de materiales de banco, almacén y de mezclas.
- Disponibilidad de todo el equipo auxiliar para la colocación del concreto, como son llanas manuales, cucharas y vibradores manuales.
- Comunicación por radio con el personal de la planta (recomendable).
- Pipas para el humedecimiento de la capa de apoyo.
- Verificación de la línea de control.
- Ubicación de la junta fría en su lugar correcto (caso de reinicio).
- Pronóstico del tiempo.
- Elementos como eliminación, protección contra lluvia, control de tránsito, etc.

Bajo la salvedad que en una obra nueva se deba realizar un tramo de prueba para afinar los equipos de pavimentación y los de producción, normalmente en un día convencional se deben muestrear al menos dos especímenes para comprobar la calidad de la construcción. En dichas mezclas se debe medir revenimiento, temperatura, pesos volumétricos y contenido de aire. A partir de los resultados que se obtengan de estas primeras pruebas de mezcla, se revisara la necesidad de realizar los ajustes pertinentes.

La carga de mezcla ajustada en los camiones dentro de la planta y su posterior depósito en el tramo constituyen el inicio formal de la pavimentación. Se debe considerar la frecuencia y número de camiones a la salida de la planta de producción.

En forma rutinaria conforme se vaya extendiendo el concreto, se deben ir revisando los siguientes aspectos:

- El comportamiento de la mezcla en términos de trabajabilidad.
- El mantenimiento consistente de la relación A/C.
- El control del revenimiento en dependencia del tipo de colocación² (A menos que el proyecto indique alguna tolerancia específica).
- La comparación de los revenimientos en planta y en el lugar de colocación, lo cual permite obtener una correlación confiable y determinar la influencia del transporte de la mezcla en este parámetro.
- La coordinación adecuada de la entrega del concreto; de esta manera se pueden hacer ajustes entre el avance del tren de pavimentación y los camiones que salen de la planta de producción.
- La medición de los espesores.
- La inspección de la condición superficial del pavimento.
- El ajuste del avance del tren de pavimentación acorde con los suministros de concreto.
- La medición de rendimiento

El cálculo de rendimiento es muy útil, es decir, los avances expresados en metros lineales, en metros cuadrados y en metros cúbicos. Esta práctica permite a la empresa contratista cuantificar con precisión los avances de acuerdo con los programas, y también ayudan a controlar el consumo de materiales de manera óptima.

Antes de proceder a los trabajos propiamente de colocación, se requiere contar con accesos perfectamente definidos, garantizando que no se afecten las capas de apoyo de la losa, ni se provoquen movimientos en las formaletas. Estos accesos tienen que ser conocidos por el personal de todas las instancias y niveles, de manera que la entrega sea ágil y eficiente.

² Ver sección “III.XIV. Aceptación” en Capítulo III. Especificaciones Técnicas

Como en cualquier técnica constructiva, es necesario que todas las operaciones de colocación se hagan de manera uniforme: colocado, vibrado, enrasado y terminado. Siempre se buscara aplicar una práctica uniforme para estas actividades. Con objeto de evitar segregaciones y problemas con el equipo de extendido, en todo momento se evitara colocar demasiada mezcla al frente. Con ello se elimina derrames a los lados de las formaletas.

Según las características del pavimento a construir, el concreto se puede colocar:

- Mediante la compactación del concreto con regla vibratoria, sostenida entre las formaletas.
- Por nivelación y compactación del concreto con equipo apoyado sobre formaletas fijas.
- Con un equipo de formaletas deslizantes.

Los tres procedimientos, a su vez, determinan los equipos de colocación y de cierta manera la evolución de las técnicas de construcción de los pavimentos de concreto, que ha pasado por:

- Formaletas fijas, con vibración y terminación manual.
- Formaletas fijas, con vibración y terminación mecánica.
- Equipos de formaletas deslizantes, posee un sistema de formaletas integradas y se desliza sobre ruedas u orugas.

II.III.II. EQUIPOS DE FORMALETA FIJA

Son utilizadas cuando los equipos de colocación del concreto no cuentan con formaletas deslizantes ejemplo: rodillos y cerchas vibratorias. Las formaletas deben tener una altura igual al espesor de la losa a construir y poseer la suficiente rigidez para no deformarse durante la colocación del concreto, ya sea que se utilicen como rieles para los equipos o no.

Cada elemento de la formaleta debe tener al menos tres metros de longitud y la zona de circulación no debe presentar defectos de más de 3mm³ en la distancia antes señalada. El alineamiento de las formaletas, tanto en planta como en perfil, debe ser correcto. No se deben observar excesivas diferencias en altura ni desviaciones en planta.

³ Especificaciones técnicas generales de materiales y construcción para proyectos de infraestructura vial y de espacio público Bogotá D.C.

El equipo para el extendido se desliza sobre la formaleta, e incluye un conjunto de vibradores internos que van actuando en la dirección del tendido. Todo este trabajo preliminar antecede a la maquina terminadora. El equipo de terminado cuenta normalmente con dos reglas para el enrasado de la superficie. También incluye dos placas apisonadoras que permiten el acomodo final de las mezclas. La figura 5 muestra la colocación mediante una regla vibratoria autopropulsada.



Figura 5. Equipo de formaleta fija: regla vibratoria autopropulsada.

Existen también equipos más automatizados que se deslizan haciendo en una sola pasada de vibrado, enrasado, aplanado y texturizado del concreto. Ello se logra con dos tornillos helicoidales que distribuyen el concreto y con rodillos dobles nivelables hidráulicamente para el acomodo y aplanado de la superficie recién perfilada. Ver figura 6.



Figura 6 . Colocación mediante extendedora de rodillos nivelables.

Siempre se aconsejan los ajustes en el equipo y en su operación general, esto permitirá un avance más uniforme de la máquina. También se tiene que evitar labores excesivas de terminado, aplicación de agua, así como el uso de cepillos para el manejo de la pasta superficial. Las pequeñas oquedades que queden detrás de la terminadora se pueden resanar con herramientas manuales.

Un equipo de terminado mecánico normal cuenta con regletas que consolidan y enrasan el concreto. En obras grandes se pueden utilizar incluso hasta dos equipos de terminación en serie, mientras en obras pequeñas solo se emplea la terminadora y los vibradores internos están montados en un chasis ubicado cerca de las formaletas principales colocadas a los lados.

II.III.II.I. REMOCIÓN DE LAS FORMALETAS

En ocasiones antes de retirar las formaletas se pueden ejecutar los cortes para juntas transversales. Ello puede obedecer a indicaciones del proyecto. Sin embargo, se debe limitar el tránsito de camiones de la construcción, pues podrían fracturar los bordes de las juntas.

Cuando la remoción de elementos de formateado se hace de manera apropiada, el desencofrado puede tener lugar entre las seis y las ocho horas posteriores al colado. Primeramente se debe extraer los pasadores, con equipo mecánico o hidráulico, y después se retiran las formaletas de manera manual, con la aplicación previa de ligeros golpes; se debe realizar sin apalancar entre la cara del concreto y la formaleta en contacto con este.

Una vez removidas las formaletas, es necesario revisar los cantos de las losas y verificar la distribución de los agregados en estas para darse una idea de la efectividad del proceso de vibrado y acomodado del concreto.

Si existen zonas de exposición directa de los agregados en ausencia de lechada, serán indicativas de que presentan segregaciones, y es el momento de modificar las prácticas de acomodo y vibración en las secciones de pavimento por construir. Inmediatamente después de remover las formaletas, se procede a curar las caras de la orilla o cantos.

Una vez removidas las formaletas deben limpiarse, pues de no hacerlo dificultará su uso posterior; es necesario también que estén limpias para poder revisar su geometría con reglas. Una vez limpias, ya se puede proceder a su almacenamiento para las labores del día siguiente.

II.III.III. COLOCACIÓN MANUAL

En algunos casos, por ejemplo, en trabajos de calles o vialidades cortas de sección transversal pequeña, o en intersecciones de difícil acceso para equipos automatizados, se pueden emplear reglas, rodillos vibratorios triples, reglas vibratorias manuales (ver figura 7).



Figura 7. Regla vibratoria manual para trabajos pequeños

Colocación con equipo manual, es decir, con simple reglas de enrase. En este tipo de actividad se debe poner especial atención a todo el desarrollo de los trabajos. A continuación se enumeran algunas precauciones:

- Es mejor distribuir el concreto a todo lo ancho del área por colocar, en espesores aproximadamente uniformes. Luego hay que moverlos con palas, nunca con rastrillos, ni con los mismos vibradores de inmersión, ya que se puede provocar segregación.
- Se debe asegurar que la actividad del vibrado se realice de manera apropiada.
- Conforme se hace lo anterior, debe verificarse que la regla vibratoria avance sobre la formaleta. En caso de requerir más enrasado en forma manual detrás del equipo, hay que realizarlo vigorosamente.
- Continuar el enrasado con al menos dos trabajadores que utilicen tablones o de preferencia llanas grandes, cuidando que se vayan alcanzando los niveles y pendientes estipulados en el proyecto.
- El enrasado debe continuar hasta que se obtenga una superficie plana, libre de excesos de lechada. Para lograr lo anterior se sugiere hacer traslapes entre las diferentes pasadas.

- En los lugares poco accesibles se deben utilizar llanas manuales pequeñas, de madera o magnesio, haciendo otra vez la consolidación con un vibrador de inmersión, cuidando siempre las distancias de aplicación de este último.

II.III.IV. EQUIPO DE FORMALETA DESLIZANTE

El concepto de formaleta deslizante aplicado como técnica de pavimentación se debe entender como el proceso de acomodar, consolidar, dar forma geométrica y terminar una masa de concreto hidráulico en estado fresco, mientras desliza de manera continua una formaleta en los costados de una masa plástica de concreto. Para esto se requiere una máquina autopropulsada capaz de contener, accionar y controlar las herramientas que internamente posee para distribuir, enrasar, vibrar y terminar la masa de referencia.

La presión necesaria contra la masa de concreto que obliga a este a ser “extruido” por la parte posterior del equipo, con la forma correcta, se logra por el propio peso de la máquina sobre el formaleteado y los dispositivos de ajustes, así como contra las formaletas laterales que confinan a la mezcla plástica. A esta presión contribuyen también los vibradores que consolidan y presionan a las mezclas hacia las formaletas laterales de la máquina y hacia los escantillones de enrase y terminado. Las acciones de vibrado modifican la disposición de las partículas gruesas, hace más fluida la mezcla y fuerza el deslizamiento relativo entre las partículas y los diferentes elementos de formaleta.

Lo que se espera al final de un proceso de colocación con la formaleta deslizante es básicamente una masa de concreto que, luego de haber sido distribuida, vibrada y comprimida, mantenga cierta forma, impuesta por el enrase y formaleteado por los moldes de la Pavimentadora. Ver figura 8. Parte del molde lo constituye la misma capa de apoyo de la losa.



Figura 8.. Moldeo esperado al final del proceso de colocación.

Para que la losa se forme de acuerdo con los requerimientos del proyecto en cuanto a la geometría, superficie y dimensiones, se necesita asegurar que se cumplan los siguientes requisitos básicos:

- Conformación uniforme de la masa.
- Contenido uniforme de agua.
- Vibración y presión constante.
- Avance uniforme del equipo.

La zona adyacente a los vibradores y a la cabeza estática es donde se aplica energía de consolidación a las mezclas, donde efectivamente las partículas están sujetas a una fuerte excitación; las burbujas de aires explotan o son forzadas a subir a la superficie para perderse al final, y se presentan una reducción de volumen importante en la mezcla. Es justamente este mecanismo lo que hace posible el empleo de la formaleta deslizante.

El concreto debe estar en cantidad suficiente y abastecer de manera continua para que el proceso tenga éxito, de otra forma, la mezcla podría no llenar todo el volumen dentro de la máquina hasta las formaletas deslizante, vibradores, barras apisonadoras y charolas de perfilamiento. Ver figura 9. Así pues, para ejercer presión y vibrado correcto el equipo debe estar totalmente lleno de concreto plástico, para que el material extruido tenga la forma, consistencia y apariencia correcta.



Figura 9. Forma adecuada para abastecer la pavimentadora de manera continua para que el proceso tenga éxito.

II.III.IV.I. SOBREANCHO

Por este concepto se debe entender el área de carril inmediatamente fuera del borde de pavimento. Sobre esta zona es donde circulan las orugas o llantas de las pavimentadoras; por esta razón es esencial que esta zona, en si misma parte de la capa de subbase, sea convenientemente conformada y afinada.

Por lo anterior, dentro de los alcances geométricos originales establecidos en el proyecto, normalmente se deben estipulaciones para que la capa de subbase o la capa de subrasante, en el caso de que el pavimento cuente nada más con esta última, se amplíe entre 0.80 y 1 m hasta más allá del ancho previsto de la losa. En este orden de ideas, la pendiente del ensanche debe ser enteramente igual a la de la subbase o de la subrasante, para garantizar que los espesores de losas sean constantes en zonas de tangentes, aunque no necesariamente en zonas de curvas. Por otro lado, el paso de los diferentes equipos montados en orugas o en llantas, como pueden ser los de extendido previo, Pavimentadora, y el de texturizado, puede inducir desgaste en la superficie de la zona de ensanche; por esta razón se debe construir de manera que resulte duradera y conservarla libre de residuos de concreto.

En estos casos de que la losa se construya directamente sobre el terreno natural o la subrasante, se debe poner especial atención en la detección de zonas o puntos blandos, pues ellos pueden poner en riesgo la estabilidad al paso de los equipos y, consecuentemente, se puede traducir en saltos bruscos de la losa ya terminada. Por lo que se debe verificar que la compactación de la superficie de rodamiento bajo la oruga o llantas de los equipos sea uniforme.

Cualquier tubería subterránea que se localice en esta zona debe ser colocada con las debidas preparaciones, con objeto de prevenir su posible rompimiento cuando pasen los equipos de compactación.

II.III.IV.II. COLOCACIÓN DE LÍNEAS DE CONTROL

Para el control del alineamiento horizontal de las pavimentadoras, así como para el control de pendientes, los equipos automatizados que utilizan sensores requieren la colocación de hilo tensado que indique el trazo final del camino. Este hilo tensado se sujeta en estacas, las cuales son comúnmente de tubos metálicos ligeros empotrados en las orillas del camino, inmediatamente atrás del sitio por donde circulara la oruga o las llantas del equipo de pavimentación.

En el caso de un pavimento con una sola pendiente, esto es, cuando no se cuenta con bombeo superficial a dos aguas, las rasantes de diseño son proyecciones imaginarias de una línea que representa la parte superior de las orillas de la losa de concreto. Estas líneas se representan en la práctica mediante hilos o cuerdas de control que se sujetan a las varillas (“pines”). La inclinación de esta línea imaginaria en el centro respecto al eje del camino hace que un borde extremo del pavimento quede por abajo del punto de rotación, mientras que el otro extremo queda elevado en la misma proporción.

Mediante control topográfico se establecen las líneas virtuales de rasante de las losas o cualquier otra capa y se proyectan hacia las varillas (“pines”), de manera que por un simple cálculo de diferencias respecto al extremo superior de las varillas es posible establecer niveles para cada una de las capas en la colocación subsiguiente de varillas.

La instalación de las líneas de control es una de las etapas cruciales del inicio de la secuencia de pavimentación. Su instalación requiere equipo de topografía, pues una vez que se instale el hilo, éste deberá tensarse, y de esta manera servirá para guiar al equipo de colocación del concreto. Conforme el proyecto avance, el personal deberá asegurarse de que estacado y la línea estén en su posición correcta.

La línea guía para los sensores de la máquinas puede ser de nylon tejido, cuerda de poliestireno, alambre o cualquier otro material similar. La estaca o varilla debe tener suficiente longitud para permitir un empotramiento suficiente dentro del terreno natural, pero de longitud libre lo suficientemente grande para que pueda percibirse a simple vista y permita realizar ajuste en las posiciones de la cuerda, esto es, para las rasantes de cada una de las capas que se van a colocar.

La línea se sujeta a un brazo con que viene provista cada varilla, y normalmente este brazo permite ajustes menores. Ver figura 10. Los soportes se colocan con separaciones típicas de 8 m en zonas de tangente, mientras que en curvas muy cerradas se debe reducir tal distancia hasta unos 4 m, con el fin de lograr mayor precisión. Es necesario tensar las líneas para mantenerlas al nivel correcto en el varillaje de sostén.



Figura 10. Líneas de control

II.III.IV.III. PUNTOS DE REFERENCIA

A pesar de que, en teoría, los pavimentos en general y los tipos rígidos en particular, no son estructuras sujetas a asentamientos importantes, resulta conveniente fijar algunos bancos de referencia topográfica que permitan un control de las desviaciones verticales. Dentro de los bancos de referencia se pueden emplear los siguientes:

- Bancos de nivel. Los bancos de nivel permanentes se utilizan para referenciar las rasantes de los caminos al nivel del mar. Resultan también de utilidad para controlar los cambios de pendiente y las irregularidades en la sección transversal en zonas de transición de pavimentos existentes, en su continuación con tramos nuevos o de rehabilitación.
- Bancos de nivel transitorios. Este tipo de bancos se emplea en combinación con el banco de nivel permanente, a manera de enlace, para el control de los niveles de la obra. Se ubican en puntos situados fuera del área de influencia de los trabajos, para que éstos no alteren los resultados de las mediciones. Es recomendable, asimismo, repintar o remarcar estos puntos con objeto de que no se pierdan.

- Estacas de control. Mediante el uso de los bancos de referencia se establecen los puntos de control empleando estacas, las cuales posteriormente servirán para colocar las estacas metálicas en ambos lados de la vialidad por construir.

Para mayor claridad, en las estacas se puede colocar una bandera de marcación. Normalmente ésta debe contener la siguiente información: cadenamiento del centro de la línea, información sobre la curva (en su caso), distancia a la orilla de la losa, su elevación y si trata de corte o relleno. Es común que esta información de la rasante está referenciada al borde superior de la losa. En zonas de tangente, donde ambas orillas tengan la misma elevación, la información prácticamente será la misma.

En todo momento se deberá tener presente que el perfilado tendrá que ser perfectamente conciliado con las características de pavimentación; así, la cuadrilla que establece el perfilamiento debe tener conocimiento de si el personal va a pavimentar un tramo dado a ancho completo o sólo una parte del mismo.

II.III.V. TRANSPORTE Y ENTREGA

De hecho, existen varias formas de transportar las mezclas al sitio de la colocación. Esta parte de la secuencia constructiva se puede realizar con camión revolvedor, con camiones de descarga de forma lateral o frontal (ver figuras 11 y 12), o con camiones de volteo. Con mucho estos últimos son los de uso más corriente. Sin embargo, cada vez están adquiriendo mayor popularidad los de descarga lateral, por su mayor rendimiento.



Figura 11. Descarga lateral.



Figura 12. Descarga frontal.

La entrega del concreto debe ser continua y lo más coordinadamente posible con la velocidad de la Pavimentadora, para que esta última tienda la mezcla correctamente, con su acomodo, vibrado y densificación adecuadas. Así pues, siempre será recomendable ejecutar una fabricación de mezclas correcta, coordinar su carga, entrega, y tendido correctamente sincronizados, así como, buscar que la máquina siempre tenga material suficiente al frente y en su interior, para que se originen las fuerzas de equilibrio necesarias a fin de lograr una superficie tersa y uniforme

El número de camiones de transporte será función de los volúmenes de concreto requeridos por colocar. También influyen las condiciones del tráfico vehicular, así como las condiciones del tramo de camino por recorrer. Mantener el número de vehículos necesarios para asegurar que la Pavimentadora tenga suficientemente carga de concreto frente a ella; por esto mismo, se requiere una comunicación muy estrecha entre el personal del punto de colocación y el de planta de producción.

II.III.V.I. OPERACIÓN DURANTE LA DESCARGA

La velocidad de pavimentación que típicamente se utiliza esta en el rango de 1 a 2.5 m/min. En última instancia, lo que se hace es regular tal velocidad de conformidad con las entregas de mezclas en el sitio. Así pues, la velocidad de la maquina se incrementa o disminuye tratando de conciliar con los volúmenes de entrega.

La carga de concreto frente a la Pavimentadora también debe ser un aspecto que preocupe al operador de la Pavimentadora, y al residente que este controlando las descargas sucesivas de los camiones. Se debe exigir que siempre se tenga carga suficiente frente a la Pavimentadora. De esta manera, se garantiza que todos los espacios dentro de la maquina estén llenos de mezcla y, consecuentemente, se reduce el riesgo de que la sección de losa resultante presente oquedades, principalmente hacia sus orillas.

II.IV. ACABADOS SUPERFICIAL

Cuando haya presencia de agua en la superficie, nunca se deben realizar labores de terminado de la losa. Ello promueve levantamientos de lechada en exceso y, en consecuencia, la aparición de fisuramientos prematuros.

La terminación final se logra por la acción de la llana aproximadamente paralela al eje de trazo. Ver figura 13. Esta llana, al deslizarse sobre la superficie recién terminada contribuye a ocultar ligeras imperfecciones en la superficie, oquedades, pequeños desgarramientos, etc.



Figura 13. Llana automáticas incorporadas al tren de pavimentación.

Aunque no es muy común, se aconseja pasar una regla de 3 m de largo para verificar la planicidad sobre la superficie recién terminada. Todas las anomalías pueden ser corregidas con herramienta manual, como pueden ser regletas de 3 m y llanas de magnesio manuales. Ver figuras 14 y 15.



Figura 15. Regleta de madera.



Figura 14. Llanas de mano.

En estas operaciones nunca se debe adicionar agua, a menos que por condiciones extremas de calor y sequedad en el ambiente se dé un rociado somero a la superficie que realmente amerite la aplicación de agua para un terminado y curado adecuado de la superficie de la losa.

Las orillas “caídas” por problemas de revenimiento de las mezclas se deben corregir de inmediato con la adición de concreto y posterior aplanado con llana de madera. Las orillas se deben confinar previamente con formaleta de madera.

II.V. TEXTURIZADO

Las labores de texturizado longitudinal como transversal deben iniciarse tan pronto como se evapore el exceso de agua de la losa recién terminada y mientras el concreto esté lo suficientemente plástico para que las cerdas metálicas penetren dentro del rango de 3.0 a 6.0 mm. Antes del ranurado se dará el texturizado longitudinal para eliminar la superficie excesivamente lisa dejada por la Pavimentadora.

Para llevar a cabo el texturizado longitudinal se utilizará tela de yute o de algodón, humedecida, sin costuras y de dos capas que produzca una superficie uniforme de textura abrasiva, a todo lo ancho del pavimento, la capa inferior de aproximadamente quince centímetros más ancha que la capa superior. Ver figura 16.



Figura 16. Equipo de texturizado longitudinal.

La texturizadora transversal, es operada de manera independiente a la pavimentadora y al equipo de curado, cuenta con un dispositivo mecánico equipado con dientes de acero de cien a ciento cincuenta milímetros de longitud, espaciados nominalmente a veinticinco milímetros centro a centro, con una sección transversal de uno por dos milímetros aproximadamente, y ajustable de tal forma que se formen pequeños surcos de tres milímetros de profundidad, como mínimo, transversales al eje de la vialidad. Ver figura 17.

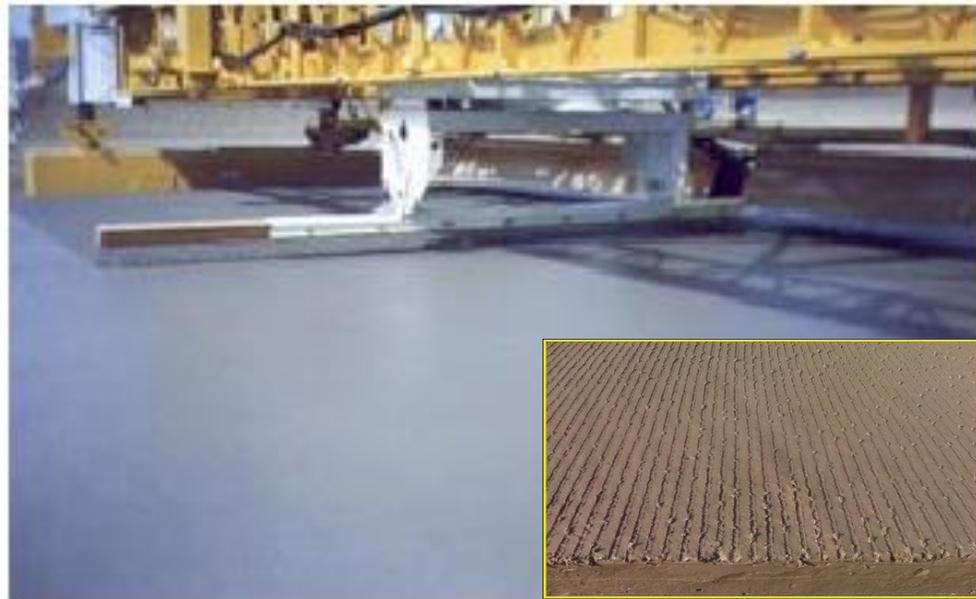


Figura 17. Texturizado transversal mediante ranurado con peine de cerdas metálicas.

En caso de no contar con equipo automatizado de texturizado se emplearán cepillos anchos con cerdas metálicas o de nylon, con mangos largos lo suficientemente anchos como para dar las pasadas en toda la sección del pavimento.

No es conveniente efectuar el ranurado de la superficie cuando el concreto está demasiado fresco, pues en tales circunstancias se forman desgarramientos de la superficie que dificultan la formación de ranuras con su geometría correcta.



Figura 18. Texturizado transversal manual.

Tampoco resulta aconsejable esperar mucho tiempo – típicamente más de media hora- antes de aplicar el macro-texturizado, pues en este caso extremo las cerdas no penetran en la mezcla endurecida.

El cabezal que aloja las cerdas metálicas –peine- debe estar paralelo a la superficie de la losa, para que el ranurado sea uniforme en profundidad y se forme una superficie antiderrapante igual en todo el ancho del pavimento; de otra manera, la presión ejercida por las cerdas no será uniforme.

En algunos proyectos se acepta que no se aplique ranurado en las cercanías de las juntas programadas, de manera tal que los futuros bordes no queden debilitados. Por otro lado, dejar un ancho del orden de 10 a 15 cm sin aplicar el peine con cerdas metálicas simplifica las labores de corte. De esta manera, las ranuras de texturizado no contribuyen al desprendimiento.

II.VI. CURADO

Como es ampliamente conocido, el propósito del curado es lograr que el concreto retenga la suficiente humedad para que la hidratación del cemento ocurra de manera correcta y ayudar al control de la temperatura durante la etapa en que tal hidratación tiene lugar. La aplicación de la membrana de curado debe hacer tan pronto como se pueda, tratando de no dañar la superficie de la losa durante su aplicación. Se debe poner especial cuidado en no aplicarla cuando todavía exista en la superficie agua de sangrado. El espesor de la película debe ser lo más uniforme posible. Para ello, resulta conveniente que estén abiertas y trabajando correctamente todas las boquillas de salida del tubo de distribución del equipo.

Ante condiciones de secado rápido, como puede ser el caso de pavimentación en climas muy calientes y ambientes de poca humedad, antes de colocar la membrana de curado se debe aplicar agua en rocío una vez tendido y terminado el concreto con la máquina Pavimentadora. Es necesaria que todas las superficies expuestas sean curadas, incluyendo las caras laterales y los cortes de las juntas.

Los materiales comúnmente empleados para curar las losas son los siguientes:

- Membrana líquida, de pigmentación blanca;
- Papel o plásticos impermeables, como son los rollos de polietileno
- Lienzos de algodón o de yute humedecidos

-Normalmente, los primeros son los más utilizados, sobre todo en carreteras-

La eficiencia y la duración del tiempo de curado, así como las propiedades final del concreto, son función directa de la temperatura de este último al momento de curar. En situaciones de climas extremos, se tienen que tomar medidas adicionales para proporcionar un curado adecuado.

El pigmento blanco ayuda a visualizar partes de la superficie con deficiencias de aplicación de la membrana de curado y también contribuye a reflejar los rayos solares, por lo que disminuye el efecto nocivo de éstos. El carro de curado debe incluir sobre la barra de aspersión un deflector de viento para que efectivamente se evite la pérdida del material de membrana durante su aplicación.

Los aspersores se colocan a una altura tal que permita lograr una cobertura uniforme. Es común aplicar 0.30 l/m². Cuando se aplica en cantidades insuficientes, es fácil darse cuenta, pues a simple vista se detecta el color gris del concreto, indicativo de que la capa no fue lo suficientemente gruesa. En ocasiones, resulta difícil colocar y aun supervisar que se esté aplicando en las cantidades óptimas. Una manera aproximada de garantizar que se está aplicando la cantidad correcta de compuesto sobre la superficie es distribuir los tambos que contienen la membrana líquida a ciertas separaciones entre sí a lo largo del camino que se va construir; sus distancias representarán los rendimientos teóricos, tomando en cuenta la geometría de la sección de losa y los volúmenes estimados por aplicar, con base en los proporcionamientos por área sugeridos. De esta manera, los tambos nuevos serán alcanzados por el equipo de curado cuando, en teoría, los tambos inmediatamente anteriores ya estén prácticamente vacíos. La figura 19 muestra un equipo de curado con membrana líquida a lo ancho de la losa.



Figura 19. Equipo automático de curado.

El rociado de material de curado se permite en zonas en donde el formateado convencional cambie, o cuando se retiren las formaletas colocadas para secciones de pavimento especiales.

En caso de aplicar el curado con membranas químicas con pulverizador, este último podrá ser accionado con bomba o con motor. Ver figuras 20 y 21.



Figura 20.-curado con bomba manual.



Figura 21. Curado con bomba de motor.

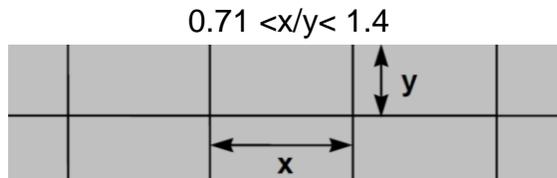
En caso de que se utilicen lienzos de fibras de algodón o de yute como elementos de curado, habrá que asegurarse de que continuamente se mantengan húmedos, pues de otra manera pierden efectividad y, lo que es peor, si se dejan secar incluso pueden quitarle, por absorción, la humedad superficial al concreto.

Caso de formaletas fijas

El curado en este tipo de pavimentos con formaleta fija es enteramente igual que el caso de los pavimentos con formaleta deslizante. Quizás la única diferencia es que, en este último, la membrana de cura se aplica de manera integral en una sola pasada, mientras que en el caso de formaletas fijas, las orillas se curan una vez que los elementos metálicos ya se han removido.

II.VII. CORTE DE JUNTAS

Una junta tiene como objeto principal el control de agrietamientos. Así, para su formación se inducen estos últimos mediante un corte en el concreto de reciente colocación. Una junta realizada mediante un corte ofrece un plano de debilidad y permite que una losa se agriete en los lugares planeados. La razón de que se programen las juntas es justamente que las grietas se presenten en los lugares escogidos por el proyectista, haciendo todas estas discontinuidades más estéticas y de mejor mantenimiento, en comparación con las grietas sin control. La relación de Largo / Ancho de las losas debe estar entre los límites de 0.71 a 1.4, relaciones fuera de estos rangos tienden a generar grietas en la mitad de las losas.



Para realizar los cortes deberán emplearse sierras para concreto con la potencia suficiente para cortar el espesor requerido de la losa. Las sierras deben estar equipadas con guías y dispositivos que aseguren la alineación y profundidad de corte requeridos. El aserrado de juntas se ejecutará con el sistema de corte de Concreto “Ultra EarlyEntry”, durante la “zona verde”, mediante disco de diamante SoftCut con sierras de 2 mm de ancho (Manera de evitar el ingreso de partículas dañinas al interior de la junta, lo que pudiera deteriorarla) a una profundidad de 1/3 del espesor de las losas en las juntas longitudinales y 1/4 del espesor de la losa en las juntas transversales. El corte se deberá mantener a la profundidad especificada en toda la longitud o ancho de las losas.

Normalmente, los cortes se realizan en toda la juntas, tanto transversales como longitudinales. Con el fin de optimizar aspectos constructivos y de costos, es admisible omitir una junta longitudinal entre acotamiento y carril adyacente cuando el ancho combinado entre ambos no sea mayor de 5 m.

Antes de la colocación del concreto se deben marcar las ubicaciones de las juntas transversales, pues es crucial que los cortes se ejecuten lo más próximos posibles a lo establecido en el proyecto. Esto es más crítico cuando se emplean pasajuntas como mecanismos transmisores de carga, los puntos de control deben marcarse lo más alejado posible de la orilla, ya que las labores de tendido pueden mover la localización correcta de los referidos.

Para la formaleta fija no se recomienda colocar marca, pues éstas pueden ser fácilmente removidas; en su lugar son preferibles algunos pasadores o pernos de tipo semipermeable. Otra opción es marcar con pintura en aerosol las posiciones correctas de los cortes, empleando cuerdas que atraviesen el ancho total del pavimento.

El corte en las juntas transversales planeables se debe realizar de manera uniforme a la profundidad indicada. De preferencia, todos los cortes deben realizarse dentro de las primeras 24 horas después de colocado el concreto. Sin embargo, es más importante cuando no se cuenta con equipo de corte superficial, en cuyo caso nunca se deben dejar cuatro cortes programados consecutivos sin realizar. Tampoco se deben dejar de cortar dentro del tiempo recomendado la junta transversal situada inmediatamente después de la junta de construcción o en una junta fría en general. En la figura 22 se muestra el corte de juntas transversales.

Para estimar el tiempo necesario para iniciar el corte se pueden hacer pruebas con una herramienta punzocortante, como puede ser un clavo grande, un cuchillo o pica hielo. Se procede a rayar la superficie, si la línea marcada es tenue, es indicativo de que el concreto ya pudo haberse endurecido lo suficiente. En caso de que afecte el texturizado superficial, ello implicaría que es todavía temprano para iniciar el corte.



Figura 22. Corte de junta transversal.

Otro factor que interesa para seleccionar el momento de iniciar los cortes es la temperatura.

Conforme mayor sea la temperatura en el concreto – horas más calurosas del día – mayor será su tendencia a la condición de expansión de manera que se debe tratar de iniciar el corte antes de que su temperatura baje al mínimo, pues ya en esta última condición las losas se contraen. En los tiempos de corte también influye, aparte de las características del concreto, en especial el coeficiente de expansión térmica y la naturaleza de las bases de apoyo de las losas. A mayor resistencia a la fricción en la interface, menor tiempo disponible para ejecutar el corte.

Ya que el tiempo de corte se ve afectado por el tipo de concreto, los aditivos, las variaciones de temperatura y las condiciones climáticas, es conveniente, en ocasiones, ejecutar cortes alternados, es decir, realizar los cortes cada tercera o cuarta junta de contracción planeadas.

Siempre se debe tener presente, en resumen, que un corte hecho demasiado tarde puede ocasionar agrietamiento no controlados, mientras que si se realiza muy temprano se pueden producir desportillamiento y desmoronamientos inaceptables en la junta. Al lapso de tiempo comprendido entre estos dos sucesos se conoce como “*Ventana de Corte*”, ver Figura 23. De manera general, la ventana de corte depende de la mezcla de concreto, de factores climáticos y del grado de fricción de la base.

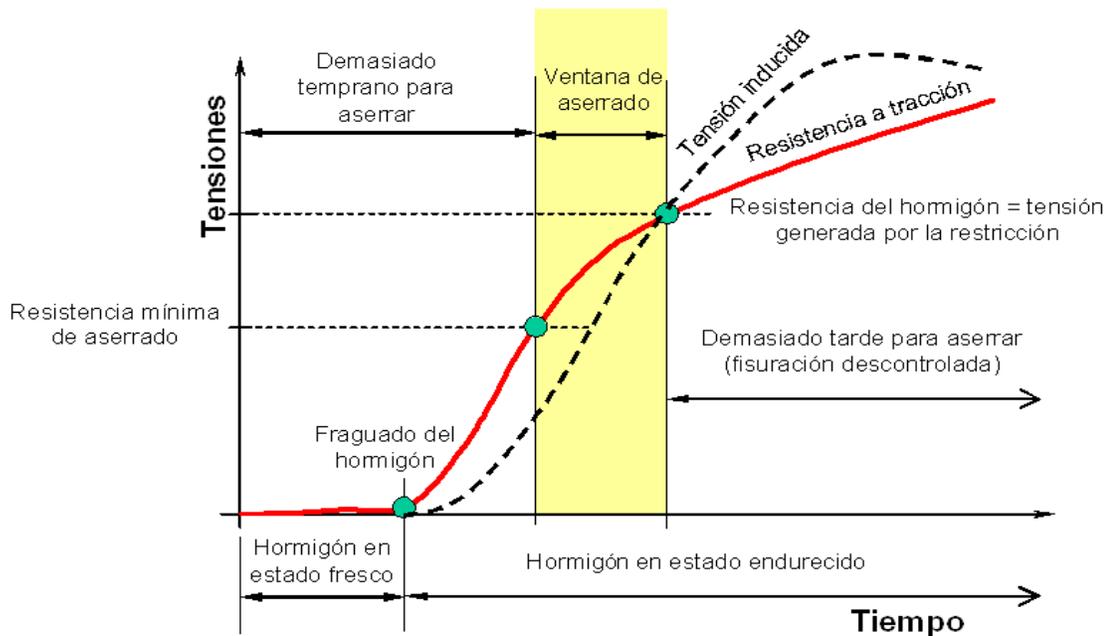


Figura 23. Ventana de corte⁴

Cuando se retrasa demasiado la ejecución de los cortes se presentan las grietas de contracción aleatoria. Si una de las grietas se presenta a una distancia de menos de 1.5 m respecto a la posición de una junta programada, ya no es necesario realizar el corte de esta última. En esta circunstancia, conviene ranurar superficialmente la grieta y dar el mismo tratamiento subsecuente, como si se tratase de una junta transversal planeada.

⁴ Construcción de autopistas con Equipos de Formaleta Deslizante, Edgardo Becker, Argentina 2009

Todas las partes afectadas por la operación de corte deberán ser curadas con la misma membrana de curado que se colocó en la superficie después del colado del concreto. Esta medida es para evitar evaporación de agua por las paredes y superficies afectadas o expuestas por los cortes.

Es conveniente tener máquinas cortadoras de repuesto con el objeto de contar siempre con este equipo aún en los casos en que alguna sufra avería. Conforme se vaya extendiendo el concreto, es aconsejable disponer de máquinas cortadoras en el sitio listas para realizar los cortes en los tiempos oportunos.

En cualquier caso, los cortes deben completarse antes de que se inicie la ejecución de carriles adyacentes al de concreto recién colado; también deberán hacerse antes de permitir cualquier tránsito vehicular de la empresa contratista.

II.VIII. JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN.

Las juntas deben estar diseñadas para transferir una porción de la carga entre losas adyacentes minimizando así deflexiones verticales en la junta producidas por las cargas de vehículos. El reducir deflexiones disminuye el potencial bombeo de materiales de subbase además del escalonamiento.

Debe recordarse nuevamente que el clima y la dureza de los agregados tienen un gran impacto en la eficiencia de la transferencia.

Los tipos de juntas más comunes en los pavimentos de concreto son:

- 1) Juntas Transversales de Contracción: Son las juntas que son construidas transversalmente al eje central del pavimento y que son espaciadas para controlar el agrietamiento provocado por los efectos de las contracciones como por los cambios de temperatura y de humedad.
- 2) Juntas Transversales de Construcción: Son las juntas colocadas al final de un día de pavimentación o por cualquier otra interrupción a los trabajos (por ejemplo los accesos o aproches a un puente).
- 3) Junta Transversal de Expansión/Aislamiento: Estas juntas son colocadas en donde se permita el movimiento del pavimento sin dañar estructuras adyacentes (puentes, estructuras de drenaje, etc.) o el mismo pavimento.
- 4) Junta Longitudinal de Contracción: Son las juntas que dividen los carriles de tránsito y controlan el agrietamiento donde van a ser colados en una sola franja dos o más carriles.
- 5) Junta Longitudinal de Construcción: Estas juntas unen carriles adyacentes cuando van a ser pavimentados en tiempos diferentes.

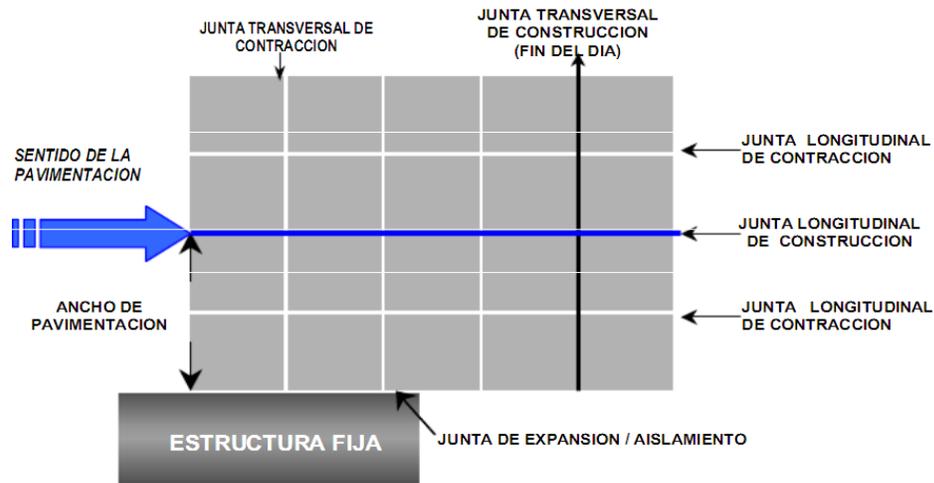


Figura 24. Tipos de juntas de construcción

II.VIII.I. JUNTAS TRANSVERSALES DE CONTRACCIÓN

Son juntas construidas transversalmente al eje central de la vía y espaciadas para controlar la fisuración transversal de la losa. Se han realizado estudios que han demostrado que el espesor del pavimento, rigidez de la base y el clima afectan la máxima separación esperada entre juntas transversales.

En los pavimentos de concreto, la junta es diseñada para formar un plano de debilidad para controlar la formación de grietas transversales y la separación de las juntas se diseña para que no se formen grietas transversales intermedias o aleatorias. Lo más recomendable es que el espaciamiento se base en las experiencias locales ya que un cambio en el tipo de agregado grueso puede tener un efecto significativo en el coeficiente térmico del concreto y por consecuencia en el espaciamiento adecuado para las juntas. La modulación de losas va a estar regida por la separación de las juntas transversales que a su vez depende del espesor del pavimento.

II.VIII.II. JUNTAS TRANSVERSALES DE CONSTRUCCIÓN:

Son juntas construidas al final del día de trabajo u otra interrupción de colocado si se produce un lapso mayor a 60 minutos en clima cálido y 90 minutos en clima frío, este tiempo es medido desde la elaboración del concreto hasta su puesta en obra y posterior acabado. Para la construcción de estas juntas, se debe usar un encofrado de cara plana, Ver Figura 25.



Figura 25 Fotografía de junta transversal de construcción

II.VIII.III. JUNTAS LONGITUDINALES

Son aquellas que van paralelas al eje central de la vía, controlan la fisuración y en algunos casos delinear las líneas de tráfico; Cuando se realiza el vaciado en una sola pasada de dos o más carriles, la transferencia de carga generalmente se produce por la trabazón mecánica de los agregados que se origina en la junta después del corte.

Aunque el tiempo de corte no es tan crítico como en las juntas transversales, es conveniente efectuarlo tan pronto como sea posible especialmente cuando existen subbases estabilizadas u ocurren cambios de temperatura muy bruscos.

En el caso que se realice el vaciado por carriles y se tenga pensado el uso de barras de amarre, éstas deberán colocarse de forma manual en el caso de que no se tenga un insertador automático. Se deberá tener cuidado de no hacer coincidir estas barras con los pasadores transversales para evitar golpes y desalineados, Ver figuras 26 y 27.



Figura 27 Fotografía construcción de junta longitudinal sin formaleta.



Figura 26 Fotografía construcción junta longitudinal con formaleta.

II.VIII.IV. JUNTAS DE SEPARACIÓN Y EXPANSIÓN

Son construidas para permitir el movimiento de las losas sin dañar pavimentos adyacentes, intersección de calles, estructuras de drenaje, puentes y otras estructuras fijas. Existen dos tipos de juntas de expansión, dependiendo su necesidad de empleo.

El primer tipo es la junta con barras lisas para transferencia de cargas, cada una de las cuales está provista en uno de sus extremos de un capuchón, que permite que las barras se muevan libremente por expansión y contracción, tal como se muestra en la figura 28.

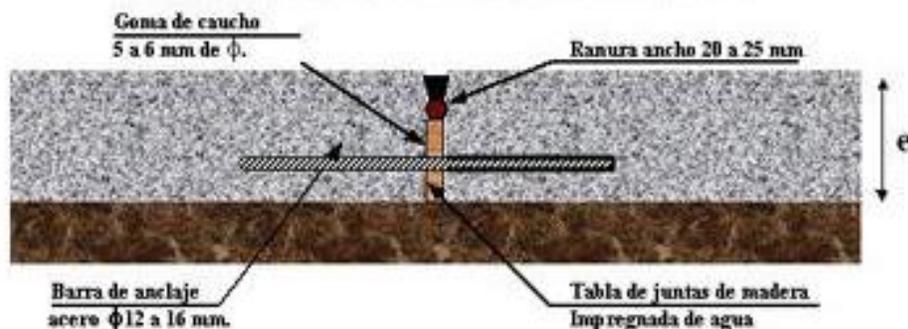
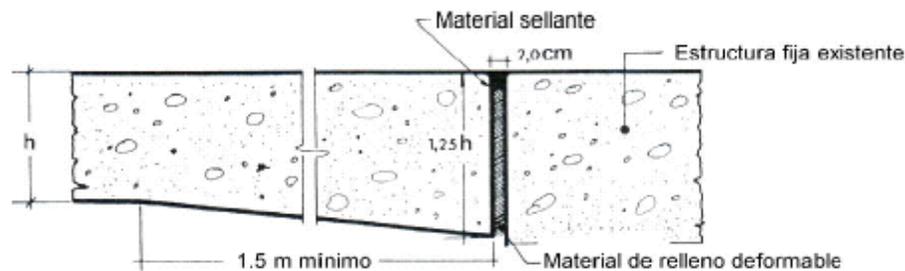


Figura 28. Junta de separación y expansión.

Debido a que estas juntas tienen una separación de 2cm o más, requieren la presencia de un material de relleno preformado, constituido por un material flexible, no extruible y no absorbente, cubriendo todo el ancho y espesor de la losa, por debajo de 2.5cm debajo de la superficie, finalmente se colocará el sello que deberá ser compatible con el relleno preformado.

El otro tipo de junta de expansión es aquella que no tiene dispositivos de transferencia de cargas, el espesor de la losa se incrementa gradualmente en un 25 % en el último metro y medio, para reducir los esfuerzos en la junta como se muestra en la figura.



En lo que respecta al sello, se siguen las mismas recomendaciones descritas para el primer tipo de junta de expansión; Generalmente este tipo de juntas se construye cuando se tiene una estructura fija rígida tal como un puente en el que no se ha previsto el colocado de pasadores con anterioridad.



Figura 29. Fotografía de construcción de junta longitudinal construida al final del pavimento nuevo y un pavimento existente

II.IX. SELLO DE JUNTAS

El Diseño de pavimentos de losas cortas no contempla sello de juntas. El corte de 2 mm evita el ingreso de partículas incompresibles y la base con menor de 6% de finos generalmente es drenante, por lo que saca el agua bajo las losas.

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

II.X. VERIFICACIÓN Y ESTUDIOS ANEXOS A LA OBRA

La magnitud de la obras de pavimentación de cualquier tipo es tal que requiere estudio, ensaye y manejo de varios materiales, los cuales se utilizan en forma masiva u por ello mismo implican su empleo de maneta sistematizada. En este sentido, una vez establecidas las especificaciones y después de una revisión exhaustiva de los planos de construcción, será necesario corroborar los criterios de selección de los materiales que se van a utilizar. Se entiende que en el proyecto ya se especifica la calidad y extensión de los bancos. En esta etapa adquiere especial atención el estudio de los bancos de materiales probables.

Cuando estos últimos sean estudiados, y se verifique su cumplimiento con los requisitos de calidad demandados en el proyecto, se estará en condiciones de iniciar la campaña de obtención y procesamiento de muestras representativas para dar comienzo al estudio de mezclas.

II.X.I. TRAMOS DE PRUEBA

Es una práctica en los concursos y contratos el que se solicite al contratista que tienda tramos de prueba antes de iniciar formalmente las operaciones de pavimentación en el cuerpo principal. Para este efecto se aprovecha pavimentar algún tramo de menor importancia o un segmento de camino de acceso que se encuentre cerca del sitio de arranque. El propósito de esta práctica es por parte probar que los equipos cumplan y estén en condiciones de operar en el rango de operación especificado, por otra parte iniciar la logística de la operación y, finalmente, permitir a las brigadas familiarizarse con la operación de los equipos y con la coordinación entre cada uno de los actores de la obra. En este tramo de prueba se evalúan cada uno de estos aspectos y se verifica la calidad final lograda en el pavimento, efectuando los ajustes necesarios antes de autorizar el arranque formal de la pavimentación.

II.X.II. CALIBRACIÓN DE EQUIPOS

Los equipos actuales para el mezclado, sean plantas estacionarias de concreto premezclado, camiones mezcladores, o de plantas centrales, cuentan con básculas que miden con mucha precisión los materiales que van a ser introducidos en los tambores de mezclado. El equipo está diseñado para permitir ajuste antes del proceso de mezclado y durante éste. Antes de iniciar los tramos, se deben realizar ajustes y calibración cuidadosos.

II.X.II.I. PAVIMENTADORA

De preferencia, el equipo debe cuadrarse, tal como el caso de máquinas montadas sobre cuatro orugas. El marco de pavimentación tiene que fijarse paralelamente respecto a la línea de control. Si no ocurre así, a pesar de que las orugas circulen de manera totalmente al eje de trazo, el equipo trabajará ligeramente esviado. La mejor manera de cuadrar el equipo es usar la escuadra de un triángulo rectángulo 3-4-5.

Una vez cuadrado el equipo respecto a la línea guía, posteriormente se deben nivelar las placas de formaletas. Se tiene que asegurar además que las orillas y el centro estén alineados correctamente.

El bombeo superficial propuesto debe ajustarse tanto en las placas enrasadoras como en las propias formaletas.

Las placas de formaletas deben situarse paralelas a la línea guía, lo que equivale a ajustar el ángulo de avance de la máquina; este aspecto es de vital importancia para lograr un pavimento uniforme. También es importante la selección correcta de placas de salidas, situadas en los costados inferiores de la máquina.

II.X.II.II. VIBRADORES

Son vibradores tubulares de inmersión en “L”, y normalmente accionados por la rotación de un árbol de levas. Los vibradores con que cuentan las máquinas pavimentadoras generalmente funcionan y se comportan igual en ambas direcciones, esto es, en el plano vertical y horizontal. La energía que transmiten los vibradores es función directa de su peso y de la velocidad de vibración. Su peso es fijo, al igual que su amplitud. En estas circunstancias la única variable que se controla es la velocidad con la cual actúa, es decir, el número de vibraciones por minuto, VPM. Estas se controlan con el volumen de fluido hidráulico dentro del motor hidráulico. En tales condiciones, tanto la energía como su influencia varían de acuerdo con el número de VPM.

La energía que se le transmite por el vibrador es en forma circular alrededor del eje de rotación. La zona de influencia cambia con:

- La velocidad de avance de la Pavimentadora,
- la distancia del motor al eje del vibrados,
- el cuidado y limpieza que se tenga con el montaje en el cabezal que lo sostiene. Este último se localiza frente a la placa de enrase final.

En la siguiente tabla se da una idea de los niveles de vibración de los diferentes tipos:

Frecuencia de vibración	
Tipo	Impulso por minuto
Vibradores de inmersión	5000-10000
Vibradores de contacto	3500 mínimo

La efectividad, o más específicamente, la energía de vibrado también depende del diseño y del espesor de la mezcla en la cual actúan los vibradores. Normalmente se trabaja en rangos comprendidos entre 7000 y 9000 VPM. El número de vibraciones se puede medir mediante tacómetros de vibración, y siempre se debe hacer cuando está sujeto a carga.

Dependiendo de la respuesta del concreto a ser consolidado por los vibradores, habrá necesidad de ajustar o no la energía de estos. Así, antes de iniciar tramos definitivos, se deben realizar los ajustes particulares en cada uno de los vibradores hasta lograr su eficiencia adecuada, de preferencia en el tramo de prueba.

II.X.II.III. SENSORES DE NIVELACIÓN DE LA PAVIMENTADORA

Una vez que ya se ubicó y preparó la maquina Pavimentadora, es necesario revisar y proporcionar los sensores de nivelación. Estos pueden ser eléctricos, hidráulicos o de láser. Las varillas de los sensores deben colocarse lo más horizontal posible y deben siempre hacer contacto sobre la línea guía. Para ello, durante el proceso de pavimentación, será necesario realizar verificaciones rutinarias; algunos equipos utilizan contrabalanceo para este propósito. Esta verificación se hace antes y durante la operación del equipo.

Cuando se fijan los sensores, es común colocarlos a distancia medias de 25 cm con respecto a la línea guía. Además, es recomendable situarlo a distancias no uniformes respecto a las estacas que sostienen a la línea guía; con la finalidad de que si existen “columpios” continuados o repetitivos, las varillas de los sensores que van tocando las citadas líneas no registren las anomalías simultáneamente, y den como resultado depresiones en el perfil del pavimento. Se trata de compensar el efecto negativo de una tensión deficiente de las líneas de control.

III. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Las especificaciones técnicas son los documentos en los cuales se definen las normas, exigencias y procedimientos a ser empleados y aplicados en todos los trabajos de construcción de obras, elaboración de estudios, fabricación de equipos. En el caso de la construcción de obras forman parte integral del proyecto y complementan lo indicado en los planos respectivos, y en el contrato.

En general las Especificaciones Técnicas hacen referencia a:

- Especificaciones nacionales oficiales de cada país;
- Reglamentos nacionales de construcciones de cada país;
- Manual de Normas ASTM (American Society for Testing and Materials)
- Manual de Normas ACI (American Concrete Institute)

Dependiendo del tipo de obra hacen referencia también a:

- Manual de Normas AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)
- Manual de Normas AISC (American Institute of Steel Construction)
- Standard Specifications for Construction of Roads and Bridges on Federal Highway Projects del Departamento de Transportes de los E.U.A.
- Manuales y normas propias de cada país en particular (IRAM; DOCS, etc.).

La construcción de pavimentos rígidos en Nicaragua está regida por la **Sección 501** de las Especificaciones Generales para la construcción de Caminos, Calles y Puentes, “NIC-2000”; sin embargo este no es aplicable en un 100% a la construcción de pavimentos de concreto utilizando losas cortas.

Este capítulo es una propuesta para la creación de un anexo a la sección 501 que rija la construcción de losas cortas en pavimentos de concreto hidráulico

III.I. DESCRIPCIÓN (A MODIFICAR)

La construcción de losas cortas en pavimentos de concreto hidráulico consiste en la elaboración, transporte, colocación y vibrado de una mezcla de concreto hidráulico como estructura de un pavimento de concreto delgado, sobre una capa de base estabilizada; la ejecución de juntas, el acabado, el curado y demás actividades necesarias para la correcta construcción del pavimento, de acuerdo con los alineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos del proyecto. Este tipo de pavimento en el proyecto ha sido modulado de tal forma que su construcción no requiera la colocación de barras pasajuntas o dovelas, que no es más que acero en la junta transversal, a menos cuando exista una junta de construcción.

III.II. MATERIALES (A MODIFICAR)

III.II.I. AGREGADO FINO

Deberá cumplir con los requisitos especificados en AASHTO M 6 / M 80 o ASTM C33, agregado fino para concreto de cemento Portland. Las partículas que conformen el agregado fino deberán ser limpias, duras, resistentes, sanas, estables, libres de películas superficiales, raíces y restos vegetales. No debe contener otras sustancias nocivas que pudiesen perjudicar al concreto.

La cantidad de sales solubles aportada al concreto por el agregado fino, no deberá incrementar el contenido de sulfatos y cloruros del agua de mezcla más allá de los límites establecidos, considerando también las sales solubles del agregado grueso y los aditivos.

El agregado fino podrá estar constituido por arena natural o por una mezcla de arena natural y arena de trituración⁵, en proporciones tales que permitan al concreto reunir las características y propiedades especificadas⁶.

⁵El módulo de finura (MF) debe estar comprendido entre 2.3 y 3.1 (ASTM C33).

⁶ El equivalente de arena (AASHTO T 175) deberá ser mínimo de 75%.

Las exigencias granulométricas para el agregado fino se indican en la tabla 1, detallada seguidamente.

Tabla 1. Granulometría para agregado fino (ASTM C-33)

Tamiz	Porcentaje que pasa ⁷
9.5 mm (3/8”)	100
4.75 mm (No. 4)	95 al 100
2.36 mm (No. 8)	80 al 100
1.18 mm (No. 16)	50 al 85
600 µm (No. 30)	25 al 60
300 µm (No. 50)	5 al 30
150 µm (No. 100)	0 al 10

Las cantidades de las siguientes sustancias perjudiciales, no excederán los límites que se indican en la tabla 2, (expresadas en % en peso de la muestra).

Tabla 2. Cantidades de sustancias perjudiciales permisibles en el agregado fino (ASTM C-33)

Material Presente	Clase B % en peso
Partículas desmenuzables y terrones de arcillas	≤ 3%
Carbón y lignito	≤ 1%
Finos que pasan malla No. 200	≤ 4% ⁸
Otras sustancias perjudiciales	≤ 1%

No se permitirá ningún método de manejo y almacenamiento de los agregados que pueda causar segregación, degradación, mezcla de distintos tamaños o contaminación con suelo u otros materiales, la figura 30 muestra el método recomendado para el acopio de agregados.

La cantidad de los agregados almacenados al iniciar las obras, debe ser suficiente para diez (10) días de trabajo.



⁷ El material que pasa la malla de 0.075 mm (AASHTO T 11) debe ser de 3% como máximo.

⁸ En caso de agregado fino triturado, si el material pasante por la malla #200 es producto de la trituración, y es libre de arcilla u esquistos, este límite puede ser hasta 5%.

III.II.II. AGREGADO GRUESO

Las exigencias granulométricas para el agregado grueso se indican en la tabla 3, detallada seguidamente.

Tabla 3. Granulometría para agregado grueso (ASTM C-33)

Tamiz	Porcentaje que pasa ⁹
50 mm (2”)	100
37.5 mm (1 ½”)	95-100
19 mm (¾”)	35-70
9.5 mm (3/8”)	10-30
4.75 mm (No. 4)	0-5

Deberá cumplir con los requisitos especificados en AASHTO M-80, las partículas que lo constituyen serán duras, limpias, resistentes, estables, libres de películas superficiales, raíces y restos vegetales, además no contendrán cantidades excesivas de partículas que tengan forma de laja o de aguja.

El agregado grueso podrá estar constituido por grava partida, roca triturada, o por mezcla de dichos materiales en proporciones tales que satisfagan las exigencias especificadas.

Se debe tener una curva granulométrica que con la mayor cantidad de partículas gruesas registre un mínimo contenido de vacíos.

Las cantidades de las siguientes sustancias perjudiciales no excederán los límites (expresados en % en peso de la muestra), que se indican en la tabla 4, a continuación.

Tabla 4. Cantidades de sustancias perjudiciales permisibles en el agregado grueso.

Material Presente	% en peso
Partículas desmenuzables y terrones de arcilla	≤ 5%
Carbón y lignito	≤ 0.5%
Finos que pasan malla No. 200:	≤ 1.0%
Otras sustancias perjudiciales	≤ 1.0%

⁹ El material que pasa la malla de 0.075 mm (AASHTO T 11) debe ser de 3% como máximo.

III.II.III. CEMENTO PORTLAND

El cemento a emplear en pavimentos de concreto será normalmente el de tipo GU, es decir, el de uso general. En casos especiales en que los pavimentos están expuestos a acciones moderadas de sulfatos, o por requerimientos de tiempo de hidratación, se utilizarán los cementos MS a LH. En general, el cemento empleado deberá cumplir mínimamente con las Normas ASTM C 1157.

Se podrá usar cualquier marca comercial, siempre y cuando se trate de utilizar el cemento producido por la misma fábrica.

El almacenamiento del cemento deberá ser tal que se garantice la conservación de sus propiedades originales de fabricación. El cemento a granel se debe almacenar en silos en buenas condiciones.

En el caso de cemento envasado deberá almacenarse en recintos cubiertos, en conjuntos calzados con piezas de madera, de modo que nunca estén en contacto directo con la humedad.

No se aconseja emplear cemento que tenga más de 90 días de almacenamiento.

Requerimientos para la construcción

III.III. COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA (DISEÑO DE LA MEZCLA DE CONCRETO) [A MODIFICAR]

La mezcla de concreto debe diseñarse de acuerdo con la **Sub-sección 901** de las Especificaciones Generales para la construcción de Caminos, Calles y Puentes, “NIC-2000”. La mezcla diseñada deberá cumplir con los parámetros que se presentan en la tabla 5.

Tabla 5. Dosificación del concreto de cemento portland para pavimento

Equipo de construcción	Relación agua/cemento(máxima)	Temperatura del concreto (°C)	Revenimiento (cm)	Tamaño de agregado ¹⁰ (ASTM C33 o AASHTO M43)	Resistencia mínima a la compresión 28 días (kg/cm ²)	Módulo de Rotura Mínimo a 28 días (kg/cm ²)	Contenido mínimo de cemento (kg/m ³).
Formaleta Deslizante	0.55	31 ± 1.	7.5 máximo.	No. 467	280	48	300
Formaleta Fija	0.55	31 ± 1.	12 máximo.	No. 467	280	48	300

El diseño de la mezcla, utilizando los agregados provenientes de los bancos ya triturados, quedará a cargo del contratista y será revisado por la Supervisión, cuya aprobación no liberará al Contratista de la obligación de obtener en la obra la resistencia y todas las demás características para el concreto fresco y endurecido, así como los acabados especificados. El control del concreto durante la elaboración se hará bajo la responsabilidad exclusiva del Contratista.

¹⁰ Otros tamaños de agregados especificados en AASHTO M 43 o ASTM C33 más pequeños que el No. 57 ó 67 pueden ser usados en el diseño de la mezcla de concreto. Sin embargo, esto puede significar mayores contenidos de cemento, lo cual incidiría en la aparición de fisuras por contracción y secado.

III.III.I. ESTUDIO DE LA MEZCLA Y OBTENCIÓN DE LA FÓRMULA DE TRABAJO.

Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el Contratista suministrará al Contratante, 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.

Una vez el Contratante efectúe las comprobaciones que considere necesarias y dé su aprobación a los materiales, el Contratista diseñará la mezcla y definirá una fórmula de trabajo, la cual someterá a aprobación del Contratante. Dicha fórmula señalará:

- Proporcionamiento por peso de cada uno de los componentes (cemento, agua, agregados, aditivos en polvo) y por volumen de los aditivos líquidos, para cada metro cúbico de concreto.
- 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.
- Certificado de Calidad del Cemento.
- La consistencia del concreto.
- Peso Unitario del Concreto.
- Contenido de aire.
- Tiempo de fraguado esperado del concreto.
- Evolución esperada de resistencias (3, 7, 14 y 28 días).

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

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

Para cada dosificación ensayada, se controlarán la consistencia (AASHTO T 119, ASTM C143), las resistencias a flexo-tracción (AASHTO T 97; ASTM C78), a compresión (AASHTO T 22, ASTM C39), ambas a siete (7) y veintiocho (28) días y, el contenido de aire incluido (AASHTO T 152 o AASHTO T 196; ASTM C138). Los especímenes de muestra serán fabricadas y curados de acuerdo con ASTM C 172 y AASHTO T 23. Los ensayos de resistencia se llevarán a cabo sobre probetas procedentes de cuatro (4) amasadas diferentes de concreto, confeccionando series de cuatro (4) probetas por amasada. De cada serie se ensayarán dos (2) probetas a siete (7) días y dos (2) a veintiocho (28) días, obteniéndose los valores medios de cada grupo de resultados. Se considerará como fórmula de trabajo la mezcla cuyo valor medio obtenido a veintiocho (28) días supere la resistencia especificada con margen suficiente para que sea razonable esperar que con la dispersión que introduce la ejecución de la obra, la resistencia característica real de ésta sobrepase la especificada.

III.IV. EQUIPO (A INCLUIR)

III.IV.I. EQUIPOS MENORES

Se requieren algunas herramientas menores como flota canal metálica y llana metálica que se definen a continuación debiendo cumplir con estos requisitos para su uso en el proyecto.

Flota Canal Metálica: Herramienta de Acabado Superficial conformada por una placa lisa, rígida y de sección transversal en forma de U, que tiene 0.15 m. de ancho y 0.80 m. de longitud y que es accionada por un mango articulado de entre 3.00 y 4.00 m. de longitud. Esta Flota Canal, pasada de forma transversal al eje longitudinal del Pavimento, conforma y nivela el Concreto instalado a medida que es deslizada planeando sobre él y cuando ya éste tenga una consistencia tal que permita dicha operación.

Llana Metálica: Herramienta de Acabado utilizada para alisar y pulir transversalmente la superficie de Pavimentos de uso Industrial (Bodegas), después de haber pasado la Flota Canal. Está conformada por una placa base lisa, delgada y de sección transversal en forma de U, que tiene 0.15 m. de ancho y mínimo 0.70 m. de longitud y que es accionada por un mango articulado de entre 3.00 y 4.00 m. de longitud. Para el caso de los Pavimentos de uso Vehicular y Peatonal, a criterio de la supervisión se puede omitir el uso de esta Herramienta, siempre que se garantice que con la adecuada utilización de la Flota Canal, se logrará obtener la nivelación y el pulimento requeridos.

III.V. MANIPULACIÓN, MEDICIÓN Y DOSIFICACIÓN DE LOS MATERIALES (A MODIFICAR)

La dosificación en volumen será aceptable sólo cuando el total de mezcla a producir sea un máximo 15 m^{311} , o cuando lo autorice la supervisión. Más de este límite la dosificación se hará por peso.

En cualquier caso, cuando la dosificación sea por volumen, deberán tenerse en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Los volúmenes de mezclado en cada una de las ollas será en múltiplos de sacos completos de cemento.
- Los agregados se medirán en carretillas dosificadoras o en recipientes de volumen conocido y debidamente comprobado.
- El agua se ajustará a la trabajabilidad requerida, empleándose recipientes de volúmenes conocidos y debidamente comprobados.

La dosificación en peso se podrá realizar en plantas dosificadoras o por pesaje convencional. En cualquier caso, el pesaje será de acuerdo con la capacidad de producción de la planta, y de transporte del sitio de planta al lugar de colocación. De manera opcional, se podrá obtener la mezcla directamente de productores premezcladores. Las dosificadoras deberán contar con tolvas separadas para el agregado fino y grueso. De igual manera es necesario, contar con las básculas necesarias para los otros componentes.

En obras pequeñas, será admisible pesar los materiales en carretillas montadas directamente en básculas a nivel del terreno cuando los volúmenes a manejar no justifiquen la instalación de dosificadoras. En estas condiciones lo que procede es tarar la báscula con el peso de la carretilla más el de agregado, de manera que en los pesajes subsecuentes de agregados únicamente se agregue o quite material para cumplir con el peso previamente establecido. Para evitar errores, es común emplear una báscula para cada tipo de agregado. El cemento se dosifica por sacos completos.

En la fórmula de trabajo, las dosificaciones de los agregados se establecerán en peso de materiales secos, teniéndose en cuenta su humedad al ajustar los dispositivos de pesaje.

¹¹ • Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos, IMCYC

En el momento de su dosificación, los agregados tendrán una humedad suficientemente baja para que no se produzca un escurrimiento de agua durante el transporte desde la planta de dosificación al dispositivo de mezclado y lo suficientemente alta para evitar la absorción de agua libre de la mezcla y la producción de cambios volumétricos en el concreto por este motivo.

III.VI. REVOLTURA DEL CONCRETO (A MODIFICAR)

Preferentemente se ejecutará de manera mecánica. La elaboración manual de mezclas sólo se permitirá en situaciones en donde también lo sea la dosificación por volúmenes, es decir, en volúmenes pequeños de obra, aceras, baches de reparación y obras complementarias. Las mezcladoras podrán ser plantas de mezclado central o equipo portátil (camiones mezcladores).

Cuando se utilizan camiones mezcladores se evitará durante el proceso de carga el amontonamiento de material en la cabeza del tambor, especialmente de cemento y arena. Este problema se minimiza si se coloca del orden del 10%¹² de grava y agua dentro del tambor antes de colocar la arena.

El agua se deberá adicionar en cantidad de un cuarto a un tercio de su cantidad total, sobre el lugar de descarga del camión premezclador, una vez que dentro del tambor ya se encuentran los demás componentes. Las tuberías de suministro de agua se deben diseñar al tamaño, de suerte que se inserten lo suficientemente dentro del tambor como para que se descargue la totalidad del agua dentro del 25% del total del tiempo de mezclado.

Los aditivos líquidos deberán adicionarse junto con el agua. Los aditivos en polvo se deben verter con los otros ingredientes del concreto en estado seco. Cuando se requiera más de un tipo de aditivo, cada uno de ellos se deberá dosificar por separado, a menos que se permita premezclarlos, previa disolución de los mismos.

El tiempo de mezclado en mezcladora central es variable y dependerá de las características del equipo. Los fabricantes recomiendan un minuto por cada 0.75 m³, más 1/4 de minuto por cada m³ adicional de capacidad con que cuente el tambor. Esto se puede establecer como un tiempo inicial de mezclado. El tiempo utilizado será aquel basado en resultados y comportamiento de equipo en campo, que permita obtener mezclas uniformes (ver prueba ASTM C-94).

¹² Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos, IMCYC

El tiempo de mezclado se mide a partir de que todos los componentes de la mezcla están dentro del tambor. Normalmente los equipos vienen con indicadores de sonido cuando se alcanza el tiempo que, de acuerdo con pruebas hechas en el campo, produce la uniformidad deseada producto del mezclado.

III.VII. TRANSPORTE DE CONCRETO (A INCLUIR)

El transporte entre la planta y la obra se efectuará de la manera más rápida posible. Para plantas dosificadoras, donde el mezclado se efectúe en camiones revolventes, el transporte del concreto a la obra se realizará en camiones con elementos de agitación o en camiones cerrados de tambor giratorio o de tipo abierto, provistos de paletas los cuales estarán equipados con cuentarrevoluciones. Deberán ser capaces de proporcionar mezclas homogéneas y descargar su contenido sin que se produzcan segregaciones.

En el caso de que la mezcla sea elaborada en plantas con mezclador central, y siempre que lo apruebe el Contratante, la mezcla podrá ser transportada en camiones volquetes, cubiertas con una lona apropiada durante el transporte, que descarguen su contenido sin que se produzcan segregaciones, y efectuándose de manera controlado, evitando que se formen acumulaciones excesivas de concreto al frente de la pavimentadora.

Cuando el traslado se efectúe mediante camiones volquetes, las distancias de traslado deberán ser evaluadas en dependencia de los problemas de consolidación, asentamiento y segregación durante el traslado. Si se detectara que el concreto varía sus propiedades, en especial, contenido de humedad y adecuada distribución de los áridos en la mezcla, deberá instalarse la planta a una distancia tal que el concreto conserve todos sus propiedades desde la salida de planta hasta la llegada al sitio de descarga.

Se procurará que los camiones volquete cuenten con una caja lisa que permita efectuar el vaciado con facilidad en el lugar de colocación de la mezcla. Esta deberá ocurrir preferentemente en un lapso no mayor de 30 minutos después de la elaboración del concreto. Este período podrá extenderse un poco si se cuenta con aditivos que permitan la trabajabilidad sin tener que agregar agua.

En casos extremos y si se utiliza concreto premezclado en el proyecto, el tiempo de descarga completa podrá extenderse hasta un máximo de 90 minutos, contados a partir de la introducción del cemento en la mezcla.

III.VIII. TOLERANCIAS (A INCLUIR)

Tabla 6. Tolerancias Generales

Caso	Tolerancia
Pendiente transversal con respecto a la del proyecto	± 0.5%
Índice de Rugosidad Internacional (máximo)	2.0 m/Km

III.IX. CRITERIOS DE REPARACIÓN (A INCLUIR)

Tabla 7. Criterios de reparación

Anomalia	Parámetro	Método de reparación	Descripción
Desportillamiento juntas transversales y longitudinales.	Menor a 0.1 cm desde el centro de la junta	No se interviene	No se interviene
Desportillamiento juntas transversales y longitudinales.	Mayor a 0.1 cm desde el centro de la junta	Caja	Cortar 2 cm fuera del área afectada paralela a la junta, extraer material a una profundidad media de 5 cms y realizar limpieza. Rellenar con mortero epóxico expansivo y compactar. Luego rallar textura
Marcas u oquedad	Huellas, daños de superficie, etc.	Caja	Cortar 2 cm fuera del área afectada paralela a la junta, extraer material a una profundidad media de 5 cms y realizar limpieza. Rellenar con mortero epóxico expansivo y compactar. Luego rallar textura
Desportillamiento juntas longitudinales de construcción.	Menor a 0.1 cm desde el centro de la junta	No se interviene, solo se sella con sello flexible.	Si se interviene con caja se desprende a corto plazo.
Fisuras de viento o plástica	Menor de 5 cm de longitud y de 2 mm ancho	No se interviene	
Fisuras de viento o plástica	Mayor de 5 cm de longitud y de 2 mm ancho	Sellado semiflexible	Se realiza corte sobre fisura, se limpia y se aplica sello semiflexible
Fisuras Transversales	Fisura que cruce la losa desde arriba hasta abajo.	Se sustituye	Se demuele la losa afectada y se sustituye por una completa, transfiriendo cargas por medio de dovelas de 1 pulgada cada 40 cm con 40 cm de longitud en la junta transversales
Fisuras Transversales	Fisura que no cruce la losa desde arriba hasta abajo retirada a menos de 150 mm de una junta paralela.	Caja	Corte a 5 cm de profundidad y corrido de ancho variable
Fisuras Transversales	Fisura que no cruce la losa desde arriba hasta abajo retirada a más de 150 mm de una junta paralela.	Sellado semiflexible	Se realiza corte sobre fisura, se limpia y se aplica sello semiflexible

Fisuras por corte tardío	Fisura paralela a la junta de contracción.	Sellado semiflexible	Se realiza corte sobre fisura, se limpia y se aplica sello semiflexible
Fisuras estructurales por corte tardío	Fisura paralela a la junta de contracción.	Se sustituye	Se demuele la losa afectada y se sustituye por una completa, transfiriendo cargas por medio de dovelas de 1 pulgada cada 40 cm con 40 cm de longitud en la junta transversales.

III.X. CONTROL DE CALIDAD (A INCLUIR)

III.X.I. ESPECÍMENES DE PRUEBA

Se deberán tomar muestras de concreto para hacer especímenes de prueba para determinar la resistencia a la flexión y compresión durante el colado del concreto. Especímenes de prueba adicionales podrán ser necesarios para determinar adecuadamente la resistencia del concreto cuando la resistencia del mismo a temprana edad límite la apertura del pavimento al tránsito. El procedimiento seguido para el muestreo del concreto deberá cumplir con la norma ASTM C 172.

El número de pruebas de resistencia realizadas va a depender de la ocurrencia de variaciones. El código de construcción ACI 318 y la ASTM C 94 requieren que se hagan pruebas de resistencia, para cada clase de concreto colocado en cada día, por lo menos una vez al día y por lo menos a cada 115 m³. Adicionalmente, el ACI 318 recomienda que deben tomarse pruebas no menos que una vez para cada 500 m² de área de losa colados en el mismo día. Cabe destacar que estos criterios en cuanto a la frecuencia de los ensayos de control, asumen muy pocas variaciones en los procesos de producción así como altos estándares de producción. Para el caso de Nicaragua será recomendable efectuar controles de resistencia al menos cada 35 m³ de concreto o por lo menos una vez al día.

Las muestras para ensayos de resistencia deben tomarse al pie de la obra y de acuerdo con “Method of Sampling Freshly Mixed Concrete” (Método de muestreo de concreto fresco, ASTM C 172). Los cilindros para los ensayos de resistencia deben ser fabricados y curados en laboratorio de acuerdo con “Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field” (Prácticas para la fabricación y curado de especímenes de prueba de concreto en el campo, ASTM C 31), y deben ensayarse de acuerdo con “Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens”, (Método de prueba para esfuerzos de compresión de especímenes de concreto cilíndricos, ASTM C 39) y “Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete”, (Método de prueba estándar para el esfuerzo a flexión del concreto, ASTM C78).

El nivel de resistencia de una clase determinada de concreto se considera satisfactorio si cumple con los dos requisitos siguientes:

1. Cada promedio aritmético de tres ensayos de resistencia consecutivos es igual o superior a f_c' o MR correspondiente.
2. Ningún resultado individual del ensayo de resistencia a 28 días (promedio de dos cilindros) es menor que 260kg/cm^2 y ningún resultado individual de resistencia a flexión debe ser menor de 48kg/cm^2 .

Cuando no se cumplan los requisitos antes señalados deberán tomarse medidas para el aseguramiento de los mismos.

III.X.II. BÁSCULAS

Las básculas para el pesaje de los materiales deben tener una precisión mínima de uno por ciento ($\pm 1\%$). Se calibrarán cada vez que la supervisión, el Contratante lo consideren necesario y como mínimo cada quince (15) días. Al iniciar las obras, el Contratista deberá certificar la precisión de las básculas empleando para ello una empresa certificada por el fabricante de las básculas y aprobada por el Contratante.

El Contratista deberá tener en obra unas masas calibradas y proceder a calibrar la báscula cada vez que el Contratante lo solicite o cada 15 días de trabajo continuo. En todos los casos las tolerancias no deberán ser mayores al 1% del peso de cada una de las materias primas empleadas. El equipo de pesaje estará aislado contra vibraciones y movimientos de otros equipos de la planta de forma que, cuando la planta esté en funcionamiento, las lecturas no varíen en más de uno por ciento ($\pm 1\%$) para los diferentes materiales.

III.X.III. ENSAYOS CARACTERÍSTICOS DE OBRA Y EJECUCIÓN DE TRAMOS DE PRUEBA

Estos ensayos tienen por objeto verificar que con los medios disponibles en la obra, resulta posible fabricar un concreto de las características exigidas. Para cada dosificación de posible aplicación en obra, determinada a partir de los ensayos previos de laboratorio, se efectuarán ensayos de resistencia sobre probetas prismáticas procedentes de seis (6) mezclas diferentes, confeccionando dos (2) probetas por amasada, las cuales se ensayarán a flexo-tracción a siete (7) días, obteniéndose el valor medio de los resultados de las roturas.

Para cada serie de probetas se controlará la resistencia y, de ser necesario, el aire incluido, con los mismos métodos empleados para los ensayos previos. Si el valor medio de la resistencia obtenida a los siete (7) días es igual o superior al ochenta por ciento (80%) de las resistencias especificadas a los veintiocho (28) días, y no se han obtenido resultados fuera de especificación para la consistencia o el aire incluido, se efectuará un tramo de prueba con concreto de dicha dosificación.

El tramo de prueba, cuya longitud mínima será 30 metros, en consideración al método de colocación, podrá ser construido por fuera de la calzada por pavimentar. El tramo servirá para verificar que los medios de vibración disponibles son capaces de compactar adecuadamente el concreto en todo el espesor del pavimento, que se cumplen las limitaciones de regularidad y rugosidad establecidas por la presente especificación, que el proceso de curado y protección del concreto fresco es adecuado y que las juntas se realizan correctamente.

En caso de que los resultados del primer tramo no sean satisfactorios, se construirán otros introduciendo variaciones en los equipos, métodos de ejecución o, incluso, en la dosificación, hasta obtener un pavimento con las condiciones exigidas. Logrado esto, se podrá proceder a la construcción del pavimento. Caso contrario el Contratista no podrá iniciar la pavimentación en el tramo.

Del trabajo satisfactorio se extraerán seis (6) testigos cilíndricos a los cincuenta y cuatro (54) días de la puesta en obra, para la determinación de la resistencia del concreto, cada uno de los cuales distará del más próximo cuando menos siete metros (7 m) en sentido longitudinal y estarán separados más de quinientos milímetros (500 mm) de cualquier junta o borde. Estos testigos se ensayarán a tracción indirecta (ASTM C 496) a la edad de cincuenta y seis (56) días, luego de ser sometidos a curado húmedo durante las cuarenta y ocho (48) horas previas al ensayo.

III.XI. ESPARCIDO, CONSOLIDACIÓN Y ACABADO FINALES (A MODIFICAR)

El acabado superficial longitudinal del concreto recién colado podrá proporcionarse mediante llanas mecánicas y a continuación, mediante el arrastre de tela de yute o bandas de cuero húmedas. Posteriormente con un equipo de texturizado por medio de herramientas automatizadas o manuales desarrolladas específicamente para este trabajo, se procederá a realizar el texturizado transversal mediante una rastra de alambre en forma de peine, con una separación entre dientes de 20 milímetros, ancho de dientes de 3 milímetros y con una profundidad de penetración máxima de 5 milímetros y mínima de 3 milímetros a todo lo ancho de la superficie pavimentada. Esta operación se realizará cuando el concreto esté lo suficientemente plástico para permitir el texturizado, pero lo suficientemente seco para evitar que el concreto fluya hacia los surcos formados por esta operación.

III.XII. CURADO (A MODIFICAR)

El curado deberá hacerse inmediatamente después del acabado final, cuando el concreto empiece a perder su brillo superficial. Esta operación se efectuará siguiendo uno de los métodos establecidos, por membrana impermeable o por humedad. El concreto no podrá estar expuesto a la intemperie por más de 30 minutos entre distintas etapas de curado o durante el período de curado, la aplicación de agua a la superficie será solamente utilizada como un curado interino y excepcional y será efectuado mediante el rocío de agua en forma de neblina y se utilizará hasta que el método de curado definitivo sea utilizado.

En el caso de que durante la época de pavimentación se presenten vientos fuertes rasantes, combinados o no con temperaturas ambiente elevadas, se deberá proveer una doble capa de membrana de curado, aplicándose la primera capa inmediatamente después del flotado del concreto y la segunda posterior al texturizado transversal.

Durante el tiempo de endurecimiento del concreto, deberá protegerse la superficie de las losas contra acciones accidentales de origen climático, herramientas o del paso del equipo o seres vivos. El Contratista será responsable único del costo y trabajos correspondientes para la reparación de desperfectos causados en la losa de concreto o por cualquiera de las causas arriba mencionadas. El procedimiento para la reparación deberá ser previamente autorizado por la Supervisión con el aval del Contratante.

Los trabajos de reparación quedarán cubiertos por la misma garantía que aplica a los trabajos de pavimentación.

1. Curado por membrana

Para el curado de la superficie del concreto recién colada deberá emplearse una membrana líquida blanca que forma un compuesto de curado, requiriendo una membrana reflectiva, el que deberá cumplir con los requisitos de calidad que se describen en la norma ASTM 309, Tipo 2 Clase A y AASHTO M 148, Tipo 2 Clase A & B.

La membrana de curado debe permitir que el concreto retenga agua¹³ con el fin de lograr la resistencia diseñada, mientras proporciona reflectividad para minimizar la acumulación del calor bajo la luz directa del sol.

El tiempo de secado debe ser máximo una hora, el tiempo para tránsito peatonal será de 2 a 4 horas máximos (secado al tacto) y el tiempo para el tránsito vehicular será 6 a 10 horas máximo. La membrana no se deberá exponer a lluvia como mínimo 12 horas después de la aplicación, para mejorar la aplicación la temperatura ambiente debe encontrarse entre los 10°C y 38°C.

Cuando el curado se realice con productos de este tipo, ellos se deberán aplicar inmediatamente hayan concluido las labores de colocación y acabado del concreto y el agua libre de la superficie haya desaparecido completamente. Sin embargo, bajo condiciones ambientales adversas de baja humedad relativa, altas temperaturas, fuertes viento o lluvias, el producto deberá aplicarse antes de cumplirse dicho plazo.

El producto de curado que se emplee deberá cumplir las especificaciones dadas por el fabricante y la dosificación de estos productos se hará siguiendo las instrucciones del mismo. Su aplicación se llevará a cabo con equipos que aseguren su aspersion como un rocío fino, de forma continua y uniforme. El equipo aspersor deberá estar en capacidad de mantener el producto en suspensión y tendrá un dispositivo que permita controlar la cantidad aplicada de la membrana.

¹³Perdida de Humedad (ASTM C156) <0.55 kg/m²



Figura 31 Los compuestos líquidos formadores de películas se deben aplicar con cobertura uniforme y adecuada sobre toda la superficie y bordes para obtenerse un curado prolongado y efectivo

Cuando las juntas se realicen por aserrado, se aplicará el producto de curado sobre las paredes de ellas. También se aplicará sobre áreas en las que, por cualquier circunstancia, la película se haya estropeado durante el período de curado. No se permitirá la utilización de productos que formen películas cuyo color sea negro.

2. Curado por humedad.

Cuando se opte por este sistema de curado, la superficie del pavimento se cubrirá con telas de yute, arena u otros productos de alto poder de retención de humedad, una vez que el concreto haya alcanzado la suficiente resistencia para que no se vea afectado el acabado superficial del pavimento.

Mientras llega el momento de colocar el producto protector, la superficie del pavimento se mantendrá húmeda aplicando agua en forma de rocío fino y nunca en forma de chorro. Los materiales utilizados en el curado se mantendrán saturados todo el tiempo que dure el curado.

No se permite el empleo de productos que dañen o decoloren el concreto. En la figura 32 se muestran medidas adicionales de curado.



Figura 32 Medidas adicionales de curado: la niebla minimiza la pérdida de humedad durante y después de la colocación y el acabado del concreto.

III.XIII. JUNTAS (A MODIFICAR)

Las juntas deberán ajustarse al alineamiento, dimensiones y características consignadas en los planos del proyecto. El espesor de la junta no deberá ser mayor a 2 mm. Después del curado de las losas se procederá al corte de las juntas transversales y longitudinales dentro del denominado “período de ventana” para el “corte verde” del concreto, previniendo la aparición de fisuras prematuras. El corte de las juntas deberá comenzar por las transversales de contracción, e inmediatamente después continuar con las longitudinales. Previo al corte de la junta longitudinal se deben colocar en las juntas transversales los protectores de esquinas necesarios para evitar el despostillamiento de estas últimas. 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 2 a 3 horas de haber colocado el concreto y deberá ser ejecutado en conformidad con el avance de la colocación. Las losas que se agrieten por aserrado inoportuno deberán ser demolidas y/o reparadas de acuerdo y a satisfacción del Contratante.

En el caso de las juntas de construcción, donde se requiera de cortes de juntas en dos etapas (escalonados), el segundo corte no deberá realizarse antes de 48 horas después del colado. Si el corte es de 2mm no se haría un corte escalonado. En toda junta de construcción se introducirán barras lisas de acero grado 40, una pulgada de diámetro, con 40 cm de longitud y 50% de la longitud en cada losa, espaciadas a 30 cm.

Las ranuras aserradas deberán inspeccionarse para asegurar que el corte se haya efectuado hasta la profundidad especificada (1/4 del espesor de la losa). Toda materia extraña que se encuentre dentro de todos los tipos de juntas deberá extraerse mediante aire a presión los cuales deberán ser aplicados siempre en una misma dirección. El uso de este procedimiento deberá garantizar la limpieza total de la junta y la eliminación de todos los residuos del corte.

Deberán tomarse las precauciones necesarias para evitar que se dañen los bordes de las juntas por impactos del equipo o de la herramienta que se estén utilizando en la obra. En el caso de que produzcan daños en las juntas (desprendimiento de material, agrietamiento, etc.), el Contratista deberá corregirlos sin cargo alguno formando una caja mínima de 50 centímetros de ancho por 50 centímetros de largo por un medio del espesor de la losa de profundidad por medio de la utilización de cortadoras de disco. No se permite el uso de equipos de impacto para el formado de la caja. El concreto a ser empleado en la reparación deberá ser del tipo que no presente contracción ni cambio volumétrico alguno por las reacciones de hidratación del cemento.

III.XIII.I. CONFINAMIENTO LATERAL

Se colocarán dos barras corrugadas de 16 mm (5/8”) de diámetro por cada losa de pavimento, instalados verticalmente al costado externo de las losas. La longitud de las barras será de al menos 30 cm, pero con un largo tal que asegure un buen anclaje en la base. La ubicación será a 30cm de los bordes exteriores de la losa, embebidos en la misma. La finalidad de estas barras es evitar el desplazamiento lateral de las losas. En los casos en que el borde de la losa esté confinado por algún bordillo o cuneta, esta barra no será colocada.

III.XIII.II. JUNTA PAVIMENTO – BORDILLO/CUNETETA

La junta entre el pavimento de concreto con el bordillo o cuneta no es considerada como parte de la estructura del pavimento, por lo que no se requiere de algún refuerzo de amarre. Sin embargo, es probable que se pudiera producir cierta separación entre ambos con el paso de los años.

Para evitar esta separación, se colocará una varilla corrugada de amarre de una pulgada de diámetro con una longitud de 90 cm a cada 120 cm. Las varillas de acero de amarre deberán ser de grado 40 pudiéndose doblar a 90° en caso de ser necesario. La construcción del bordillo se realizará posteriormente.

III.XIV. PROTECCIÓN DEL PAVIMENTO

Durante el tiempo de fraguado, el concreto deberá ser protegido contra el lavado por lluvia, la insolación directa, el viento y la humedad ambiente baja.

Para ello se dispondrá en obra de toldos a base de manteados o plásticos que eviten el lavado de las texturas superficiales de las losas o, si lo ameritara, de la acción directa de los rayos solares. Los mismos deberán colocarse cada vez que sea necesario o cuando lo indique el Contratante. Si el Contratista no atiende esta orden y las losas sufren un lavado del acabado superficial, deberá someter por su cuenta la superficie a un ranurado transversal, de acuerdo con las indicaciones de la Supervisión con la revisión del Contratante.

Durante el período de protección, que en general no será inferior a tres (3) días a partir de la colocación del concreto, estará prohibido todo tipo de tránsito sobre él, excepto el necesario para el aserrado de las juntas cuando se empleen sierra mecánicas.

III.XV. APERTURA AL TRÁFICO

El pavimento se abrirá al tránsito cuando el concreto haya alcanzado una resistencia a flexo-tracción del ochenta por ciento (80%) de la especificada a veintiocho (28) días. A falta de esta información, el pavimento se podrá abrir al tránsito sólo después de transcurridos veintiocho (28) días desde la colocación del concreto.

III.XVI. ACEPTACIÓN

III.XVI.I. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

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 en **48 kg/cm²** con una resistencia mínima a la compresión no confinada del concreto de **280 kg/cm²**.

Esta resistencia se verificará en especímenes moldeados durante el colado del concreto, correspondientes a vigas estándar con las dimensiones de 15 x 15 x 50 centímetros, compactando el concreto por vibro compresión; una vez curados los especímenes adecuadamente, se ensayarán a los 3, 7 y 28 días, aplicando las cargas en los tercios de la luz (ASTM C 78). Durante la fase de diseño de la mezcla se deberá establecer la correlación preliminar entre resistencia a la flexión y resistencia a la compresión para los efectos del control de calidad, la cual deberá ser confirmada durante la ejecución de la obra.

III.XVI.II. TRABAJABILIDAD

El asentamiento promedio de la mezcla de concreto deberá ser:

- **Para Equipos de Formaleta Deslizante:** Cinco (5) centímetros, al momento de su colocación; nunca deberá ser menor de dos y medio centímetros (2.5), ni mayor de siete y medio centímetros (7.5).
- **Para Equipos de Formaleta Fija:** Diez (10) centímetros, al momento de su colocación; nunca deberá ser menor de ocho (8), ni mayor de doce (12).

El concreto deberá de ser uniformemente plástico, cohesivo y manejable. El concreto trabajable es definido como aquel que puede ser colocado sin que se produzcan demasiados vacíos en su interior y en la superficie del pavimento.

El sangrado excesivo del concreto aumentará la relación agua-cemento cerca de la superficie; lo cual dará lugar a una camada superficial débil y con poca durabilidad, por lo cual bajo ninguna circunstancias de efectuará el acabado cuando el agua desangrado aún está presente. Cuando el brillo del agua de sangrado haya desaparecido y el concreto pueda soportar la presión provocada por los pies con un hundimiento de solamente 6 mm (1/4”), la superficie está lista para las operaciones de acabado. La tasa de Exudación o sangrado se medirá de acuerdo a ASTM C 232.

Si durante las labores de acabado se presentan niveles de sangrado excesivos, se deberá efectuar inmediatamente una revisión del diseño de mezcla, lo cual podrá incluir modificación del proporcionamiento y origen de los agregados, contenido de agua, cemento y relación a/c, tipo de aditivos aplicados, entre otros.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Recinto Universitario “Pedro Arauz Palacios”
Facultad de Tecnología de la Construcción

IV. CAPÍTULO IV. ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO CON HDM-4

IV.1. EL HDM-4 COMO HERRAMIENTA DE AYUDA PARA LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS

El software HDM-4 es una importante herramienta de análisis para la evaluación técnica y económica de Inversiones en construcción y conservación de redes de carreteras.

El funcionamiento de la herramienta se basa en un modelo de cálculo de las relaciones físicas y económicas derivadas de un extenso estudio sobre el deterioro de las carreteras, el efecto de la conservación de las mismas, y los costos de operación de los vehículos.

Las principales funciones del HDM-4 son el análisis de los deterioros y los efectos de la conservación de carreteras, para una serie de alternativas de conservación especificadas por el usuario de la aplicación. Para ello, calcula los costos de operación de los vehículos en función del estado de cada carretera, determina los costos anuales de la administración de carreteras y de los usuarios para cada una de las alternativas de conservación definidas. Por último, se evalúan las alternativas de conservación, produciendo la comparación económica de las mismas. De esta manera el ingeniero dispone de una amplia información para determinar cuáles son las medidas de conservación más beneficiosas para la red estudiada.

IV.II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

NEJAPA – IZAPA

Esta carretera forma parte del Corredor Logístico del Pacífico. Se encuentra en los departamentos de Managua y de León.

Aunque la carretera Nejapa - Izapa fue rehabilitada en los años 1992-1994, actualmente se encuentran en estado muy deteriorado y se requiere su completa reconstrucción. Es probable que el camino existente se haya deteriorado tan drásticamente por un diseño deficiente y un inexistente mantenimiento, considerando el grado de deterioro observable. La pobre condición de la carretera Nejapa-Izapa ha obligado al tráfico vehicular, especialmente al comercial a utilizar la ruta Izapa - Las Piedrecitas, que en su recorrido cruza localidades sumamente pobladas, causando impactos negativos para atender los niveles de servicio, mantenimiento y la seguridad de la carretera y de peatones. Las propuestas de mejoras a este Corredor Logístico aparecen en el Plan de Transporte Nacional de Nicaragua, completadas en 2001.

En el año 2011 se realizó la reconstrucción del tramo Empalme Puerto Sandino–Empalme Izapa con una estructura de asfalto, por lo que este tramo no requiere ninguna intervención. En el análisis técnico-económico realizado con el software HDM-4 no se tomó en cuenta este tramo.

Con el objetivo de comparar los recursos económicos necesarios para la construcción y conservación de la vía en un período de estudio igual a 20 años de diferentes alternativas de pavimentos, se hace uso de la herramienta HDM-4.

Con la aplicación de los modelos empleados con el sistema de gestión HDM-4, se buscará determinar si la tecnología de losas cortas en pavimentos de concreto hidráulico es viable económica y estructuralmente comparada con otras alternativas de uso común en el país como los son pavimentos de asfalto y pavimentos de concreto con losas convencionales.

IV.III. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de esta tarea se establecerá un sistema de gestión en el modelo HDM-4, basado en diferentes alternativas de diseño y mantenimiento de la vía.

Se considera como sistema de gestión de pavimentos al conjunto de operaciones que tienen como objetivo conservar por un período de tiempo las condiciones de seguridad, comodidad y capacidad estructural adecuadas para la circulación, soportando las condiciones climáticas y de entorno de la zona en que se ubica la vía en cuestión, minimizando los costos monetarios y sociales.¹⁴

El objetivo principal que debe perseguir un sistema de gestión de pavimentos es establecer una metodología para la evaluación y seguimiento continuo del estado superficial y estructural del pavimento, de modo que sea posible tomar decisiones sobre como proporcionar mejores condiciones para la circulación y la movilidad, en el escenario de tiempo establecido.

IV.III.I. EL MODELO HDM-4 COMO HERRAMIENTA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS

La arquitectura del HDM-4 se presenta en la figura 33 en la que aparece la descripción general de los elementos que lo componen.



Figura 33 Arquitectura de la herramienta HDM-4

Según la figura anterior, los elementos que conforman el HDM-4 se agrupan en tres grandes equipos: los manejadores de datos, las herramientas de análisis y los modelos.

¹⁴ Solminihaç, 1998

IV.III.II. MANEJADORES DE DATOS

Se entiende como manejador de datos a los módulos que están orientados a la recolección de la información del inventario de la Red, las condiciones e historia del pavimento, los datos del tránsito y los vehículos, el clima y la información referente a los costos de usuario. De igual forma, también se definen las políticas, acciones y estándares de conservación e intervención.

Los módulos conocidos como los manejadores de datos en el HDM-4 son:

Configuración del HDM-4:

Proporciona funciones para personalizar la operación del sistema y para ajustar datos adaptados a las condiciones locales. El proceso de configuración requiere información y se lleva a cabo para cinco componentes indispensables que son:

- Modelos de tráfico.
- Tipos de velocidad/capacidad.
- Zonas climáticas.
- Definición de la moneda.
- Datos y Tablas globales.

Flota Vehicular:

Define las características del parque de vehículos que operan en la red de carreteras que se va a analizar. Dentro de ella se proporcionan funciones para el almacenamiento y recuperación de las características de vehículo necesarias para calcular velocidades, costos de operación, costos de tiempos de viaje y otros efectos.

Red de Carreteras:

Se definen las características físicas de tramos de carretera en una red que se va a analizar. En ella se proporcionan las funciones básicas para almacenar las características de uno o más tramos de carretera, permitiéndoles a los usuarios definir diferentes redes y tramos.

Estándares de trabajo:

Los trabajos definen estándares de conservación y mejora (con sus costos unitarios) que serán aplicados a los distintos tramos de la carretera a analizar. Los trabajos están referidos a los objetivos o niveles de condiciones y respuesta que se propone conseguir en un sistema de gestión de carreteras.

IV.III.III. HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS

En las herramientas de análisis se encuentran los módulos de proyectos, programas y estrategias los cuales operan sobre los datos definidos en los manejadores de datos y arrojan los resultados del sistema de gestión, para luego ser analizados.

Proyectos:

Un análisis de proyecto consiste en la evaluación de uno o más proyectos de carretera y opciones de intervención. HDM-4 analiza un tramo de carretera con unos tratamientos seleccionados, con los costos y beneficios asociados, proyectándolos anualmente a lo largo del período de análisis. Se puede usar el análisis del proyecto para estimar la viabilidad técnica y económica de los proyectos de inversión en carreteras.

Programas:

En el análisis de programa se realiza la asignación de prioridades a una larga lista definida de proyectos de carretera con diferentes opciones de conservación y/o mantenimiento, asociadas a diferentes opciones de inversión, para un programa de obras de uno a más años bajo restricciones presupuestarias definidas.

Estrategias:

El análisis estratégico se puede usar para analizar una determinada red en su conjunto y preparar estimaciones para la planificación de necesidades de gasto para el desarrollo y la conservación de carreteras a mediano y largo plazo, bajo varios supuestos presupuestarios.

IV.III.IV. MODELOS DEL HDM-4

La principal función de los modelos en HDM-4, es la de calcular la evolución del deterioro del pavimento, los costos del mantenimiento de una vía y los costos de usuario para un período de análisis especificado. Por lo tanto, los modelos son usados para buscar el diseño de un estándar de mantenimiento adecuado, para el cual los costos totales del transporte sean mínimos. HDM-4 contiene básicamente los siguientes modelos:

Modelos de deterioro y efectos de los trabajos (RDWE):

El modelo de deterioro (RD) pronostica cuál va a ser el deterioro del pavimento, en función del tráfico existente y proyectado, condiciones estructurales y funcionales del pavimento, y del medio ambiente. Las variables que se usan en este modelo están asociadas con:

- Clima y medio ambiente,
- tráfico,
- historia del pavimento,
- características estructurales del pavimento y,
- propiedades de los materiales.

El modelo de efectos de trabajos (WE) simula los efectos de las obras definidas en el módulo de estándares de trabajo en el estado del pavimento y determina los costos correspondientes. Es usado por HDM-4 para estimar los recursos necesarios del administrador vial para preservar en buen estado las carreteras. Estos recursos se expresan en términos de cantidades físicas y costos monetarios de los trabajos que se deben realizar.

Modelos de efectos sobre los usuarios (RUE)

El modelo de los efectos sobre el usuario (RUE) en HDM-4 comprende principalmente el análisis de:

- La velocidad, los costos de operación vehicular (VOC) y tiempos de viaje de los vehículos motorizados (TTC).
- La velocidad y los costos de operación de los vehículos no motorizados (MNTOC).
- La seguridad val (AC)

Para cada tipo de vehículo, la velocidad y los recursos de operación se determinan en función de la geometría, el tipo y condición del pavimento, bajo condiciones de flujo libre y flujo congestionado. Los costos de operación se obtienen multiplicando las cantidades unitarias de los recursos requeridos, por los costos o precios unitarios que especifica el usuario en términos económicos o financieros.

El tiempo de viaje se considera en términos de pasajero-hora, para tiempo de trabajo y tiempo de ocio. Los costos por el tiempo de viaje son expresados únicamente en términos económicos.

Modelación de los efectos de emisiones y consumos energéticos (SEE):

El modelo de efectos sociales y ambientales se usa para el análisis del balance de energía y las emisiones de los vehículos.

El balance de energía realiza un análisis para comparar la energía total utilizada por diferentes modos de transporte para un caso base y el caso del proyecto analizado. El balance de energía es usado para calcular la energía usada por los vehículos motorizados y no motorizados, y la energía usada durante la construcción y el mantenimiento de las redes viales.

El objetivo de modelar las emisiones de los vehículos es cuantificar los efectos en términos de polución que pueden producir cambios en las características de las vías, la congestión del tráfico y la tecnología del vehículo. EL modelo predice diferentes componentes de las emisiones de escape del vehículo en función del consumo de combustible.

Para el caso particular del presente proyecto no se tiene en consideración este modelo, puesto que no se contaba con la suficiente información y emplearlo podría ocasionar problemas en la interpretación de la información.

IV.IV. ESQUEMA METODOLÓGICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE HDM-4 EN LA CARRETERA NEJAPA-IZAPA

A continuación se plantea una metodología de implementación del HDM-4, mediante la descripción de su estructura y los requerimientos de datos necesarios para la alimentación del programa.

IV.IV.I. REQUERIMIENTOS GENERALES DE INFORMACIÓN

En la implementación del sistema de gestión, para establecer las prioridades de actuación e indicar el tipo de cantidades de obra de los trabajos de mantenimiento y/o rehabilitación es necesaria la correcta evaluación de la estructura y el desarrollo del pavimento, para ello se debe contar con la información citada a continuación:

- Datos del diseño de pavimentos.
- Datos de tránsito.
- Datos del medio ambiente.
- Datos de las políticas de mantenimiento y/o rehabilitación.
- Datos de costos.

La accesibilidad de este tipo de datos y la continuidad en el proceso de actualización de los mismos, permite la modelación del comportamiento del pavimento, el análisis de la causa de los deterioros y la determinación del tipo de intervención a realizar, al igual que la periodicidad o el momento justo de llevarlas a cabo.

Dentro del programa de gestión HDM-4, el "Espacio de Trabajo" que se observa en la Figura 34, es el que contiene, almacena y administra toda la información requerida, contenida dentro de los manejadores de datos, previamente explicados.

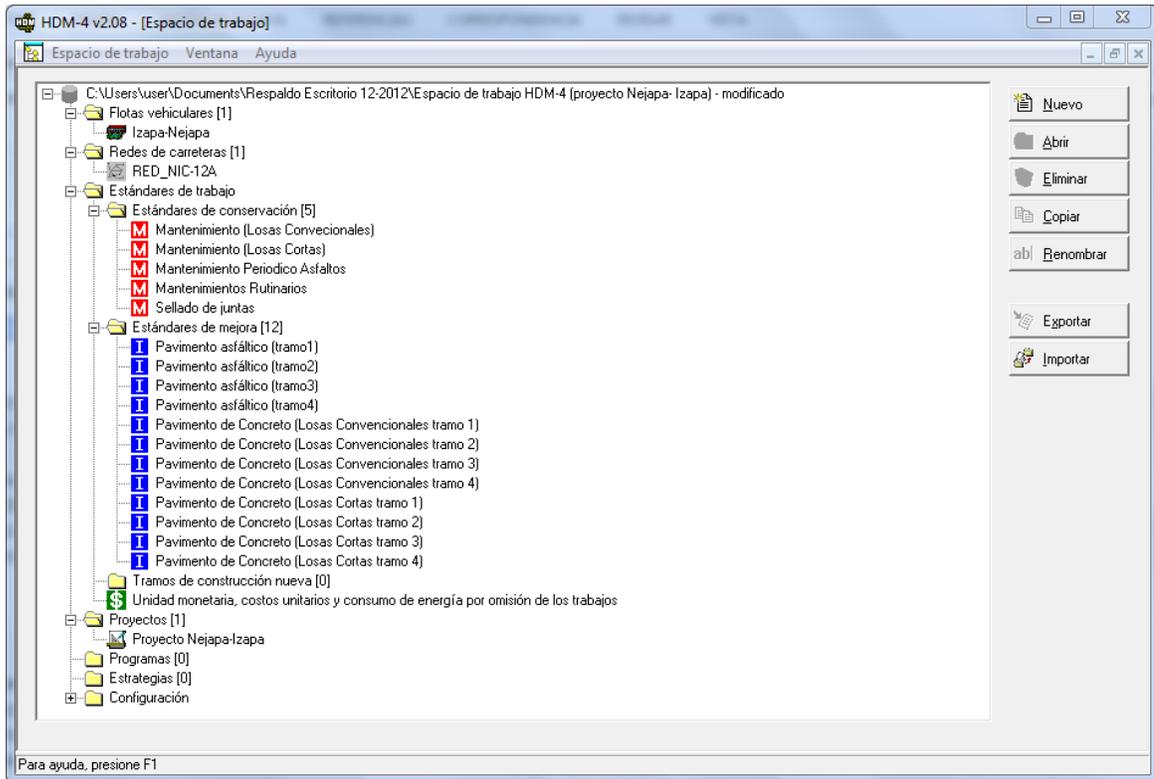


Figura 34. Espacio de trabajo hdm-4

El uso del HDM-4 implica tener conocimiento sobre las variables de entrada, los términos en que el programa las exige y la utilización que este tendrá de ellas, previa a la digitalización de los datos, con el fin de obtener resultados aceptables según el criterio de quien realice el trabajo y el nivel de exactitud al que se pretende llegar.

Definición de parámetros globales

Dentro de la configuración existe el componente de datos globales que son parámetros definidos por intervalos cuantitativos asociadas a variables cualitativas usadas en el módulo de Red de Carreteras.

En los datos globales se definieron categorías de acuerdo a las condiciones locales de la carretera Nejapa-Izapa.

Modulo Red de Carreteras

El módulo de Red de Carreteras es el encargado de almacenar y administrar la información referente a las características físicas y especificaciones del tipo de pavimento y de la geometría de los tramos que conforman la vía que hace parte del proyecto.

En la definición de la Red de carreteras se distinguen cuatro ventanas donde se hace la caracterización de cada uno de los tramos definidos. Estas ventanas son:

Definición:

En la definición se tienen en cuenta aspectos como los parámetros de identificación del tramo, la asignación cualitativa de los parámetros establecidos en el módulo de Configuración (modelo de tráfico, zona climática, etc.), y aspectos relacionados con las características de la vía y con el tránsito.

Geometría:

En la ventana de geometría, HDM-4 asigna valores para cada una de las características geométricas en función del tipo de geometría que se determine en la definición. Estos valores pueden ser modificados por si se tienen datos más detallados del tramo.

Clase de superficie:

La clase de superficie es un componente que está en función del tipo de pavimento, donde se asignan las características estructurales y la historia del pavimento.

En la definición de la clase de superficie se cuenta con varios tipos de pavimento:

Vías pavimentadas con productos bituminosos.

- Mezclas asfálticas.
- Tratamientos superficiales.

Vías pavimentadas con concreto.

- Concreto simple con juntas con o sin transferencia de carga (JPCP).
- Concreto reforzado con juntas (JRCP).
- Concreto reforzado continuo (CRCP).

Vías en tierra o destapadas.

- Grava o tierra.

A continuación se detallan aspectos relacionados con la definición de la clase de superficie para pavimentos flexibles y pavimentos rígidos.

Pavimentos Flexibles:

Para la correcta definición de los pavimentos flexibles dentro de HDM-4, se debe establecer qué tipo de estructura es la que conforma el pavimento, para lo cual el programa da una serie de opciones que se relacionan a continuación:

Estructura del Pavimento:

Base: Granular, Asfáltica o pavimento asfáltico, Estabilizada.

Superficie: Mezcla asfáltica, Tratamiento superficial.

Adicionalmente, se debe contar con información sobre algunas características del pavimento tales como:

- Capa de rodadura: Tipo del material superficial, Espesor de la capa más reciente, Espesor de capas antiguas o previas.
- Información histórica de construcción e intervenciones: Última reconstrucción o nueva construcción, Última rehabilitación, Última repavimentación, Último tratamiento preventivo.
- Parámetros estructurales (capacidad de soporte).
 - Asignados: Número Estructural (SN) y CBR subrasante.
 - Calculados: Número Estructural Efectivo (SNP).

Las características estructurales de los pavimentos bituminosos están en función del número estructural efectivo (SNP). Para el cálculo del Número Estructural Efectivo (SNP) se tienen tres alternativas:

- Método 1: Cálculo mediante los espesores de las capas con sus respectivos coeficientes estructurales y el valor del CBR de la subrasante.
- Método 2: Cálculo por medio de deflexiones medidas con Viga Benkelman.
- Método 3: Cálculo por medio de deflexiones medidas con deflectómetro de impacto.

En la definición de la Red de Carreteras para el caso de la carretera Nejapa-Izapa el Número Estructural Efectivo (SNE) fue definido en función del cálculo mediante los espesores de las capas con sus respectivos coeficientes estructurales y el valor del CBR de la subrasante.

Estado del pavimento.

En esta ventana se asignan los valores del estado en que se encuentra el pavimento en función de los deterioros que se pueden presentar según el tipo de pavimento. Según los datos suministrado en ésta ventana, HDM-4 empieza a generar las curvas de deterioro las cuales van a simular el comportamiento del pavimento.

Los deterioros de los pavimentos flexibles considerados en HDM-4 son:

- Irregularidad,
- agrietamiento estructural total,
- agrietamiento estructural ancho,
- agrietamiento térmico,
- área con desprendimientos,
- número de baches,
- área con rotura de borde,
- profundidad media de roderas,
- profundidad de la textura,
- resistencia al deslizamiento y,
- estado drenaje.

Pavimentos Rígidos:

Para la correcta definición de los pavimentos rígidos dentro de HDM-4, se debe establecer qué tipo de estructura es la que conforma el pavimento, para lo cual el programa da una serie de opciones que se relacionan a continuación:

Estructura del Pavimento:

Tipo de Subrasante: Granular, Fina

Base: Granular, Estabilizada con asfalto, Estabilizada con cemento.

Superficie: JPCP con pasajuntas, JPCP sin pasajuntas, JRCP, CRCP.

Adicionalmente, se debe contar con información sobre algunas características del pavimento tales como:

- Capa de rodadura: Tipo del material superficial, Espesor de la capa.
- Concreto: Longitud de losa.
- Capa de base: Espesor, Módulo.
- Construcción: Año de construcción.
- Temperatura de losas: Gradientes de temperatura.

Condición del pavimento.

En esta ventana se asignan los valores del estado en que se encuentra el pavimento en función de los deterioros que se pueden presentar según el tipo de pavimento. Según los datos suministrado en ésta ventana, HDM-4 empieza a generar las curvas de deterioro las cuales van a simular el comportamiento del pavimento.

Los deterioros de los pavimentos rígidos considerados en HDM-4 son:

- Irregularidad.
- Escalonamiento.
- Juntas despostilladas.
- Losas agrietadas.
- Grietas deterioradas.
- Fallas por km.

Es importante aclarar que una vez establecido en la ventana de definición de la Red de Carreteras las variables adoptan los valores por defecto definidos en el módulo de configuración, estos valores pueden ser modificados si se cuenta con información más precisa de cada una de las variables.

Para este análisis se decidió dividir la carretera Nejapa-Izapa en cuatro tramos para diferenciar las distintas características de cada uno de ellos, esto por las características específicas de cada tramo actualmente (número de carriles, tránsito promedio diario, espesor de pavimento):

- Empalme Nejapa – Semáforo Auto Hotel Nejapa,
- Semáforo Auto Hotel Nejapa – Empalme Santa Rita,
- Empalme Santa Rita – Empalme El Tránsito,
- Empalme El Tránsito – Empalme Puerto Sandino y,
- Empalme Puerto Sandino – Empalme Izapa

Como se mencionó al inicio de este capítulo el tramo Empalme Puerto Sandino – Empalme Izapa fue reconstruido en el año 2011 y no requiere ninguna intervención por el momento, siguiendo recomendaciones de expertos en HDM-4 del INCYC en este análisis no se analizó este tramo.

Los datos relacionados a la estructura y condición del pavimento en la carretera Nejapa-Izapa fueron obtenidos de la dirección de Administración Vial del MTI.

En el Anexo No. 3 se encuentra definida la Red de Carreteras Nejapa-Izapa utilizada para en el *Object* del proyecto, según los datos definidos en cada una de las ventanas para cada tramo definido en función de la estructura de pavimento a analizar.

IV.IV.II. MÓDULO FLOTA VEHICULAR

La flota vehicular es el módulo encargado de administrar todo lo concerniente a las características del parque de vehículos que circulará por la carretera Nejapa-Izapa, proporcionando funciones para el almacenamiento, sin límites, de los vehículos tipo y sus características.

La flota vehicular en HDM-4 se define en tres ventanas principales en las que se creó una familia de vehículos tipo que representa una clase con características similares.

Estas ventanas son:

Definición:

En la definición se tiene un sistema de clasificación de los vehículos según su categoría, clase y tipo.

- Categoría: Diferencia entre vehículos motorizados y no motorizados.
- Clase: Se refiere a grupos de vehículos similares, es decir si pertenecen a vehículos de pasajeros, camiones, buses, etc.
- Tipo: Es la característica individual de cada clase de vehículo, por ejemplo camión ligero, camión pesado, pick up, etc.

Características básicas:

En características básicas se definen las características físicas, de utilización, de neumáticos y de carga.

Las características físicas incluyen detalles del vehículo que definen la distribución de la carga en el pavimento y el factor de equivalencia, PCSE (Factor de espacios equivalentes de automóviles de pasajeros), que influye en el análisis de circulación.

Las características de utilización comprenden las variables que afectan directamente los costos del usuario; las características de los neumáticos comprenden todos los factores que afectan los costos causados por su utilización.

Finalmente, las características de carga tienen en cuenta variables que inciden en la sollicitación del pavimento.

Costos económicos unitarios:

En los costos económicos unitarios se trabaja con los recursos del vehículo y el valor del tiempo, el primero comprende los costos en que incurre el usuario por la compra y la utilización del vehículo y los costos del tiempo de los pasajeros, y en el segundo incluye variables para castigar los retrasos en el tiempo causados por ejemplo por el deterioro del pavimento.

IV.IV.III. CALIBRACIÓN DEL MÓDULO

Para la definición se utilizó el sistema de clasificación otorgado por el MTI, el cual clasifica los vehículos en 14 tipos. Igualmente las características básicas y físicas fueron obtenidas de este ministerio. A excepción del cálculo de los ESALF en las características físicas, estos fueron calculados en con ayuda de la monografía **“Propuesta de los Factores Camión y Espectros de Carga para diseño de estructuras de pavimento en las carreteras de Nicaragua”, UNI 2012** referente a los espectros de cargas que se presentan en el país y de las tablas de factor de eje equivalentes de la AASHTO 93.

En este cálculo se obtuvieron los factores camión para cada una de las cargas por eje por tipo de vehículo mostrados en esta monografía, sin tener en cuenta aquellos que tuvieran una participación inferior al 5%. Luego se obtuvieron los factores camión ponderados para cada tipo de vehículo.

Los costos unitarios fueron obtenidos siguiendo las recomendaciones presentadas en el **“Modelo de costos de operación vehicular: Manual de calibración y actualización”, año 2003 y” Calibración de los Costos de Operación Vehicular, COV – 2011” del MTI.**

En este documento se exponen las actividades para realizar la calibración y actualización de los costos de operación vehicular (VOC) que utiliza el Sistema de Administración de Pavimentos de la Dirección de Administración Vial del MTI. Para realizar esta calibración se consultaron las siguientes fuentes principales de datos de las condiciones de Nicaragua:

- Encuestas de la flota vehicular
- Encuestas a empresas de transporte
- Encuestas a talleres automotrices
- Las características técnicas y precios recopilados de los distribuidores de vehículos, combustibles y llantas.
- Internet y otras fuentes oficiales de Nicaragua, como el Banco Central, Dirección General de Aduanas e INSS.

IV.IV.III.I. SELECCIÓN DE VEHÍCULOS REPRESENTATIVOS

Para la calibración de este módulo es necesario definir autos representativos en cada tipo de automóvil dentro de la clasificación utilizada. Para definir estos autos representativos es necesario realizar encuestas a nivel nacional para identificar los modelos y marcas más utilizados en el país, sin embargo este tipo de encuesta requiere una gran inversión económica.

La segunda opción era obtener las estadísticas recopiladas por la Policía Nacional del parque vehicular nacional, teniendo en cuenta el año, marca y modelo de los vehículos que lo componen. Sin embargo estas estadísticas no fueron compartidas por la institución. Así que se decidió utilizar datos de la encuesta de flota vehicular realizada por el MTI en el año 2003 utilizadas en el modelo de costos de operación vehicular antes mencionado.

Cabe destacar que fue necesario realizar cambios en ciertos vehículos representativos de algunos tipos de automóviles debido a la discontinuidad en la producción de diferentes modelos, especialmente en los vehículos livianos. Para realizar la inclusión de nuevos modelos representativos se realizaron encuestas en las casas importadoras y distribuidoras de automóviles acerca de los modelos más comercializados en el país.

En los vehículos pesados se incluyeron modelos que actualmente se comercializan en el país. A continuación se presentan los costos representativos de los distintos tipos de vehículos utilizados en este análisis, los datos usados para calcular estos costos se presentan en la tabla 9 del Anexo No. 4.

Tipo Vehículo	Costo Financiero Promedio por tipo	Costo Económico Promedio por tipo
Sedan	\$ 19,353.08	\$ 12,872.43
Camionetas	\$ 36,847.35	\$ 22,815.09
Jeep	\$ 60,570.69	\$ 40,131.24
Microbús	\$ 28,767.44	\$ 24,832.25
Bus	\$ 115,000.00	\$ 89,374.14
Camión Liviano	\$ 23,660.00	\$ 18,714.23
Camión Mediano	\$ 42,590.00	\$ 33,365.60
Camión Pesado	\$ 107,525.00	\$ 84,205.77
Camión Articulado	\$ 131,324.81	\$ 102,793.66

IV.IV.III.II. LLANTAS

Para la recopilación de la información, se realizaron solicitudes a empresas como Llantasa, Reencauchadora Santa Ana, Cruz Lorena, Repsa, NIMAC y Automaster, de las distintas marcas y modelos que se distribuyen en el país.

	Tamaño	Costo Financiero	Costo Económico	Factor Económico-Financiero
Sedan	R14, R15 ó R16	\$ 130.51	\$ 101.53	0.78
Camioneta	R16 ó R17	\$ 234.35	\$ 184.75	0.79
Jeep	R17	\$ 315.10	\$ 259.68	0.82
Microbús	R15 ó R16	\$ 141.51	\$ 108.90	0.77
Bus	R22.5	\$ 699.86	\$ 564.10	0.81
Camión Liviano	R12, R14, R15, R16, R17.5	\$ 158.64	\$ 127.48	0.80
Camión Mediano	R16, R19.5, R22.5	\$ 315.28	\$ 254.12	0.81
Camión Pesado	R22.5	\$ 804.82	\$ 644.94	0.80
Camión Articulado	R22.5	\$ 739.21	\$ 592.35	0.80

IV.IV.III.III. LUBRICANTES

Se determinó el promedio del costo económico por litros de lubricantes correspondiente a noviembre 2012, haciendo las cotizaciones respectivas en las estaciones de servicio Petronic, Uno, Esso y Texaco, tomando en cuenta que los vehículos pequeños (motocicletas, autos, camionetas, jeep y microbús) utilizan lubricantes SAE40 y el resto de la flota vehicular utilizan lubricantes SAE50.

Promedio	Costo Financiero	Costo Económico
SAE 40	\$ 3.58	\$ 2.55
SAE 50	\$ 3.49	\$ 2.48

IV.IV.III.IV. COMBUSTIBLE

A través de la página Web del Instituto Nicaragüense de Energía (INE) se obtuvieron los precios promedios correspondientes al período Enero - Octubre 2012 de este producto siendo lo siguientes:

	Costo Financiero			Costo Económico		
	Gasolina Regular	Gasolina Súper	Diésel	Gas. Regular	Gas. Súper	Diésel
Promedio	C\$29.74	C\$31.53	C\$ 27.32	C\$12.95	C\$ 13.73	C\$ 11.98
Promedio	\$1.27	\$ 1.34	\$ 1.16	\$ 0.55	\$0.58	\$0.51

IV.IV.III.V. IMPUESTOS

Los impuestos de introducción que se aplican en las diferentes importaciones se obtuvieron a través de la Dirección General de Aduana, en el Sistema Arancelario Centroamericano 2012.

Estos son necesarios para realizar la conversión de costos financieros (de mercado) a costos económicos.

IV.IV.III.VI. TIEMPO DE TRABAJO

La información base se obtuvo del informe de Enero -Octubre 2012 del Banco Central (a través de la página Web) el cual se procesó con lo establecido en la **Calibración del VOC 2007**.

Este documento toma en cuenta para el cálculo del valor tiempo de pasajero y valor tiempo de ocio el porcentaje de participación de cada sector en las vías de transporte a nivel nacional y del salario promedio por hora de cada uno de estos sectores.

	Motocicleta	Carro/Jeep	Bus / Camioneta	Camión
Valor tiempo pasajero	\$1.03	\$1.07	\$0.97	\$0.53
Valor tiempo de ocio	\$0.26	\$0.27	\$0.24	\$0.13

En la tabla 12 del Anexo No. 4 se muestra más detallado el cálculo de los tiempos de trabajo y ocio para cada tipo de auto.

Finalmente, en el Anexo No. 5 se consigna un listado con las variables contenidas en el módulo de Flota Vehicular junto con su descripción y los valores asignados para el Object de la Carretera Nejapa-Izapa.

IV.IV.III.VII. TASA DE CAMBIO

La tasa de cambio utilizada es el promedio Enero - Noviembre del 2012 de C\$23.50 x U\$ 1.0. Esta fue obtenida de la web del Banco Central.

IV.IV.IV. MÓDULO ESTÁNDARES DE TRABAJOS

Cuando se habla de estándares de trabajos se hace referencia a los objetivos, condiciones o niveles de respuesta que se propone conseguir un sistema de gestión de carreteras.

En el módulo de estándares de trabajo de HDM-4, se deben definir diferentes estándares que se apliquen en situaciones prácticas para satisfacer objetivos concretos relacionados con las características funcionales de la vía.

Éste módulo está dividido en: estándares de conservación, estándares de mejora y en costos de los trabajos o consumos de energía por defecto. Estos módulos son descritos brevemente a continuación:

Estándares de conservación:

En los estándares de conservación, se definen una serie de tareas que se deben realizar con el fin de mantener en buen estado la estructura del pavimento y su parte funcional.

Estándares de mejora:

Los estándares de mejora como su nombre lo indica, consisten en realizar trabajos para mejorar el estado de la vía en términos funcionales. Dentro de los aspectos a considerar en los estándares de mejora están:

- Estructura del pavimento: Tipo de pavimento, tipo de refuerzo, espesor y propiedades del material.
- Modificaciones a la geometría.
- Modificaciones al tipo de vía y de superficie.

Costos de los trabajos:

En los costos de los trabajos se define el consumo de energía y los costos económicos y financieros de cada una de las intervenciones, con el fin de calcular los costos en que incurre el administrador vial al realizar estos trabajos.

Las actividades de conservación y mejora en HDM-4, se modelan de manera que tengan un efecto sobre alguno de los siguientes elementos:

- Calzada
- Bermas
- Carriles de vehículos no motorizados
- Misceláneos (Reparaciones de emergencia o de invierno)
- Especiales (Trabajos sobre los elementos que no están especificados entre los anteriores)

Por otra parte, a continuación se describen los principales elementos que componen los estándares de trabajo:

Descripción general de la tarea:

En la descripción general se hace una definición básica de la tarea y se determina si la intervención es programada o correctiva.

- Programada: La tarea se realiza en unos tiempos determinados en intervalos de tiempo fijos. A continuación se representa de forma esquemática este concepto.
- Correctiva: Se llevan a cabo como respuesta a un nivel crítico preestablecido y especificado por el usuario.

Diseño:

Antes de implementar cualquier trabajo contemplado, es necesario tener en cuenta el diseño preliminar de la operación. El diseño del trabajo se refiere a especificaciones que se les da a las actividades en términos de: la estructura del pavimento (incluye tipo de pavimento, resistencia, espesores de las capas y propiedades de los materiales), la geometría de la vía (longitud, ancho de la vía y número de carriles) y el tipo de vía y de tráfico.

Criterio de intervención:

Para cada tarea en el criterio de intervención se determina el momento en que ésta se debe realizar, o el umbral de daño que se debe alcanzar para realizarla, dependiendo del tipo de intervención, así como los límites que restringen su aplicación.

Costos unitarios:

En los costos unitarios se especifica el costo unitario de cada actividad en términos económicos y/o financieros. También se incluyen los costos de tareas previas que se deban realizar para poder ejecutar la actividad definida.

Las principales unidades de costo o la forma como se expresan los precios unitarios en los estándares de trabajo son:

- Costo por metro cuadrado.
- Costo por metro cúbico.
- Costo por kilómetro por año.
- Costo por cantidad aplicada por año

Efectos de los trabajos:

Cuando una actividad es desarrollada, los efectos para las características de la vía se especifican en términos del porcentaje de daños reparados, la resistencia y la condición del pavimento.

Los estándares de conservación y de mejora utilizados fueron los obtenidos en el FOMAV y MTI, para los costos se utilizó el promedio de costos que se manejan en estas dos instituciones además de la alcaldía de Managua, exceptuando el costo de cepillado en los pavimentos de concreto hidráulico. Este tipo de intervención aún no ha sido requerido en el país, dado que las vías que utilizan pavimentos de concreto hidráulico son recientes y prácticamente no han sido intervenidas para su mantenimiento.

Así que este precio es el que se usa en El Salvador, asumimos que la diferencia de costos una vez este servicio sea ofertado en nuestro país la diferencia será mínima.

Los costos obtenidos son costos financieros, para llevar estos a costos económicos se utilizó un factor de sobrecosto igual a 1.3. Este factor fue obtenido de la División de Planificación del MTI. El factor de sobrecosto se define como: Es la suma del Costos Indirecto más el Costo Directo Total del Proyecto más la Utilidad dividido entre el Costo Directo Total del Proyecto.

La frecuencia de estas actividades de intervención fue definida en base a recomendaciones del FOMAV, MTI y expertos en mantenimiento vial consultados.

Finalmente, en el Anexo No. 6 se encuentra un listado de los estándares de conservación establecidos para la carretera Nejapa-Izapa. En él aparecen los criterios establecidos para la ejecución de las obras y el cálculo de costos de cada una de las actividades relacionadas en cada uno de ellos.

Además en este apartado se presentan los resultados de los diseños de las capas de rodaduras a utilizar en cada una de las alternativas, estos diseños fueron realizados en el software WinPAS.

IV.V. ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS CON EL MODELO HDM-4.

Para poder comparar los costos requeridos para la construcción y mantenimiento de determinada estructura de pavimento, el presente estudio propuso aplicar el modelo HDM-4 como una opción que realizara un análisis técnico-económico a partir de la modelación del comportamiento de las opciones estructurales para la carretera Nejapa-Izapa.

El proceso antes mencionado se desarrolló siguiendo las siguientes etapas:

1. Configuración e implementación de la herramienta ajustada a los requerimientos y condiciones presentes en la Carretera Nejapa-Izapa.
2. Modelación del deterioro del pavimento sometido a diferentes alternativas de intervención.
3. Análisis de los resultados obtenidos de las Alternativas planteadas en HDM-4.

IV.V.I. CONFIGURACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA AJUSTADA A LOS REQUERIMIENTOS Y CONDICIONES PRESENTES EN LA CARRETERA NEJAPALIZAPA.

La configuración e implementación de la herramienta al caso de la Carretera Nejapa-Izapa, se realizó teniendo en cuenta las características particulares de la zona y siguiendo los límites manejados a nivel nacional haciendo uso de la información brindada por el MTI, FOMAV y la Alcaldía de Managua (ALMA).

IV.V.II. MODELACIÓN DEL DETERIORO DEL PAVIMENTO SOMETIDO A DIFERENTES ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN.

En esta etapa se definieron tres alternativas generales de intervención a ser evaluadas mediante el empleo del HDM-4. Cada una de estas alternativas contempla unos criterios que definen la forma y el momento en que deben ser efectuadas las intervenciones.

Estos criterios fueron establecidos con base en las tendencias generales para índices de deterioro tales como Regularidad superficial (IRI), número de baches por kilómetro y porcentaje de agrietamiento. Las alternativas definidas en HDM-4 se resumen a continuación y fueron especificadas según los estándares de trabajos de conservación descritos previamente.

Alternativa Base:

Esta alternativa se consideró a lo largo de la carretera Nejapa-Izapa y está definida como la combinación de las intervenciones mínimas que se realizan generalmente. La alternativa base fue definida con el estándar de conservación denominado "Mantenimiento Rutinario". Éste estándar está definido con las tareas de Bacheo (B) y Sello de Grietas (SG), definidas para ser cumplidas periódicamente.

Alternativa 1:

Se consideró a lo largo de la carretera Nejapa-Izapa una modernización de la estructura de pavimento en asfalto, con un espesor de 10 cm. Sobre una base estabilizada con cemento de espesor variable a lo largo de los 4 tramos analizados. Esto utilizando la subbase existente.

Esta alternativa contempló el estándar de mejora "Pavimento Asfáltico (tramo #)", en cual se encuentra definido a realizarse en el año 2013.

Además contempló el estándar de conservación "Mantenimiento Periódico Asfaltos" el cual cumple con las tareas de Microcarpeta Asfáltica (MCA), Tratamiento Superficial Doble (TSD), Tratamiento Superficial Simple (TSS) e Imprimación (IM) definidas para cumplirse periódicamente de cada tres años.

Alternativa 2:

Se consideró la modernización de la estructura de pavimento con la construcción de una carpeta de concreto hidráulico con losas de dimensiones convencionales 4.2m x 3.6 m (incluye hombros) de diferentes espesores en cada tramo sobre una base estabilizada con cemento.

Esta alternativa contempló el estándar de mejora "Pavimento de Concreto (Losas Convencionales Tramo #)", en cual se encuentra definido a realizarse en el año 2013.

Además contempló el estándar de conservación "Mantenimiento (Losas Convencionales)" el cual cumple con las tareas de Resellado de Juntas (RSJ), Cepillado de Superficie (Ceps) y Reparación de Losas (REM) definidas para cumplirse periódicamente de cada 5 años, al sobrepasar 4 m/Km. de irregularidad y 10% de destillamiento, respectivamente.

Alternativa 3:

Se consideró el mejoramiento de la estructura de pavimento, Con la construcción de una carpeta de concreto hidráulico con losas cortas de dimensiones 1.8 m x 1.8 m, sin embargo el software HDM-4 no permite el análisis de losas con longitudes menores a los 3 m, con diferentes espesores en cada tramo sobre una base estabilizada con cemento.

El problema de la longitud de la losa analizada se da debido a que el HDM-4 tiene un modelo de deterioro basado en pruebas realizadas a losas convencionales de diferentes espesores. Para simular los deterioros de una losa corta, se "castiga" a la losa con intervenciones de mantenimiento más estrictas. Dado que se utilizarán los espesores resultantes del diseño de losas cortas con las dimensiones 1.8m x 3m y un modelo de deterioro de losas convencionales, los deterioros en las losas serán más frecuentes y más críticos.

Esta alternativa contempló el estándar de mejora "Pavimento de Concreto (Losas Cortas Tramo #)", en cual se encuentra definido a realizarse en el año 2013.

Además contempló el estándar de conservación "Mantenimiento (Losas Cortas)" el cual cumple con las tareas de Cepillado de Superficie (Ceps) y Reparación de Losas (RP) definidas para cumplirse al sobrepasar 3.5 m/Km. de irregularidad y 5% de despostillamiento, respectivamente.

IV.VI. ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

IV.VI.I. RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS ALTERNATIVAS PLANTEADAS EN HDM-4.

En la figura “Resumen de Indicadores Económicos” presenta una síntesis de los resultados obtenidos a partir de la evaluación de las alternativas mediante el empleo del HDM-4 en términos de indicadores económicos como valor presente neto (VPN) y Tasa Interna de Retorno (TIR).

En esta tabla se presentan cada una de las inversiones anuales por alternativa en el proyecto.

Tabla 8. Inversión anual por alternativa

Resumen de costo total anual:

Base Sensitivity Scenario

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa Base
2013	10073,907.94	19339,461.56	11467,782.00	43,894.82
2014	0.00	0.00	0.00	30,301.85
2015	0.00	0.00	0.00	1,216.92
2016	2782,343.98	0.00	0.00	2,023.09
2017	0.00	0.00	0.00	2,731.48
2018	0.00	0.00	0.00	3,498.34
2019	2782,343.98	0.00	0.00	3,653.08
2020	0.00	0.00	0.00	3,815.08
2021	0.00	0.00	0.00	3,984.70
2022	2782,343.98	1464,559.63	0.00	4,162.24
2023	0.00	3437,372.63	0.00	4,348.07
2024	0.00	173,472.00	0.00	4,542.54
2025	2782,343.98	0.00	0.00	4,746.02
2026	0.00	0.00	0.00	4,958.89
2027	0.00	1464,559.63	0.00	5,181.55
2028	2782,343.98	0.00	0.00	5,414.41
2029	0.00	3437,372.63	0.00	5,657.85
2030	0.00	173,472.00	0.00	5,912.34
2031	2782,343.98	1464,559.63	307,008.00	6,178.32
2032	0.00	0.00	3666,113.50	6,456.18
Total	26767,971.82	30954,829.71	15440,903.50	152,677.77

IV.VI.II. ANÁLISIS PRELIMINAR DE RESULTADOS

En un inicio se decidió que todas las estructuras de pavimentos evaluadas en cada alternativa estuvieran sobre bases estabilizadas con cemento, de modo que los modelos de deterioro estuvieran influenciados mayoritariamente por el tipo de pavimento. Todas con un período de estudio de veinte años.

Observando los datos de la Tabla No. 6, podemos decir que ciertamente los costos iniciales al utilizar pavimentos de concreto son mayores comparados a los costos que generan la colocación de pavimentos asfálticos, sin embargo los costos generados por mantenimientos rutinarios a lo largo de la vida útil del pavimento hacen a estos últimos una alternativa poco viable económicamente.

Esto debido a la necesidad de realizar varias reparaciones menores cada año para poder mantener el nivel de servicio de la vía, por otro lado los pavimentos de concreto necesitan muy poco mantenimiento para mantener el nivel de servicio, en la gráfica *IRI promedio por Proyecto* en el Anexo 2 se puede ver que la Alternativa Losas Cortas requiere una intervención para mantenimiento hasta el año 2031, la cual consiste en un cepillado de la superficie debido a que la irregularidad promedio de la vía sobrepasó el valor establecido de 3.5 m/km

Luego en el *Resumen de Indicadores Económicos* en el Anexo 2, podemos observar los resultados del análisis económico realizado por el HDM-4. Con los datos suministrados en esta tabla se realiza la evaluación de las alternativas del proyecto, es posible elegir la alternativa más viable tomando en cuenta los valores presentes netos (VPN) de cada una, así como las tasas internas de retorno (TIR).

Basando nuestra decisión en los Valores Presentes Netos es obvio que la alternativa más viable sería la Alternativa Losas Cortas con un VPN igual a 15.148 millones de dólares. La explicación a esta ventaja sobre las demás alternativas recae en los costos de construcción y de mantenimiento necesarios para la implementación de esta tecnología.

Aunque ciertamente los pavimentos asfálticos son menos costosos inicialmente, los costos que generan las actividades de mantenimiento son demasiado altos al final del período de estudio. De igual forma la Alternativa 2: Losas Convencionales se ve afectada por las labores de mantenimiento que requiere, en su caso Resellado de Juntas, el cual se da aproximadamente cada 3 años en cada uno de los tramos incluidos en el estudio.

V. CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

V.I. PROCESO CONSTRUCTIVO PARA LOSAS CON GEOMETRÍA OPTIMIZADA

De acuerdo a la información recopilada para crear un manual que presente paso a paso el proceso constructivo de pavimentos de concreto hidráulico (losas cortas), se puede decir que es igual al proceso constructivo de un pavimento de concreto convencional, a diferencia del diseño de juntas constructivas, el ancho y los tiempos de corte; además esta técnica constructiva permite la eliminación de dovelas ya que la transferencia de carga se dará por trabazón de los agregados. Las juntas no se sellaran a excepción de juntas de separación y expansión.

El presente documento monográfico muestra tres maneras diferentes de colocación del concreto: formaleta fija, colocación manual, y formaleta deslizante; detallando así la construcción de este último por su alta eficiencia y rendimiento, proponiéndolo como la alternativa ideal para la construcción de este tipo de Pavimentos Rígidos.

También se destaca que la calidad de la obra no solo dependerá del proceso constructivo, además de esto se tendrá que tomar en cuenta trabajos previos, logística, calidad de agregados y calibración adecuada de los equipos.

V.II. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Al igual que en el proceso constructivo, las especificaciones técnicas para losas cortas en pavimentos de concreto hidráulico varían muy poco con respecto a la de losas convencionales en este tipo de pavimentos. Siendo las principales diferencias el no uso de acero en las juntas transversales.

Teniendo esto en cuenta en este apartado hemos propuesto la creación de una nueva sección en el NIC-2000 similar a la sección 501 con algunas modificaciones e incorporaciones, las cuales presentamos hemos presentados en el capítulo III.

En estas propuestas hemos realizado la inclusión de elementos como transporte del concreto, tolerancias, control de calidad y conservación de modo que los profesionales de la construcción tengan un documento guía más completo para asegurar la calidad de una obra en la que se usa este tipo de tecnología para los pavimentos rígidos.

Los demás cambios se han realizado considerando las últimas experiencias en el país en la construcción de losas cortas, esto significa ser un poco más riguroso en los requerimientos mínimos exigidos a los materiales y la mezcla de concreto, y en la estipulación de rangos de aceptación de la obra más acorde a la tecnología de losas cortas.

En el apartado Juntas se ha incluido un nuevo concepto de confinamiento lateral, específico para esta tecnología, así como recomendaciones para el refuerzo de la Junta Pavimento-Bordillo que adquiere relevancia con este tipo de construcción.

Así esperamos que con un documento guía para el aseguramiento de la calidad de las obras de pavimentos rígidos utilizando la tecnología de losas cortas se pueda aprovechar en máxima expresión los beneficios económicos y estructurales de esta.

V.III. ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO CON HDM-4

Observando los resultados del análisis técnico-económico de diferentes alternativas de pavimentos en la carretera Nejapa-Izapa, siendo una de estas alternativas la tecnología de losas cortas en pavimentos de concreto hidráulico, es obvio que esta supera a las demás.

Los resultados muestran que su costo de construcción es menor comparado con el de las losas convencionales, y que al requerir mínimas intervenciones a lo largo de su vida útil para mantener su nivel de servicio hacen que los costos generados a los usuarios

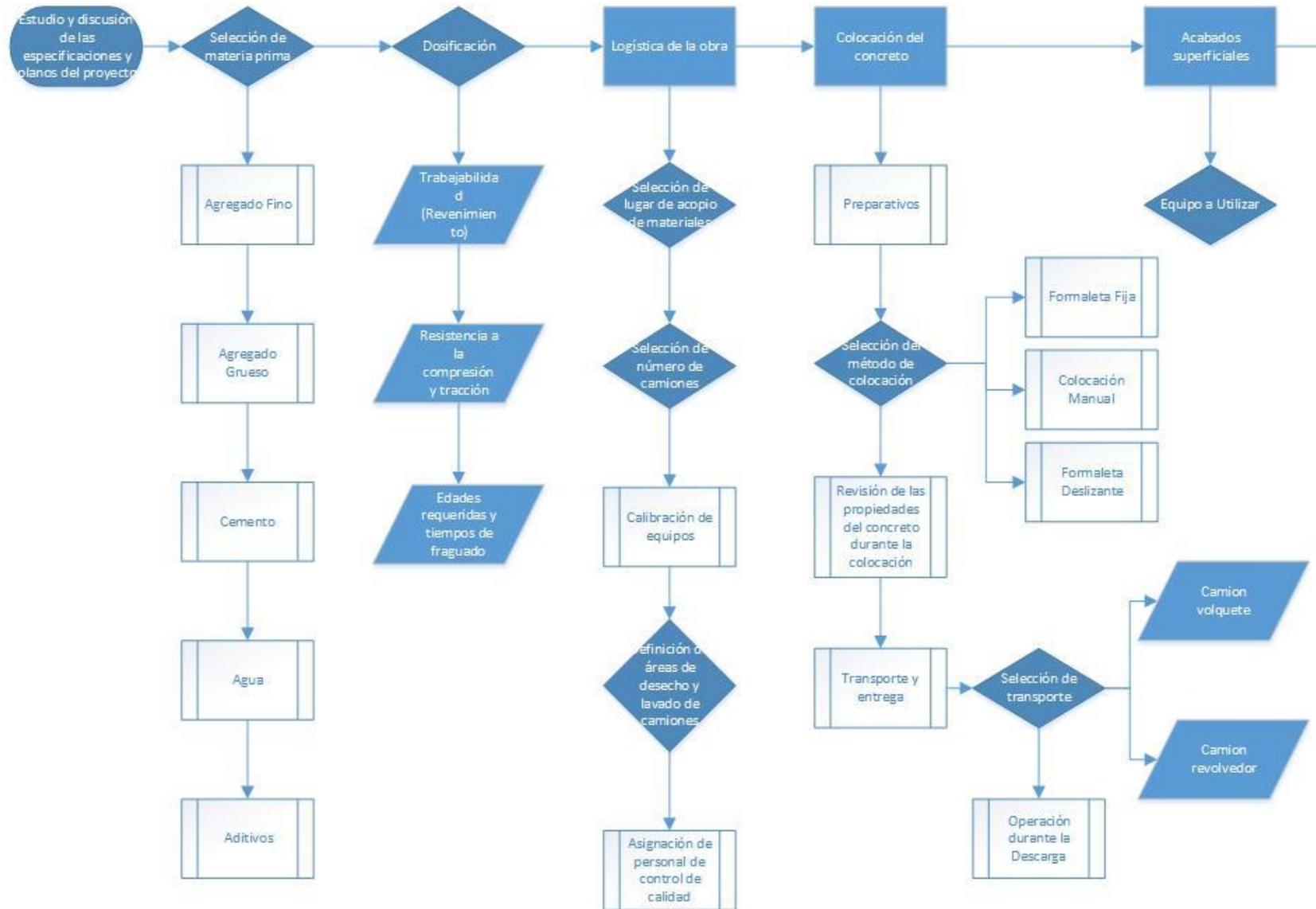
Esto comprueba que la tecnología de losas cortas es económica y estructuralmente factible para ser utilizada en las vías más importantes del país, además de tener un tiempo de construcción menor comparado con las otras alternativas.

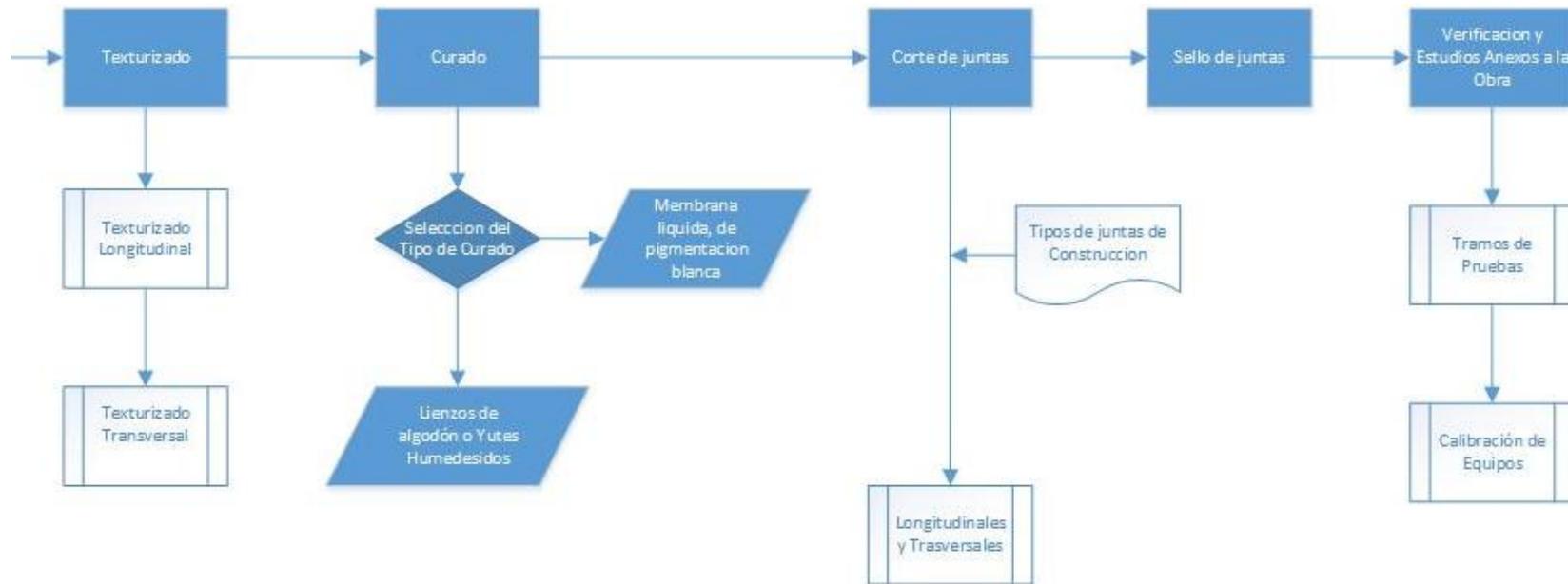
BIBLIOGRAFÍA

- Análisis de Beneficio Social del Mantenimiento Vial de Obras Públicas. Ministerio de Obras Públicas – Dirección de Planeamiento, Chile 2005.
- Construcción de autopistas con Equipos de Formaleta Deslizante, Edgardo Becker, Argentina 2009
- Contratos plurianuales de conservación carretera basados en estándares de desempeño y actividades. BID/PIAPPEM, México 2009.
- Curado y Sellado del Concreto (Guía para selección y aplicación), México 2007.
- Deterioro de los Pavimentos Rígidos, Metodología de Medición, Posibles Causas de Deterioro y Reparaciones. Ing. Luis F. Altamirano Kauffmann, UNI 2007.
- El Pavimento de Concreto Hidráulico Premezclado en la Modernización y Rehabilitación de la Avenida Arboledas. Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, “Unidad Zacatenco.
- Especificaciones técnicas generales de materiales y construcción para proyectos de infraestructura vial y de espacio público Bogotá D.C., Colombia 2011.
- Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos, IMCYC, México 1997
- Los 10 Mandamientos del Pavimento de Concreto. Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado.
- Método Constructivo de Losas Cortas en Pavimentos de Concreto Hidráulico. Guatemala, Octubre 2008.
- Pavimentos con Espesor Optimizado de Hormigón, Diseño TCP.
- Procedimiento Constructivo para la Elaboración, Construcción y Puesta en Servicio de Pavimentos Rígidos para carreteras con Juntas sin Refuerzo Continuo, ISPJAE. La Habana, Junio 2010
- Propuesta de los Factores Camión y Espectros de Carga para diseño de estructuras de pavimento en las carreteras de Nicaragua. Aragón Rueda, Hurtado Silva, Torrez Rojas. UNI Octubre 2012.
- Recomendaciones Constructivas para Pavimento Rígido. Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón.
- Tiempo de Aserrado de Juntas en Pavimentos de Hormigón, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata.



ANEXO 1: PROCESO CONSTRUCTIVO LOSAS CORTAS







ANEXO 2: RESULTADOS DE ANÁLISIS HDM-4

Resumen de indicadores económicos

Nombre del estudio: **Proyecto Nejapa-Izapa**
 Fecha de ejecución: **07-01-2013**
 Unidad monetaria: **US Dollar (millones)**
 Tasa de actualización: **8.00%**

Sensibilidad: No se realizó análisis de sensibilidad

Alternativa	Valor presente de los costos totales de la agencia (RAC)	Valor presente de los costos de inversión de la agencia (CAP)	Incremento en costos de la agencia (C)	Decremento en costos de usuario (B)	Beneficios exógenos netos (E)	Valor presente neto (VPN = B+E-C)	Relación VPN/costo (VPN/RAC)	Relación VPN/costo (VPN/CAP)	Tasa interna de retorno (TIR)
Alternativa Base	0.105	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Alternativa 1	16.532	16.532	16.427	19.044	0.000	2.617	0.158	0.158	10.2 (1)
Alternativa 2	13.738	13.738	13.633	29.529	0.000	15.896	1.157	1.157	20.6 (1)
Alternativa 3	8.113	8.113	8.008	27.304	0.000	19.297	2.379	2.379	26.1 (1)

La cifra entre paréntesis es el número de resultados para la TIR en un rango de -90 a +900

Irregularidad promedio por tramo (gráfica)

Nombre del estudio: **Proyecto Nejapa-Izapa**

Fecha de ejecución: **24-01-2013**

Tramo: Emp. El Transito - Emp. Puerto Sandino NIC-12A 044.61-059.4

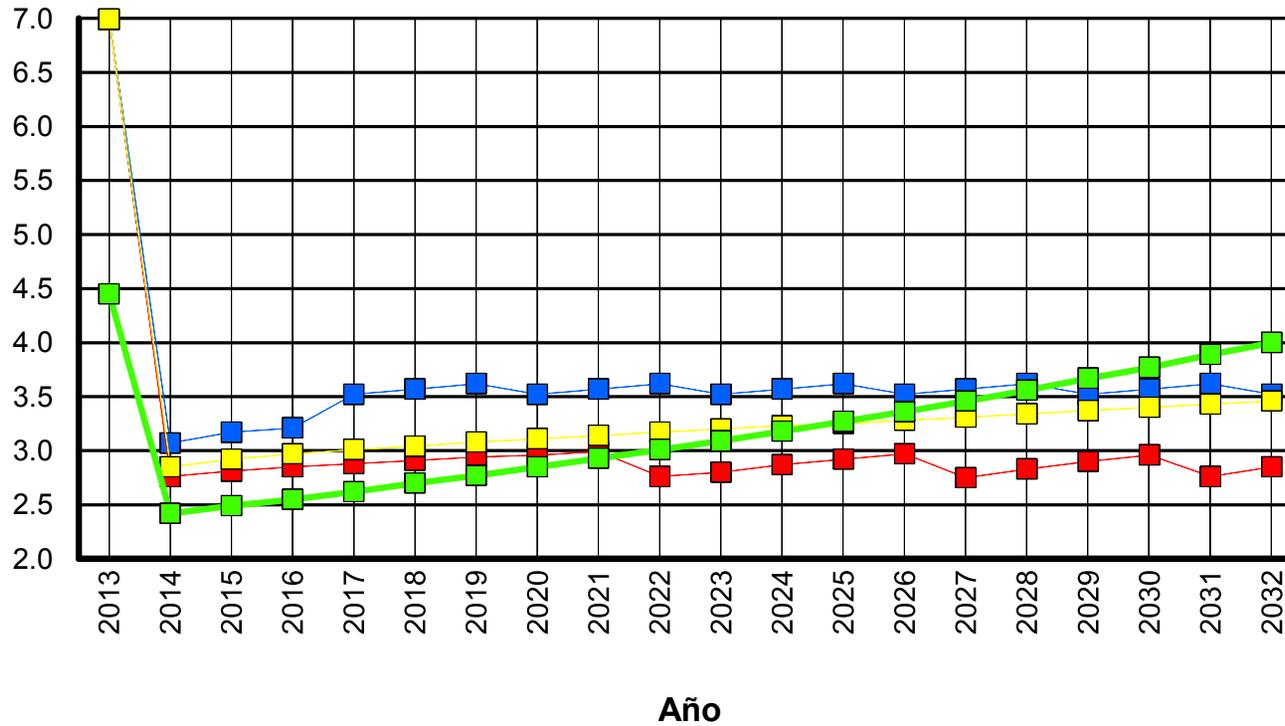
Sensibilidad: No se realizó análisis de sensibilidad

ID tramo: NIC-12A 044.61-059.4
Ascensos y descensos: 10.00m/km

Tipo de carretera: Troncal principal
Ancho: 7.10m

Longitud: 14.84km
Curvatura: 25.00grados/km

Irregularidad promedio (m/km)



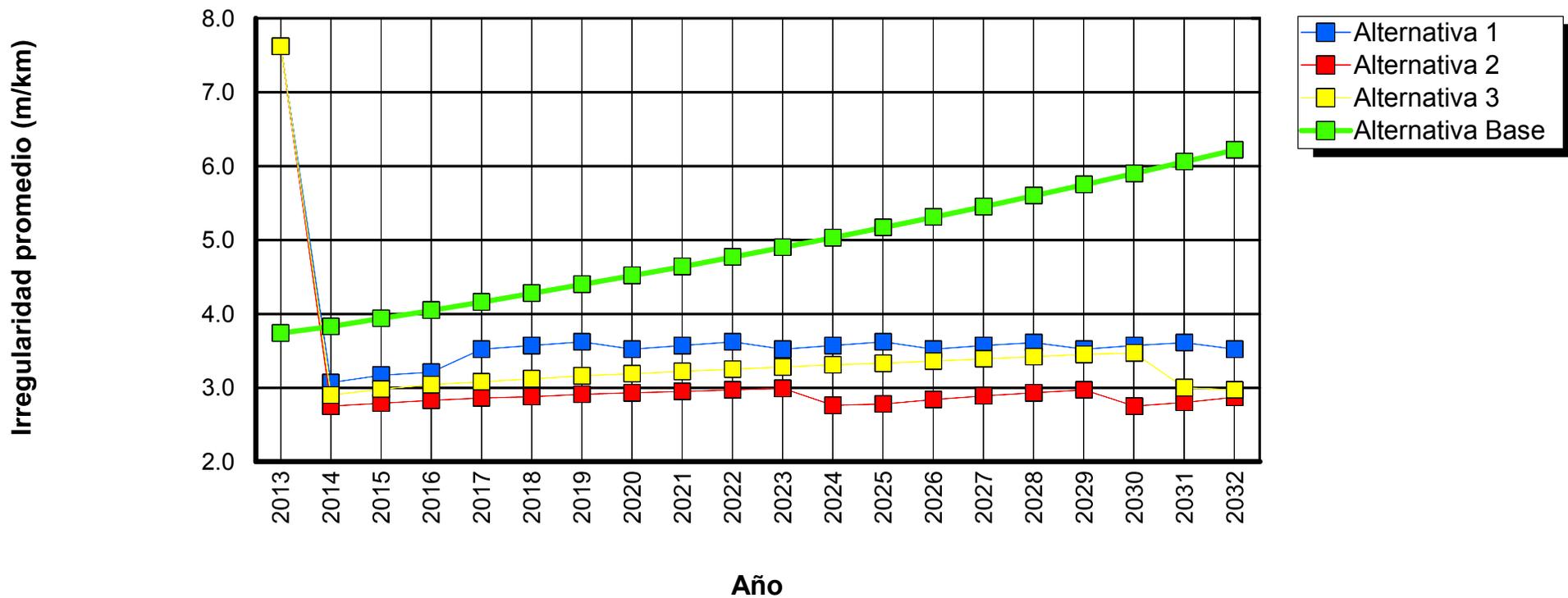
Tramo: Emp. Nejapa - Sem foros Auto Hotel Nejapa NIC-12A 008.82-009.7

Sensibilidad: No se realizó análisis de sensibilidad

ID tramo: NIC-12A 008.82-009.7
Ascensos y descensos: 10.00m/km

Tipo de carretera: Troncal principal
Ancho: 13.00m

Longitud: 0.96km
Curvatura: 25.00grados/km



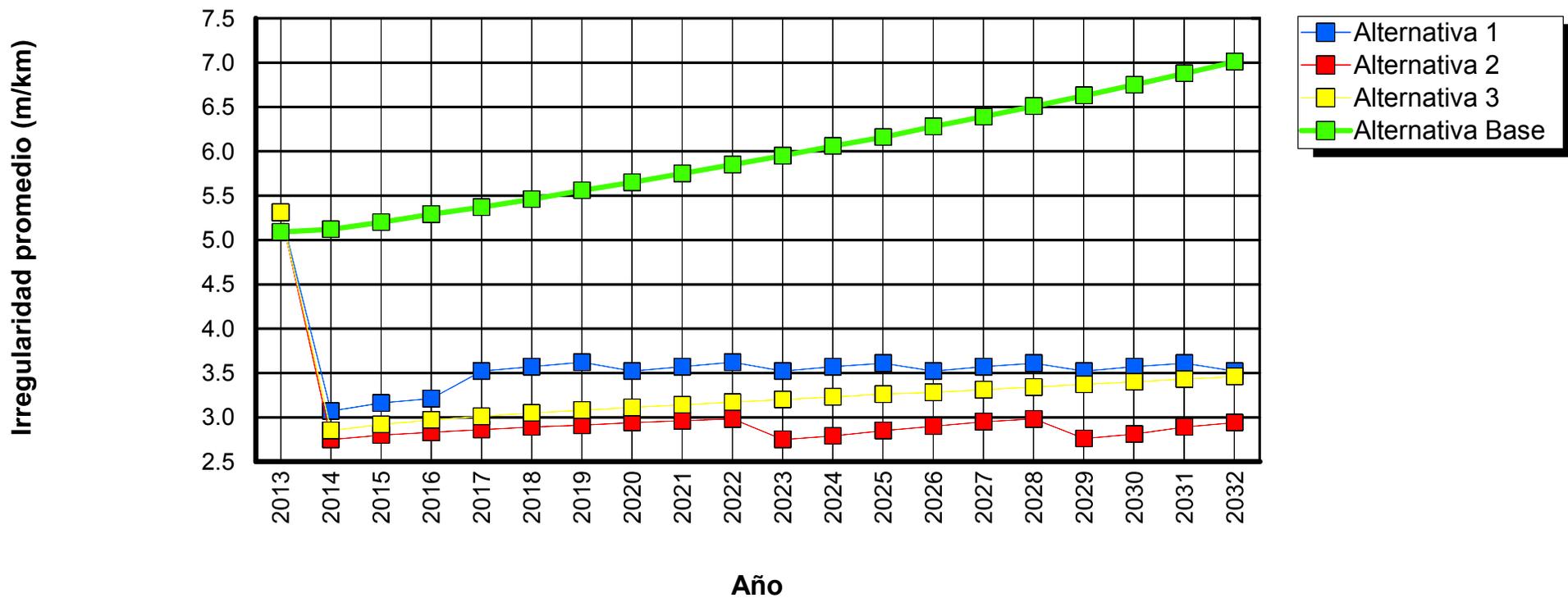
Tramo: Emp. Sta. Rita - Emp. El Transito NIC-12A 030.77-044.6

Sensibilidad: No se realizó análisis de sensibilidad

ID tramo: NIC-12A 030.77-044.6
Ascensos y descensos: 10.00m/km

Tipo de carretera: Troncal principal
Ancho: 7.10m

Longitud: 13.84km
Curvatura: 25.00grados/km



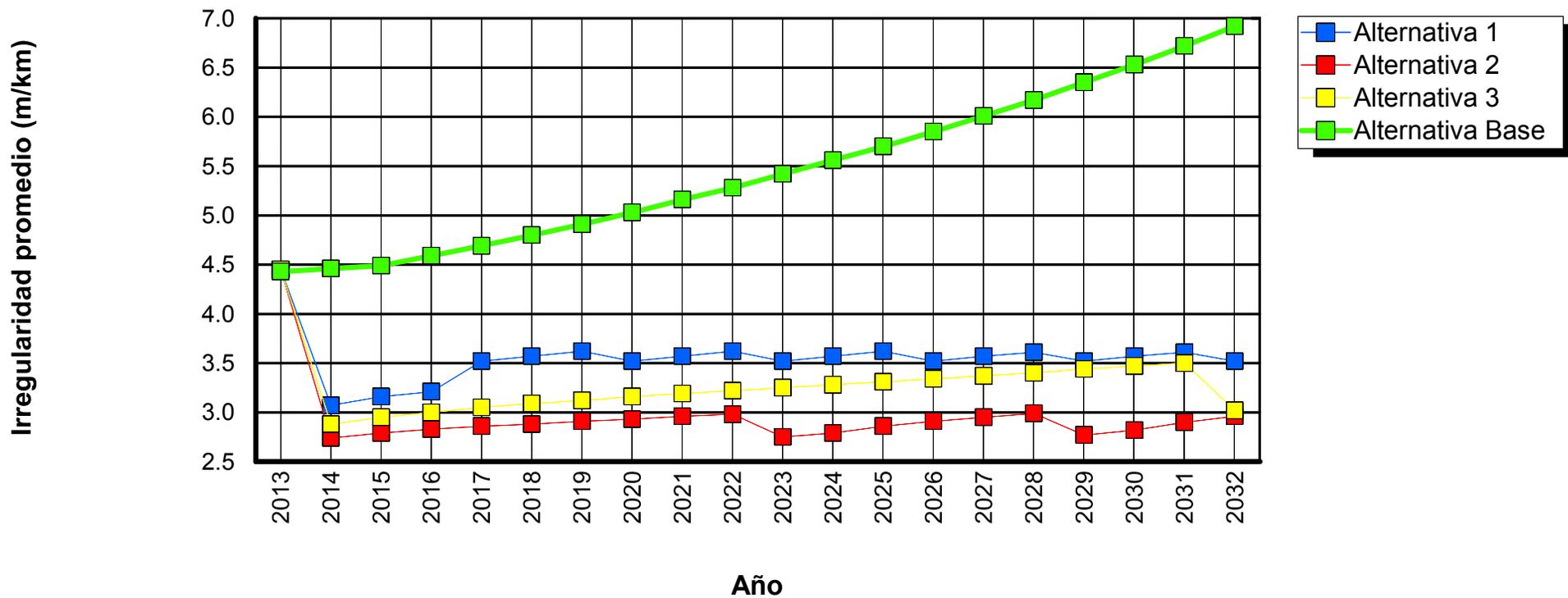
Tramo: Semaf. Auto H. Nejapa - Emp. Sta. Rita NIC-12A 009.78-030.7

Sensibilidad: No se realizó análisis de sensibilidad

ID tramo: NIC-12A 009.78-030.7
Ascensos y descensos: 10.00m/km

Tipo de carretera: Troncal principal
Ancho: 7.10m

Longitud: 20.99km
Curvatura: 25.00grados/km



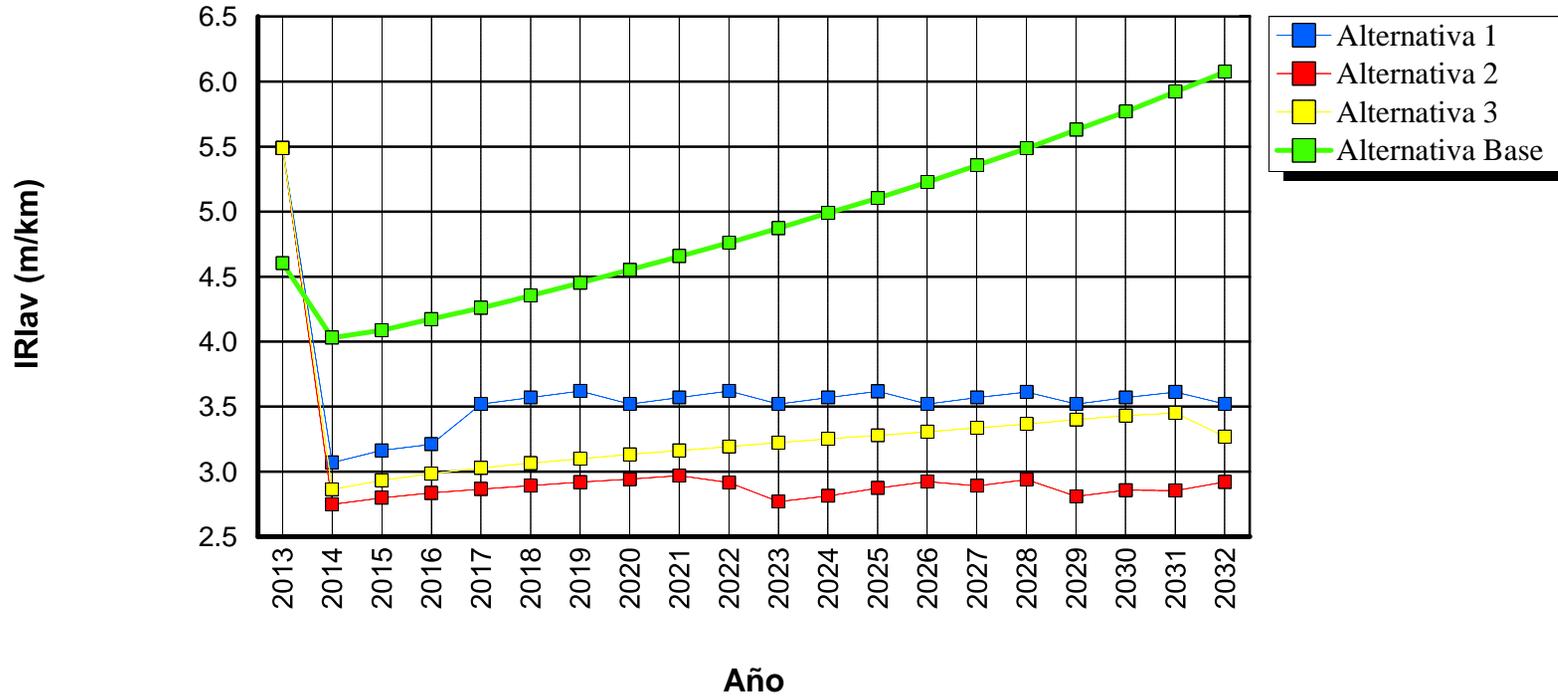
Irregularidad promedio por proyecto (gráfica)

Nombre del estudio: **Proyecto Nejapa-Izapa**

Fecha de ejecución: **07-01-2013**

Sensibilidad: No se realizó análisis de sensibilidad

Irregularidad promedio por proyecto (IRlav) (ponderado por longitud de tramo)



Nombre del estudio: **Proyecto Nejapa-Izapa**

Fecha de ejecución: **24-01-2013**

Unidad monetaria: **US Dollar**

Nota: Solo se muestran los tramos con trabajos programados.

Tramo:	Emp. El Transito - Emp. Puerto Sandino NIC-12A 044.61-059.4	
Alternativa:	Alternativa 1	
Sensibilidad:	No se realizó análisis de sensibilidad	
Clase de	Asfáltica	Tipo de carretera: Troncal principal
Longitud:	14.84km	Ancho: 7.10m

Año	Descripción	Código	Costo económico	Costo financiero	Cantidad
2013	Pavimento asfáltico (tramo4)	PA4	2,405,401.0	3,127,021.3	14.84 km
2016	Microcarpeta Asfáltica	MCA	802,873.7	1,043,103.6	105,364.00 sq. m
2019	Microcarpeta Asfáltica	MCA	802,873.7	1,043,103.6	105,364.00 sq. m
2022	Microcarpeta Asfáltica	MCA	802,873.7	1,043,103.6	105,364.00 sq. m
2025	Microcarpeta Asfáltica	MCA	802,873.7	1,043,103.6	105,364.00 sq. m
2028	Microcarpeta Asfáltica	MCA	802,873.7	1,043,103.6	105,364.00 sq. m
2031	Microcarpeta Asfáltica	MCA	802,873.7	1,043,103.6	105,364.00 sq. m
Costo total del tramo:			7,222,643.1	9,385,642.6	

Tramo:	Emp. El Transito - Emp. Puerto Sandino NIC-12A 044.61-059.4	
Alternativa:	Alternativa 2	
Sensibilidad:	No se realizó análisis de sensibilidad	
Clase de	Asfáltica	Tipo de carretera: Troncal principal
Longitud:	14.84km	Ancho: 7.10m

Año	Descripción	Código	Costo económico	Costo financiero	Cantidad
2013	Pavimento de Concreto (Los:	PCLC4	6,257,503.0	4,813,464.0	14.84 km
2022	Sellado de Juntas1	SJ1	1,464,559.6	1,791,188.1	526,820.00 m
2027	Sellado de Juntas1	SJ1	1,464,559.6	1,791,188.1	526,820.00 m
2031	Sellado de Juntas1	SJ1	1,464,559.6	1,791,188.1	526,820.00 m
Costo total del tramo:			10,651,181.9	10,187,028.4	

Tramo:	Emp. El Transito - Emp. Puerto Sandino NIC-12A 044.61-059.4	
Alternativa:	Alternativa 3	
Sensibilidad:	No se realizó análisis de sensibilidad	
Clase de	Asfáltica	Tipo de carretera: Troncal principal
Longitud:	14.84km	Ancho: 7.10m

Año	Descripción	Código	Costo económico	Costo financiero	Cantidad
2013	Pavimento de Concreto (Los:	LC.4	3,275,559.0	4,258,219.5	14.84 km
Costo total del tramo:			3,275,559.0	4,258,219.5	

HDM - 4 Resumen de trabajos (por tramo)

Tramo: Emp. El Transito - Emp. Puerto Sandino NIC-12A 044.61-059.4
Alternativa: Alternativa Base
Sensibilidad: No se realizó análisis de sensibilidad
Clase de superficie: Asfáltica **Tipo de carretera:** Troncal principal
Superficie: 14.84km **Ancho:** 7.10m

Año	Descripción	Código	Costo económico	Costo financiero	Cantidad
2013	Bacheo	B	15,988.0	20,784.3	1,063.14 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2014	Bacheo	B	284.8	370.2	18.94 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2015	Bacheo	B	297.5	386.7	19.78 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2016	Bacheo	B	310.8	404.0	20.66 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2017	Bacheo	B	324.8	422.2	21.60 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2018	Bacheo	B	339.5	441.3	22.57 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2019	Bacheo	B	354.9	461.4	23.60 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2020	Bacheo	B	371.1	482.4	24.68 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2021	Bacheo	B	388.1	504.6	25.81 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2022	Bacheo	B	406.0	527.8	27.00 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2023	Bacheo	B	424.8	552.3	28.25 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2024	Bacheo	B	444.6	577.9	29.56 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2025	Bacheo	B	465.3	604.9	30.94 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2026	Bacheo	B	487.0	633.2	32.39 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2027	Bacheo	B	509.9	662.9	33.91 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2028	Bacheo	B	533.9	694.1	35.50 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2029	Bacheo	B	559.1	726.8	37.18 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2030	Bacheo	B	585.6	761.2	38.94 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2031	Bacheo	B	613.3	797.3	40.78 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2032	Bacheo	B	642.5	835.3	42.72 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
Costo total del tramo:			24,331.3	31,630.6	

HDM - 4 Resumen de trabajos (por tramo)

Tramo: Emp. Nejapa - Sem foros Auto Hotel Nejapa NIC-12A 008.82-C
Alternativa: Alternativa 1
Sensibilidad: No se realizó análisis de sensibilidad
Clase de superficie: Asfáltica
Tipo de carretera: Troncal principal
Ancho: 13.00m

Año	Descripción	Código	Costo económico	Costo financiero	Cantidad
2013	Pavimento asfáltico (tramo1)	PA1	354,597.7	460,977.0	0.96 km
2016	Microcarpeta Asfáltica	MCA	95,097.6	123,552.0	12,480.00 sq. m
2019	Microcarpeta Asfáltica	MCA	95,097.6	123,552.0	12,480.00 sq. m
2022	Microcarpeta Asfáltica	MCA	95,097.6	123,552.0	12,480.00 sq. m
2025	Microcarpeta Asfáltica	MCA	95,097.6	123,552.0	12,480.00 sq. m
2028	Microcarpeta Asfáltica	MCA	95,097.6	123,552.0	12,480.00 sq. m
2031	Microcarpeta Asfáltica	MCA	95,097.6	123,552.0	12,480.00 sq. m
Costo total del tramo:			925,183.3	1,202,288.9	

HDM - 4 Resumen de trabajos (por tramo)

Tramo: Emp. Nejapa - Sem foros Auto Hotel Nejapa NIC-12A 008.82-C
Alternativa: Alternativa 2
Sensibilidad: No se realizó análisis de sensibilidad
Clase de superficie: Asfáltica
Tipo de carretera: Troncal principal
Ancho: 13.00m

Año	Descripción	Código	Costo económico	Costo financiero	Cantidad
2013	Pavimento de Concreto (Los:	PCLC1	664,218.1	863,483.5	0.96 km
2024	Sellado de Juntas1	SJ1	173,472.0	212,160.0	62,400.00 m
2030	Sellado de Juntas1	SJ1	173,472.0	212,160.0	62,400.00 m
Costo total del tramo:			1,011,162.1	1,287,803.5	

HDM - 4 Resumen de trabajos (por tramo)

Tramo: Emp. Nejapa - Sem foros Auto Hotel Nejapa NIC-12A 008.82-C
Alternativa: Alternativa 3
Sensibilidad: No se realizó análisis de sensibilidad
Clase de superficie: Asfáltica
Tipo de carretera: Troncal principal
Ancho: 13.00m

Año	Descripción	Código	Costo económico	Costo financiero	Cantidad
2013	Pavimento de Concreto (Los:	LC.1	504,371.5	387,978.2	0.96 km
2031	Cepillado de Superficie	Ceps	307,008.0	374,400.0	2,400.00 sq. m/mm
Costo total del tramo:			811,379.5	762,378.2	

HDM - 4 Resumen de trabajos (por tramo)

Tramo: Emp. Nejapa - Sem foros Auto Hotel Nejapa NIC-12A 008.82-C
Alternativa: Alternativa Base
Sensibilidad: No se realizó análisis de sensibilidad
Clase de superficie: Asfáltica **Tipo de carretera:** Troncal principal
Superficie: 0.96km **Ancho:** 13.00m

Año	Descripción	Código	Costo económico	Costo financiero	Cantidad
2013	Bacheo	B	223.4	290.4	14.86 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2014	Bacheo	B	299.8	389.8	19.94 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2015	Bacheo	B	305.9	397.7	20.34 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2016	Bacheo	B	312.1	405.7	20.75 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2017	Bacheo	B	318.3	413.8	21.17 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2018	Bacheo	B	324.7	422.1	21.59 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2019	Bacheo	B	331.2	430.5	22.02 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2020	Bacheo	B	337.7	439.1	22.46 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2021	Bacheo	B	344.4	447.7	22.90 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2022	Bacheo	B	351.2	456.5	23.35 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2023	Bacheo	B	358.1	465.5	23.81 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2024	Bacheo	B	365.0	474.5	24.27 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2025	Bacheo	B	372.1	483.7	24.74 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2026	Bacheo	B	379.3	493.1	25.22 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2027	Bacheo	B	386.6	502.5	25.70 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2028	Bacheo	B	393.9	512.1	26.19 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2029	Bacheo	B	401.4	521.8	26.69 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2030	Bacheo	B	409.0	531.7	27.19 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2031	Bacheo	B	416.6	541.6	27.70 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2032	Bacheo	B	424.4	551.7	28.22 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
Costo total del tramo:			7,055.0	9,171.5	

HDM - 4 Resumen de trabajos (por tramo)

Tramo: Emp. Sta. Rita - Emp. El Transito NIC-12A 030.77-044.6
Alternativa: Alternativa 1
Sensibilidad: No se realizó análisis de sensibilidad
Clase de superficie: Asfáltica
Tipo de carretera: Troncal principal
Ancho: 7.10m

Año	Descripción	Código	Costo económico	Costo financiero	Cantidad
2013	Pavimento asfáltico (tramo3)	PA3	2,879,792.8	3,743,730.5	13.84 km
2016	Microcarpeta Asfáltica	MCA	748,771.7	972,813.6	98,264.00 sq. m
2019	Microcarpeta Asfáltica	MCA	748,771.7	972,813.6	98,264.00 sq. m
2022	Microcarpeta Asfáltica	MCA	748,771.7	972,813.6	98,264.00 sq. m
2025	Microcarpeta Asfáltica	MCA	748,771.7	972,813.6	98,264.00 sq. m
2028	Microcarpeta Asfáltica	MCA	748,771.7	972,813.6	98,264.00 sq. m
2031	Microcarpeta Asfáltica	MCA	748,771.7	972,813.6	98,264.00 sq. m
Costo total del tramo:			7,372,422.9	9,580,611.9	

HDM - 4 Resumen de trabajos (por tramo)

Tramo: Emp. Sta. Rita - Emp. El Transito NIC-12A 030.77-044.6
Alternativa: Alternativa 2
Sensibilidad: No se realizó análisis de sensibilidad
Clase de superficie: Asfáltica
Tipo de carretera: Troncal principal
Ancho: 7.10m

Año	Descripción	Código	Costo económico	Costo financiero	Cantidad
2013	Pavimento de Concreto (Los:	PCLC3	4,766,891.5	6,196,958.5	13.84 km
2023	Sellado de Juntas1	SJ1	1,365,869.6	1,670,488.1	491,320.00 m
2029	Sellado de Juntas1	SJ1	1,365,869.6	1,670,488.1	491,320.00 m
Costo total del tramo:			7,498,630.8	9,537,934.8	

HDM-4 Resumen de trabajos (por tramo)

Tramo: Emp. Sta. Rita - Emp. El Transito NIC-12A 030.77-044.6
Alternativa: Alternativa 3
Sensibilidad: No se realizó análisis de sensibilidad
Clase de superficie: Asfáltica
Tipo de carretera: Troncal principal
Ancho: 7.10m

Año	Descripción	Código	Costo económico	Costo financiero	Cantidad
2013	Pavimento de Concreto (Los:	LC.3	3,054,834.0	3,971,277.3	13.84 km
Costo total del tramo:			3,054,834.0	3,971,277.3	

HDM - 4 Resumen de trabajos (por tramo)

Tramo: Emp. Sta. Rita - Emp. El Transito NIC-12A 030.77-044.6
Alternativa: Alternativa Base
Sensibilidad: No se realizó análisis de sensibilidad
Clase de superficie: Asfáltica **Tipo de carretera:** Troncal principal
Superficie: 13.84km **Ancho:** 7.10m

Año	Descripción	Código	Costo económico	Costo financiero	Cantidad
2013	Bacheo	B	1,387.8	1,804.2	92.29 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2014	Bacheo	B	591.5	769.0	39.33 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2015	Bacheo	B	613.6	797.7	40.80 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2016	Bacheo	B	636.5	827.5	42.33 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2017	Bacheo	B	660.4	858.5	43.91 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2018	Bacheo	B	685.3	890.8	45.57 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2019	Bacheo	B	711.1	924.4	47.28 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2020	Bacheo	B	738.0	959.4	49.07 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2021	Bacheo	B	765.9	995.7	50.93 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2022	Bacheo	B	795.0	1,033.5	52.86 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2023	Bacheo	B	825.2	1,072.8	54.87 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2024	Bacheo	B	856.7	1,113.7	56.97 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2025	Bacheo	B	889.4	1,156.2	59.14 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2026	Bacheo	B	923.4	1,200.4	61.40 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2027	Bacheo	B	958.7	1,246.3	63.75 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2028	Bacheo	B	995.4	1,294.1	66.19 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2029	Bacheo	B	1,033.6	1,343.7	68.73 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2030	Bacheo	B	1,073.3	1,395.3	71.37 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2031	Bacheo	B	1,114.5	1,448.9	74.11 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2032	Bacheo	B	1,157.4	1,504.6	76.96 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
Costo total del tramo:			17,412.6	22,636.4	

HDM - 4 Resumen de trabajos (por tramo)

Tramo: Semaf. Auto H. Nejapa - Emp. Sta. Rita NIC-12A 009.78-030.7
Alternativa: Alternativa 1
Sensibilidad: No se realizó análisis de sensibilidad
Clase de superficie: Asfáltica
Tipo de carretera: Troncal principal
Ancho: 7.10m

Año	Descripción	Código	Costo económico	Costo financiero	Cantidad
2013	Pavimento asfáltico (tramo2)	PA2	4,434,116.5	5,764,357.5	20.99 km
2016	Microcarpeta Asfáltica	MCA	1,135,601.0	1,475,387.0	149,029.00 sq. m
2019	Microcarpeta Asfáltica	MCA	1,135,601.0	1,475,387.0	149,029.00 sq. m
2022	Microcarpeta Asfáltica	MCA	1,135,601.0	1,475,387.0	149,029.00 sq. m
2025	Microcarpeta Asfáltica	MCA	1,135,601.0	1,475,387.0	149,029.00 sq. m
2028	Microcarpeta Asfáltica	MCA	1,135,601.0	1,475,387.0	149,029.00 sq. m
2031	Microcarpeta Asfáltica	MCA	1,135,601.0	1,475,387.0	149,029.00 sq. m
Costo total del tramo:			11,247,722.5	14,616,679.5	

HDM - 4 Resumen de trabajos (por tramo)

Tramo: Semaf. Auto H. Nejapa - Emp. Sta. Rita NIC-12A 009.78-030.7
Alternativa: Alternativa 2
Sensibilidad: No se realizó análisis de sensibilidad
Clase de superficie: Asfáltica
Tipo de carretera: Troncal principal
Ancho: 7.10m

Año	Descripción	Código	Costo económico	Costo financiero	Cantidad
2013	Pavimento de Concreto (Los:	PCLC2	7,650,849.0	9,946,104.0	20.99 km
2023	Sellado de Juntas1	SJ1	2,071,503.0	2,533,493.0	745,145.00 m
2029	Sellado de Juntas1	SJ1	2,071,503.0	2,533,493.0	745,145.00 m
Costo total del tramo:			11,793,855.0	15,013,090.0	

HDM - 4 Resumen de trabajos (por tramo)

Tramo: Semaf. Auto H. Nejapa - Emp. Sta. Rita NIC-12A 009.78-030.7
Alternativa: Alternativa 3
Sensibilidad: No se realizó análisis de sensibilidad
Clase de superficie: Asfáltica
Tipo de carretera: Troncal principal
Ancho: 7.10m

Año	Descripción	Código	Costo económico	Costo financiero	Cantidad
2013	Pavimento de Concreto (Los:	LC.2	4,633,017.5	6,022,912.5	20.99 km
2032	Cepillado de Superficie	Ceps	3,666,113.5	4,470,870.0	5,145.00 sq. m/mm
Costo total del tramo:			8,299,131.0	10,493,782.5	

HDM - 4 Resumen de trabajos (por tramo)

Tramo: Semaf. Auto H. Nejapa - Emp. Sta. Rita NIC-12A 009.78-030.7
Alternativa: Alternativa Base
Sensibilidad: No se realizó análisis de sensibilidad
Clase de superficie: Asfáltica **Tipo de carretera:** Troncal principal
Superficie: 20.99km **Ancho:** 7.10m

Año	Descripción	Código	Costo económico	Costo financiero	Cantidad
2013	Bacheo	B	601.5	781.9	40.00 sq. m
	Sello de grietas	SG	25,694.2	33,339.7	12,533.73 sq. m
2014	Bacheo	B	0.0	0.0	0.00 sq. m
	Sello de grietas	SG	29,125.7	37,792.4	14,207.67 sq. m
2015	Bacheo	B	0.0	0.0	0.00 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2016	Bacheo	B	763.7	992.9	50.78 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2017	Bacheo	B	1,428.0	1,856.4	94.95 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2018	Bacheo	B	2,148.9	2,793.6	142.90 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2019	Bacheo	B	2,255.9	2,932.7	150.01 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2020	Bacheo	B	2,368.3	3,078.7	157.48 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2021	Bacheo	B	2,486.2	3,232.1	165.32 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2022	Bacheo	B	2,610.0	3,393.0	173.56 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2023	Bacheo	B	2,740.0	3,561.9	182.20 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2024	Bacheo	B	2,876.3	3,739.2	191.26 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2025	Bacheo	B	3,019.3	3,925.0	200.77 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2026	Bacheo	B	3,169.2	4,120.0	210.74 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2027	Bacheo	B	3,326.4	4,324.3	221.19 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2028	Bacheo	B	3,491.2	4,538.5	232.15 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2029	Bacheo	B	3,663.8	4,762.9	243.63 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2030	Bacheo	B	3,844.5	4,997.9	255.65 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2031	Bacheo	B	4,033.8	5,244.0	268.23 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
2032	Bacheo	B	4,231.9	5,501.5	281.41 sq. m
	Sello de grietas	SG	0.0	0.0	0.00 sq. m
Costo total del tramo:			103,878.8	134,908.5	

Resumen del costo económico total anual:

Base Sensitivity Scenario

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa Base
2013	10,073,907.94	19,339,461.56	11,467,782.00	43,894.82
2014	0.00	0.00	0.00	30,301.85
2015	0.00	0.00	0.00	1,216.92
2016	2,782,343.98	0.00	0.00	2,023.09
2017	0.00	0.00	0.00	2,731.48
2018	0.00	0.00	0.00	3,498.34
2019	2,782,343.98	0.00	0.00	3,653.08
2020	0.00	0.00	0.00	3,815.08
2021	0.00	0.00	0.00	3,984.70
2022	2,782,343.98	1,464,559.63	0.00	4,162.24
2023	0.00	3,437,372.63	0.00	4,348.07
2024	0.00	173,472.00	0.00	4,542.54
2025	2,782,343.98	0.00	0.00	4,746.02
2026	0.00	0.00	0.00	4,958.89
2027	0.00	1,464,559.63	0.00	5,181.55
2028	2,782,343.98	0.00	0.00	5,414.41
2029	0.00	3,437,372.63	0.00	5,657.85
2030	0.00	173,472.00	0.00	5,912.34
2031	2,782,343.98	1,464,559.63	307,008.00	6,178.32
2032	0.00	0.00	3,666,113.50	6,456.18
Total	26,767,971.82	30,954,829.71	15,440,903.50	152,677.77



ANEXO 3: RED DE CARRETERAS NEJAPA-IZAPA

Nombre del estudio: **Proyecto Nejapa-Izapa**

Fecha de ejecución: **24-01-2013**

ID tramo	Nombre	Tipo de velocidad / . . .	Modelo de tránsito	Tipo de carretera	Zona climática	Clase de superficie	Juego de calibración	Longitud (Km)	Ancho (m)	Ancho de acot. (m)	ELanes
NIC-12A 008	Emp. Nejapa - Sem forc	Calzada multicarril	Larga distancia	Troncal principal	Tropical semi arid	Asfáltica	NIC-12A 008.82-009.7 0	0.96	13.00	1.00	3
NIC-12A 009	Semaf. Auto H. Nejapa	Calzada 2 carriles a	Larga distancia	Troncal principal	Tropical semi arid	Asfáltica	NIC-12A 009.78-030.7 0	20.99	7.10	3.50	2
NIC-12A 030	Emp. Sta. Rita - Emp. E	Calzada 2 carriles a	Larga distancia	Troncal principal	Tropical semi arid	Asfáltica	NIC-12A 030.77-044.6 0	13.84	7.10	3.50	2
NIC-12A 044	Emp. El Transito - Emp.	Calzada 2 carriles a	Laboral	Troncal principal	Tropical semi arid	Asfáltica	NIC-12A 044.61-059.4 0	14.84	7.10	3.50	2

Tramos asfálticos:

ID	Nombre	Juego de calibración	Espesor actual de la capa de rodadura (mm)	Espesor ant. de la capa de rodadura (mm)	Año última reconst.	Año última rehab.	Año último t. sup.	Año último t. prev.	Espesor de la base (mm)
NIC-12A 009.7	Semaf. Auto H. Nejapa	NIC-12A 009.78-030.7 0	45	5	1994	1994	1994	1994	150
NIC-12A 008.8	Emp. Nejapa - Sem forc	NIC-12A 008.82-009.7 0	53	5	1994	1994	1994	1994	150
NIC-12A 044.6	Emp. El Transito - Emp.	NIC-12A 044.61-059.4 0	60	5	1994	1994	1994	1994	95
NIC-12A 030.7	Emp. Sta. Rita - Emp. E	NIC-12A 030.77-044.6 0	51	5	1994	1994	1994	1994	200

Nombre del estudio: **Proyecto Nejapa-Izapa**

Fecha de ejecución: **24-01-2013**

ID tramo	Nombre	Tipo de velocidad	Asc. y desc. (m/km)	No. de asc. y desc. (/km)	Curvatura horizontal (grad.km)	Sobreelevación (%)	Altitud (m)	Sigma adral (m/s.)	Límite de vel. (km/h)	Factor de cump. del lím. vel.	Tipo drenaje	Fricción TNM (XNMT)	Fricción lateral (XFRI)	Fricción TM (XMT)	Long. (Km)	Ancho (m)
NIC-12A 008	Emp. Nejapa - Sem foros	Calzada multicarril	10.0	1	25	6.00	240	0.10	60	1.10	Sin efectos de drenaj	0.90	0.80	0.95	0.96	13.00
NIC-12A 009	Semaf. Auto H. Nejapa -	Calzada 2 carriles a	10.0	1	25	6.00	240	0.10	60	1.10	Sin efectos de drenaj	0.90	0.80	0.95	20.99	7.10
NIC-12A 030	Emp. Sta. Rita - Emp. El	Calzada 2 carriles a	10.0	1	25	6.00	240	0.10	60	1.10	Alineado y continuo	0.90	0.80	0.95	13.84	7.10
NIC-12A 044	Emp. El Transito - Emp.	Calzada 2 carriles a	10.0	1	25	6.00	240	0.10	60	1.10	Sin efectos de drenaj	0.90	0.80	0.95	14.84	7.10

Nombre del estudio: **Proyecto Nejapa-Izapa**

Fecha de ejecución: **24-01-2013**

Tramos asfálticos:

ID	Nombre	Condición para el año	Irregularidad IRI (m/km)	ACA Área de agriet. estructural total (%)	ACW Área de agriet. estructural ancho (%)	ACT Área de agriet. térmico (%)	ARV Área con desprendimientos (%)	NPT Baches (no./km)	AEB Rotura de borde (m./km)	RDM Prof. de roderas (mm)	TD Prof. de la textura al deslizamiento (mm)	SFC50 Resistencia (SCRIM)	Condición del drenaje
NIC-12A 009.7	Semaf. Auto H. Nejapa	2012	4.40	71.00	7.00	0.70	0.00	19.00	0.00	9	1	0	Bueno
NIC-12A 008.8	Emp. Nejapa - Sem forc	2012	3.70	46.00	35.00	3.50	0.00	0.00	0.00	4	1	0	Medio
NIC-12A 044.6	Emp. El Transito - Emp.	2008	6.50	70.00	69.00	6.90	0.00	704.00	0.00	0	1	0	Bueno
NIC-12A 030.7	Emp. Sta. Rita - Emp. E	2012	5.10	53.00	36.00	3.60	8.00	48.00	0.00	8	1	0	Bueno



ANEXO 4: COSTOS ECONÓMICOS Y FINANCIEROS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Recinto Universitario “Pedro Arauz Palacios”
Facultad de Tecnología de la Construcción

Tabla 9. Autos Representativos por tipo

Vehículos representativos por tipo						
Tipo	Marca	Modelo	% de participación	Observaciones	Costo Financiero	Costo Económico
Sedan	Toyota	Corolla	29.70%	En la encuesta del año 2003, aparece Tercel. Este modelo dejó de ser producido por la empresa Toyota, por recomendaciones y resultados de entrevistas a distribuidores de autos hemos incluido este modelo.	\$ 25,500.00	\$ 16,960.97
	Toyota	Yaris			\$ 20,995.00	\$ 13,964.53
	Nissan	Sentra	12.00%	En la encuesta del año 2003, aparece Excell. Este modelo dejó de ser producido por la empresa Toyota, por recomendaciones y resultados de entrevistas a distribuidores de autos hemos incluido este modelo.	\$ 14,200.00	\$ 9,444.93
	Hyundai	Accent	25.00%		\$ 17,200.00	\$ 11,440.34
	Otras		33.30%			
Camioneta	Toyota	Hilux	51.10%		\$ 40,250.00	\$ 24,921.94
	Nissan	Frontier	13.90%	En la encuesta del año 2003, aparece N/R. Este modelo dejó de ser producido por la empresa Nissan, por recomendaciones y resultados de entrevistas a distribuidores de autos hemos incluido este modelo.	\$ 28,000.00	\$ 17,337.00
	Mitsubishi	L-200	10.50%		\$ 32,000.00	\$ 19,813.71
	Otras		24.50%			
Jeep	Toyota	Prado	42.60%	En la encuesta del año 2003, aparece Land Cruiser. Actualmente en el país solo se comercializa Prado en este tipo de vehículo.	\$ 64,500.00	\$ 42,734.61
	Nissan	Patrol	10.60%		\$ 45,350.00	\$ 30,046.74
	Mitsubishi	Montero	10.60%		\$ 60,000.00	\$ 39,753.12

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Recinto Universitario “Pedro Arauz Palacios”
Facultad de Tecnología de la Construcción

	Otras		36.20%	En la encuesta del año 2003, aparece Suzuki Samurai. Este modelo dejó de ser producido por la empresa Suzuki, por recomendaciones de las empresas distribuidoras de autos consultadas no se incluye ningún modelo en lugar de este.		
Microbús	Toyota	Hiace	32.20%		\$ 33,000.00	\$ 28,485.83
	Hyundai	H-1	28.00%	En la encuesta del año 2003, aparece H-100. Este modelo podía ser encontrado en modo microbús o camión pequeño al momento de la encuesta, la empresa Hyundai decidió producir solamente el modelo camión pequeño y comenzó a producir el modelo H-1 como su modelo microbús.	\$ 23,900.00	\$ 20,630.64
	Otras		39.80%	En la encuesta del año 2003, aparece Kia Topic. Por recomendaciones de las empresas distribuidoras de autos consultadas no se incluye ningún modelo en lugar de este.		
Bus	International	4700	59.90%	En la encuesta del año 2003, aparece S-1800, 3800.	\$ 115,000.00	\$ 89,374.14
	Blue Bird		8.60%			
	Mercedez Benz		7.80%			
	Otros		23.70%			
Camión Liviano	Hyundai	H-100	14.3%	Se tomaron en cuenta todos los modelos comercializados a nivel nacional y se obtuvo un precio promedio	\$ 16,900.00	\$ 13,367.31
	Mercedez	Atego 815	14.3%		\$ 24,000.00	\$ 18,983.16
	Kia	K-3000	14.3%		\$ 19,520.00	\$ 15,439.64
	Kia	K-2700	14.3%		\$ 15,700.00	\$ 12,418.15
	Isuzu	NMR	14.3%		\$ 31,500.00	\$ 24,915.40
	Toyota	Dyna	14.3%		\$ 22,500.00	\$ 17,796.71
	Isuzu	NPR	14.3%		\$ 35,500.00	\$ 28,079.26

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Recinto Universitario “Pedro Arauz Palacios”
Facultad de Tecnología de la Construcción

Camión Mediano	Mercedez 1017		20.0%	Se tomaron en cuenta todos los modelos comercializados a nivel nacional y se obtuvo un precio promedio	\$ 33,000.00	\$ 25,852.66
	Freightliner M2 100		20.0%		\$ 60,950.00	\$ 47,749.08
	Mercedez 2024 NG		20.0%		\$ 51,000.00	\$ 39,954.12
	Hyundai HD-65		20.0%		\$ 26,500.00	\$ 20,760.47
	Isuzu NQR		20.0%		\$ 41,500.00	\$ 32,511.68
Camión Pesado	International 5600		33.3%	Se tomaron en cuenta todos los modelos comercializados a nivel nacional y se obtuvo un precio promedio		
	International 4300				\$ 119,025.00	\$ 93,211.73
	Freightliner M2 106		33.3%		\$ 67,850.00	\$ 53,135.19
	Freightliner M2 112		33.3%		\$ 135,700.00	\$ 106,270.38
Camión Articulado	Freightliner CI 120		27.90%	Se tomaron en cuenta todos los modelos comercializados a nivel nacional y se obtuvo un precio promedio	\$ 138,000.00	\$ 108,018.63
	International 7600		38.60%		\$ 126,500.00	\$ 99,017.07

Tabla 10. Costos lubricantes

Empresa	Unidad de Medida	Costo Financiero		Costo Económico	
		SAE 40	SAE 50	SAE 40	SAE 50
DASSA	Lt	\$3.65	\$3.45	\$2.60	\$2.45
MERCALSA	Lt	\$4.12	\$4.16	\$2.93	\$2.96
DIANCA	Lt	\$3.08	\$2.98	\$2.19	\$2.12
LUBRINSA	Lt	\$4.05	\$3.83	\$2.89	\$2.73
UNO LUB	Lt	\$3.03	\$3.03	\$2.16	\$2.15

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Recinto Universitario “Pedro Arauz Palacios”
Facultad de Tecnología de la Construcción

Tabla 11. Cálculo costos tiempo de trabajo y tiempo de ocio

Sector	Salario Promedio, 3er trimestre 2012 US\$/hora	% Participación por # personas / sector				Participación del costo hora/sector(US\$)			
		Motocicleta	Carro/Jeep	Bus / Camioneta	Camión	Motocicleta	Carro/Jeep	Bus / Camioneta	Camión
Promedio Nacional	\$1.66	100%	100%	100%	100%	\$1.54	\$1.61	\$1.46	\$0.80
Agropecuario	\$0.80	0%	0%	0%	100%	-	-	-	\$0.80
Pesca	\$1.06	0%	0%	1%	0%	-	-	\$0.02	-
Minas	\$2.37	0%	0%	1%	0%	-	-	\$0.02	-
Industria	\$1.16	0%	0%	35%	0%	-	-	\$0.40	-
Comercio	\$1.49	43%	21%	13%	0%	\$0.64	\$0.31	\$0.19	-
Servicios Comunes (Electricidad, gas y agua)	\$2.73	1%	1%	1%	0%	\$0.02	\$0.02	\$0.04	-
Construcción	\$1.55	0%	0%	4%	0%	-	-	\$0.06	-
Transporte	\$1.92	0%	0%	5%	0%	-	-	\$0.10	-
Financiero	\$1.80	6%	24%	6%	0%	\$0.10	\$0.44	\$0.11	-
Gobierno (Servicios Personales y Sociales)	\$1.54	51%	50%	32%	0%	\$0.78	\$0.77	\$0.50	-



ANEXO 5: FLOTA VEHICULAR

Nombre del estudio: **Proyecto Nejapa-Izapa**

Fecha de ejecución: **24-01-2013**

Unidad monetaria: **US Dollar**

Auto

Definición

Tipo base: Automóvil pequeño Info: automóvil compacto
 Categoría: Motorizado Método de vida: Vida óptima

Características básicas

PCSE: 1.00	Costo de renovación: 0%	Uso privado: 75%
No. de ruedas: 4	ESALF: 0.00	Pasajeros: 2
No. de ejes: 2	Km. anuales: 30,000 km/año	Viajes de trabajo: 75%
Tipo de neumáticos: Radial	Horas laborables: 500 horas	Peso en operación: 1.20 toneladas
No. base de renov.: 0.00	Vida útil promedio: 15 años	

Costos económicos unitarios

Vehículo nuevo: 12,872	M.O. 2.43 por hora	Tiempo trabajo pasajeros: 1.07 por hora
Neumático reemplazo: 101.53	Salario operadores: 0.29 por hora	Tiempo de ocio: 0.27 por hora
Combustible: 0.55 por litro	Gastos generales anuales: 206	Tiempo retención carga: 0
Lubricante: 2.55 por litro	Interés anual: 12.00%	

Fuerzas

Área frontal: 1.80 m ²	Potencia al freno: 20 kW	Resist. rodadura a2: 0.01
CD: 0.40	Potencia en oper.: 60 kW	FPLIM: 1.00
Multiplicador de CD: 1.10	Resist. rodadura a0: 37.00	
Potencia de cond.: 26 kW	Resist. rodadura a1: 0.06	

Velocidad

VCURVE_a0: 3.90	VDES2 asfáltico: 144.36 km/h	CW1 no pavimentado: 4.00m
VCURVE_a1: 0.34	VDESa0 asfáltico: 0.00 × 10 ⁻³	CW2 no pavimentado: 6.80m
VROUGH_a0: 1.15	VDESa1 asfáltico: 2.90	VDES2 concreto: 144.36 km/h
ARVMAX: 203 mm/s	VDESa2 asfáltico: 0.75	VDESa0 concreto: 0.00 × 10 ⁻³
Beta velocidad: 0.15	CW1 asfáltico: 4.00	VDESa1 concreto: 2.90
Sigma Velocidad: 0.00	CW2 asfáltico: 6.80	VDESa2 concreto: 0.75
COV: 0.15	VDES2 no pavimentado: 144.36 km/h	CW1 concreto: 4.00m
CGR_a0: 94.90	VDESa0 no pavimentado: 0.00 × 10 ⁻³	CW2 concreto: 6.80m
CGR_a1: 0.85	VDESa1 no pavimentado: 2.90	
CGR_a2: 2.80	VDESa2 no pavimentado: 0.75	

Combustible

RPM_a0: 1,910 RPM	IDLE_FUEL: 0.25 mL/s	PCTPENG: 80.00%
RPM_a1: -12.31 RPM/(m/s)	ZETAB: 0.067 mL/kW/s	Kpea: 1.00
RPM_a2: 0.22 RPM/(m/s) ²	EHP: 0.25	Pérdidas lubricante por contam.: 0.40 L/1000km
RPM_a3: -0.00 m/s	EDT: 0.90	Pérdidas lubricante por oper.: 0.0028 L/1000km
RPM_IDLE: 800 RPM	PACCS_a0: 0.20	

Efectos de

Sigma amaxv: 0.75 m/s ²	NMTAMAX: 0.40 m/s ²	AMAXRI: 20.00 m/s ²
FRIAMAX: 0.20 m/s ²	RIAMAX: 0.30 m/s ²	

Neumáticos

Diámetro de rueda: 0.60 m	Coef. de desgaste: 0.00204 dm ³ /J-m	Volumen hule de desgaste: 1.40 dm ³
Término de constante 0.02616 dm ³	Factor de efect. congestión: 0.10	

Mantenimiento

Term. const. refacc.: 36.94	Efec. edad refacc.: 0.308	Término const. M.O.: 77.14
Efecto IRI refacc.: 6.20	Fac. suav. refacc.: 0.25	Exponente M.O. refacc.: 0.547
Fac. rotación refacc.: 1.00	Limite IRI refacc.: 6.20	Factor rotación M.O.: 1.00
Fac. traslación refacc.: 0.00	Fac. congest. refacc.: 0.10	Factor traslación M.O.: 0.00

-Vida óptima

Coef. de regresión 1: -65.8553
Coef. de regresión 2: -1.9194

Valor residual mín.: 2.00%
Valor residual máx.: 15.00%

Umbral de irregularidad 5.00 IRI

-Emisiones

Hidrocarburo aHC: 0.0120
Hidrocarburo rHC: 0.0000
Monóxido de carbono 0.1000

Óxido nitroso aNOX: 0.0550
Óxido nitroso FRNOx: 0.1700
Partículas aPM: 0.0001
Partículas rPM: 0.0000

Dióxido de carbono aCO2: 1.8000
Dióxido de azufre SO2: 0.0005
Plomo Pb: 0.7500
Plomo aPb: 0.0005

-Energía

Usada en la producción: 80 GJ
% ref. hechas en el país: 10.00%

%veh. hecho en el país: 10.00%
Peso neumático: 3.00 kg

Peso veh sin carga: 0.80 ton

Autobus
Definición

Tipo base: Autobus mediano Info: autobús mediano (3.5 - 8.0 ton)
 Categoría: Motorizado Método de vida Vida óptima

Características básicas

PCSE: 1.60 Costo de renovación: 40% Uso privado: 0%
 No. de ruedas: 6 ESALF: 1.87 Pasajeros: 40
 No. de ejes: 2 Km. anuales: 80,000 km/año Viajes de trabajo: 75%
 Tipo de neumáticos: Radial Horas laborables: 2,000 horas Peso en operación: 6.00 toneladas
 No. base de renov.: 1.30 Vida útil promedio: 20 años

Costos económicos unitarios

Vehículo nuevo: 89,374 M.O. 4.30 por hora Tiempo trabajo pasajeros: 0.97 por hora
 Neumático reemplazo: 564.10 Salario operadores: 1.54 por hora Tiempo de ocio: 0.24 por hora
 Combustible: 0.51 por litro Gastos generales anuales: 2,693 Tiempo retención carga: 0
 Lubricante: 2.48 por litro Interés anual: 12.00%

Fuerzas

Área frontal: 5.00 m² Potencia al freno: 70 kW Resist. rodadura a2: 0.01
 CD: 0.55 Potencia en oper.: 100 kW FPLIM: 1.00
 Multiplicador de CD: 1.14 Resist. rodadura a0: 37.00
 Potencia de cond.: 65 kW Resist. rodadura a1: 0.06

Velocidad

VCURVE_a0: 4.80 VDES2 asfáltico: 141.84 km/h CW1 no pavimentado: 4.00m
 VCURVE_a1: 0.29 VDESa0 asfáltico: 0.00 × 10⁻³ CW2 no pavimentado: 6.80m
 VROUGH_a0: 1.15 VDESa1 asfáltico: 0.60 VDES2 concreto: 141.84 km/h
 ARVMAX: 200 mm/s VDESa2 asfáltico: 0.75 VDESa0 concreto: 0.00 × 10⁻³
 Beta velocidad: 0.19 CW1 asfáltico: 4.00 VDESa1 concreto: 0.60
 Sigma Velocidad: 0.00 CW2 asfáltico: 6.80 VDESa2 concreto: 0.75
 COV: 0.15 VDES2 no pavimentado: 141.84 km/h CW1 concreto: 4.00m
 CGR_a0: 94.90 VDESa0 no pavimentado: 0.00 × 10⁻³ CW2 concreto: 6.80m
 CGR_a1: 0.85 VDESa1 no pavimentado: 0.60
 CGR_a2: 2.80 VDESa2 no pavimentado: 0.75

Combustible

RPM_a0: 1,926 RPM IDLE_FUEL: 0.37 mL/s PCTPENG: 80.00%
 RPM_a1: -32.35 RPM/(m/s) ZETAB: 0.057 mL/kW/s Kpea: 1.00
 RPM_a2: 0.74 RPM/(m/s)² EHP: 0.10 Pérdidas lubricante por contam.: 1.75 L/1000km
 RPM_a3: -0.00 m/s EDT: 0.86 Pérdidas lubricante por oper.: 0.0021 L/1000km
 RPM_IDLE: 500 RPM PACCS_a0: 0.20

Efectos de

Sigma amaxv: 0.75 m/s² NMTAMAX: 0.40 m/s² AMAXRI: 20.00 m/s²
 FRIAMAX: 0.20 m/s² RIAMAX: 0.30 m/s²

Neumáticos

Diámetro de rueda: 1.05 m Coef. de desgaste: 0.00207 dm³/J-m Volumen hule de desgaste: 6.00 dm³
 Término de constante 0.02663 dm³ Factor de efect. congestión: 0.10

Mantenimiento

Term. const. refacc.: 0.57 Efec. edad refacc.: 0.483 Término const. M.O.: 293.44
 Efecto IRI refacc.: 0.49 Fac. suav. refacc.: 0.25 Exponente M.O. refacc.: 0.517
 Fac. rotación refacc.: 1.00 Limite IRI refacc.: 0.49 Factor rotación M.O.: 1.00
 Fac. traslación refacc.: 0.00 Fac. congest. refacc.: 0.10 Factor traslación M.O.: 0.00

Vida óptima

Coef. de regresión 1: -65.8553 Valor residual mín.: 2.00% Umbral de irregularidad 5.00 IRI
 Coef. de regresión 2: -1.9194 Valor residual máx.: 15.00%

Emisiones

Hidrocarburo aHC: 0.0400 Óxido nitroso aNOX: 0.0270 Dióxido de carbono aCO2: 2.0000
 Hidrocarburo rHC: 0.0000 Óxido nitroso FRNOx: 0.0000 Dióxido de azufre SO2: 0.0050
 Monóxido de carbono 0.0800 Partículas aPM: 0.0032 Plomo Pb: 0.7500

Partículas rPM: 0.0000

Plomo aPb: 0.0000

Energía

Usada en la producción: 700 GJ

%veh. hecho en el país: 10.00%

Peso veh sin carga: 4.50 ton

% ref. hechas en el país: 10.00%

Peso neumático: 9.80 kg

Camión Liviano
Definición

Tipo base: Camión ligero Info: camión pequeño de dos ejes (aprox. < 3.5 ton)
 Categoría: Motorizado Método de vida Vida óptima

Características básicas

PCSE: 1.30	Costo de renovación: 40%	Uso privado: 0%
No. de ruedas: 4	ESALF: 0.05	Pasajeros: 0
No. de ejes: 2	Km. anuales: 30,000 km/año	Viajes de trabajo: 0%
Tipo de neumáticos: Radial	Horas laborables: 750 horas	Peso en operación: 2.00 toneladas
No. base de renov.: 1.30	Vida útil promedio: 20 años	

Costos económicos unitarios

Vehículo nuevo: 18,714	M.O. 4.30 por hora	Tiempo trabajo pasajeros: 0
Neumático reemplazo: 127.48	Salario operadores: 1.54 por hora	Tiempo de ocio: 0
Combustible: 0.51 por litro	Gastos generales anuales: 2,693	Tiempo retención carga: 0
Lubricante: 2.48 por litro	Interés anual: 12.00%	

Fuerzas

Área frontal: 4.00 m ²	Potencia al freno: 45 kW	Resist. rodadura a2: 0.01
CD: 0.55	Potencia en oper.: 75 kW	FPLIM: 1.00
Multiplicador de CD: 1.13	Resist. rodadura a0: 37.00	
Potencia de cond.: 50 kW	Resist. rodadura a1: 0.06	

Velocidad

VCURVE_a0: 4.80	VDES2 asfáltico: 128.16 km/h	CW1 no pavimentado: 4.00m
VCURVE_a1: 0.29	VDESa0 asfáltico: 0.00 × 10 ⁻³	CW2 no pavimentado: 6.80m
VROUGH_a0: 1.15	VDESa1 asfáltico: 0.70	VDES2 concreto: 128.16 km/h
ARVMAX: 200 mm/s	VDESa2 asfáltico: 0.75	VDESa0 concreto: 0.00 × 10 ⁻³
Beta velocidad: 0.19	CW1 asfáltico: 4.00	VDESa1 concreto: 0.70
Sigma Velocidad: 0.00	CW2 asfáltico: 6.80	VDESa2 concreto: 0.75
COV: 0.15	VDES2 no pavimentado: 128.16 km/h	CW1 concreto: 4.00m
CGR_a0: 94.90	VDESa0 no pavimentado: 0.00 × 10 ⁻³	CW2 concreto: 6.80m
CGR_a1: 0.85	VDESa1 no pavimentado: 0.70	
CGR_a2: 2.80	VDESa2 no pavimentado: 0.75	

Combustible

RPM_a0: 2,035 RPM	IDLE_FUEL: 0.37 mL/s	PCTPENG: 80.00%
RPM_a1: -20.04 RPM/(m/s)	ZETAB: 0.057 mL/kW/s	Kpea: 1.00
RPM_a2: 0.36 RPM/(m/s) ²	EHP: 0.10	Pérdidas lubricante por contam.: 1.56 L/1000km
RPM_a3: -0.00 m/s	EDT: 0.86	Pérdidas lubricante por oper.: 0.0021 L/1000km
RPM_IDLE: 500 RPM	PACCS_a0: 0.20	

Efectos de

Sigma amaxv: 0.75 m/s ²	NMTAMAX: 0.40 m/s ²	AMAXRI: 20.00 m/s ²
FRIAMAX: 0.20 m/s ²	RIAMAX: 0.30 m/s ²	

Neumáticos

Diámetro de rueda: 0.80 m	Coef. de desgaste: 0.00187 dm ³ /J-m	Volumen hule de desgaste: 1.60 dm ³
Término de constante 0.02400 dm ³	Factor de efect. congestión: 0.10	

Mantenimiento

Term. const. refacc.: 7.29	Efec. edad refacc.: 0.371	Término const. M.O.: 242.03
Efecto IRI refacc.: 2.96	Fac. suav. refacc.: 0.25	Exponente M.O. refacc.: 0.519
Fac. rotación refacc.: 1.00	Limite IRI refacc.: 2.96	Factor rotación M.O.: 1.00
Fac. traslación refacc.: 0.00	Fac. congest. refacc.: 0.10	Factor traslación M.O.: 0.00

Vida óptima

Coef. de regresión 1: -65.8553	Valor residual mín.: 2.00%	Umbral de irregularidad 5.00 IRI
Coef. de regresión 2: -1.9194	Valor residual máx.: 15.00%	

Emisiones

Hidrocarburo aHC: 0.0400	Óxido nitroso aNOX: 0.0270	Dióxido de carbono aCO2: 2.0000
Hidrocarburo rHC: 0.0000	Óxido nitroso FRNOx: 0.0000	Dióxido de azufre SO2: 0.0050
Monóxido de carbono 0.0800	Partículas aPM: 0.0032	Plomo Pb: 0.7500

Partículas rPM: 0.0000

Plomo aPb: 0.0000

Energía

Usada en la producción: 400 GJ

%veh. hecho en el país: 10.00%

Peso veh sin carga: 1.80 ton

% ref. hechas en el país: 10.00%

Peso neumático: 7.00 kg

Camión Mediano -
Definición

Tipo base: Camión mediano Info: camión mediano de dos ejes (>3.5 ton)
 Categoría: Motorizado Método de vida Vida óptima

Características básicas

PCSE: 1.40 Costo de renovación: 40% Uso privado: 0%
 No. de ruedas: 6 ESALF: 1.92 Pasajeros: 0
 No. de ejes: 2 Km. anuales: 30,000 km/año Viajes de trabajo: 0%
 Tipo de neumáticos: Radial Horas laborables: 750 horas Peso en operación: 7.50 toneladas
 No. base de renov.: 1.30 Vida útil promedio: 25 años

Costos económicos unitarios

Vehículo nuevo: 33,366 M.O. 4.30 por hora Tiempo trabajo pasajeros: 0
 Neumático reemplazo: 254.12 Salario operadores: 2.27 por hora Tiempo de ocio: 0
 Combustible: 0.51 por litro Gastos generales anuales: 2,704 Tiempo retención carga: 0
 Lubricante: 2.48 por litro Interés anual: 12.00%

Fuerzas

Área frontal: 5.00 m² Potencia al freno: 70 kW Resist. rodadura a2: 0.01
 CD: 0.60 Potencia en oper.: 100 kW FPLIM: 1.00
 Multiplicador de CD: 1.13 Resist. rodadura a0: 37.00
 Potencia de cond.: 87 kW Resist. rodadura a1: 0.06

Velocidad

VCURVE_a0: 4.80 VDES2 asfáltico: 105.48 km/h CW1 no pavimentado: 4.00m
 VCURVE_a1: 0.29 VDESa0 asfáltico: 0.00 × 10⁻³ CW2 no pavimentado: 6.80m
 VROUGH_a0: 1.15 VDESa1 asfáltico: 0.70 VDES2 concreto: 105.48 km/h
 ARVMAX: 200 mm/s VDESa2 asfáltico: 0.75 VDESa0 concreto: 0.00 × 10⁻³
 Beta velocidad: 0.16 CW1 asfáltico: 4.00 VDESa1 concreto: 0.70
 Sigma Velocidad: 0.00 CW2 asfáltico: 6.80 VDESa2 concreto: 0.75
 COV: 0.15 VDES2 no pavimentado: 105.48 km/h CW1 concreto: 4.00m
 CGR_a0: 94.90 VDESa0 no pavimentado: 0.00 × 10⁻³ CW2 concreto: 6.80m
 CGR_a1: 0.85 VDESa1 no pavimentado: 0.70
 CGR_a2: 2.80 VDESa2 no pavimentado: 0.75

Combustible

RPM_a0: 1,926 RPM IDLE_FUEL: 0.37 mL/s PCTPENG: 80.00%
 RPM_a1: -32.35 RPM/(m/s) ZETAB: 0.057 mL/kW/s Kpea: 1.00
 RPM_a2: 0.74 RPM/(m/s)² EHP: 0.10 Pérdidas lubricante por contam.: 1.56 L/1000km
 RPM_a3: -0.00 m/s EDT: 0.86 Pérdidas lubricante por oper.: 0.0021 L/1000km
 RPM_IDLE: 500 RPM PACCS_a0: 0.20

Efectos de

Sigma amaxv: 0.75 m/s² NMTAMAX: 0.40 m/s² AMAXRI: 20.00 m/s²
 FRIAMAX: 0.20 m/s² RIAMAX: 0.30 m/s²

Neumáticos

Diámetro de rueda: 1.05 m Coef. de desgaste: 0.00201 dm³/J-m Volumen hule de desgaste: 6.00 dm³
 Término de constante 0.02585 dm³ Factor de efect. congestión: 0.10

Mantenimiento

Term. const. refacc.: 11.58 Efec. edad refacc.: 0.371 Término const. M.O.: 242.03
 Efecto IRI refacc.: 2.96 Fac. suav. refacc.: 0.25 Exponente M.O. refacc.: 0.519
 Fac. rotación refacc.: 1.00 Limite IRI refacc.: 2.96 Factor rotación M.O.: 1.00
 Fac. traslación refacc.: 0.00 Fac. congest. refacc.: 0.10 Factor traslación M.O.: 0.00

Vida óptima

Coef. de regresión 1: -65.8553 Valor residual mín.: 2.00% Umbral de irregularidad 5.00 IRI
 Coef. de regresión 2: -1.9194 Valor residual máx.: 15.00%

Emisiones

Hidrocarburo aHC: 0.0400 Óxido nitroso aNOX: 0.0270 Dióxido de carbono aCO2: 2.0000
 Hidrocarburo rHC: 0.0000 Óxido nitroso FRNOx: 0.0000 Dióxido de azufre SO2: 0.0050
 Monóxido de carbono 0.0800 Partículas aPM: 0.0032 Plomo Pb: 0.7500

Partículas rPM: 0.0000

Plomo aPb: 0.0000

Energía

Usada en la producción: 600 GJ

%veh. hecho en el país: 10.00%

Peso veh sin carga: 4.50 ton

% ref. hechas en el país: 10.00%

Peso neumático: 12.40 kg

Camión Pesado -
Definición

Tipo base: Camión pesado Info: camión multieje
 Categoría: Motorizado Método de vida: Vida óptima

Características básicas

PCSE: 1.60 Costo de renovación: 40% Uso privado: 0%
 No. de ruedas: 10 ESALF: 1.10 Pasajeros: 0
 No. de ejes: 3 Km. anuales: 30,000 km/año Viajes de trabajo: 0%
 Tipo de neumáticos: Radial Horas laborables: 750 horas Peso en operación: 13.00 toneladas
 No. base de renov.: 1.30 Vida útil promedio: 20 años

Costos económicos unitarios

Vehículo nuevo: 84,206 M.O. 4.30 por hora Tiempo trabajo pasajeros: 0
 Neumático reemplazo: 644.94 Salario operadores: 2.51 por hora Tiempo de ocio: 0
 Combustible: 0.51 por litro Gastos generales anuales: 3,826 Tiempo retención carga: 0
 Lubricante: 2.48 por litro Interés anual: 12.00%

Fuerzas

Área frontal: 8.50 m² Potencia al freno: 255 kW Resist. rodadura a2: 0.01
 CD: 0.70 Potencia en oper.: 280 kW FPLIM: 1.00
 Multiplicador de CD: 1.14 Resist. rodadura a0: 37.00
 Potencia de cond.: 227 kW Resist. rodadura a1: 0.06

Velocidad

VCURVE_a0: 4.60 VDES2 asfáltico: 88.56 km/h CW1 no pavimentado: 4.00m
 VCURVE_a1: 0.28 VDESa0 asfáltico: 0.00 × 10⁻³ CW2 no pavimentado: 6.80m
 VROUGH_a0: 1.15 VDESa1 asfáltico: 0.70 VDES2 concreto: 88.56 km/h
 ARVMAX: 180 mm/s VDESa2 asfáltico: 0.75 VDESa0 concreto: 0.00 × 10⁻³
 Beta velocidad: 0.11 CW1 asfáltico: 4.00 VDESa1 concreto: 0.70
 Sigma Velocidad: 0.00 CW2 asfáltico: 6.80 VDESa2 concreto: 0.75
 COV: 0.15 VDES2 no pavimentado: 88.56 km/h CW1 concreto: 4.00m
 CGR_a0: 94.90 VDESa0 no pavimentado: 0.00 × 10⁻³ CW2 concreto: 6.80m
 CGR_a1: 0.85 VDESa1 no pavimentado: 0.70
 CGR_a2: 2.80 VDESa2 no pavimentado: 0.75

Combustible

RPM_a0: 1,905 RPM IDLE_FUEL: 1.12 mL/s PCTPENG: 80.00%
 RPM_a1: -12.99 RPM/(m/s) ZETAB: 0.056 mL/kW/s Kpea: 1.00
 RPM_a2: 0.25 RPM/(m/s)² EHP: 0.10 Pérdidas lubricante por contam.: 3.10 L/1000km
 RPM_a3: -0.00 m/s EDT: 0.86 Pérdidas lubricante por oper.: 0.0021 L/1000km
 RPM_IDLE: 500 RPM PACCS_a0: 0.20

Efectos de

Sigma amaxv: 0.75 m/s² NMTAMAX: 0.40 m/s² AMAXRI: 20.00 m/s²
 FRIAMAX: 0.20 m/s² RIAMAX: 0.30 m/s²

Neumáticos

Diámetro de rueda: 1.05 m Coef. de desgaste: 0.00275 dm³/J-m Volumen hule de desgaste: 8.00 dm³
 Término de constante 0.03529 dm³ Factor de efect. congestión: 0.10

Mantenimiento

Term. const. refacc.: 11.58 Efec. edad refacc.: 0.371 Término const. M.O.: 301.46
 Efecto IRI refacc.: 2.96 Fac. suav. refacc.: 0.25 Exponente M.O. refacc.: 0.519
 Fac. rotación refacc.: 1.00 Limite IRI refacc.: 2.96 Factor rotación M.O.: 1.00
 Fac. traslación refacc.: 0.00 Fac. congest. refacc.: 0.10 Factor traslación M.O.: 0.00

Vida óptima

Coef. de regresión 1: -65.8553 Valor residual mín.: 2.00% Umbral de irregularidad 5.00 IRI
 Coef. de regresión 2: -1.9194 Valor residual máx.: 15.00%

Emisiones

Hidrocarburo aHC: 0.0400 Óxido nitroso aNOX: 0.0270 Dióxido de carbono aCO2: 2.0000
 Hidrocarburo rHC: 0.0000 Óxido nitroso FRNOx: 0.0000 Dióxido de azufre SO2: 0.0050
 Monóxido de carbono 0.0800 Partículas aPM: 0.0032 Plomo Pb: 0.7500

Partículas rPM: 0.0000

Plomo aPb: 0.0000

Energía

Usada en la producción: 1,000 GJ

%veh. hecho en el país: 10.00%

Peso veh sin carga: 9.00 ton

% ref. hechas en el país: 10.00%

Peso neumático: 12.40 kg

Camioneta

Definición		
Tipo base: Vehículo ligero de rej	Info: van, utilitario o camioneta pickup	
Categoría: Motorizado	Método de vida: Vida óptima	
Características básicas		
PCSE: 1.00	Costo de renovación: 0%	Uso privado: 50%
No. de ruedas: 4	ESALF: 0.00	Pasajeros: 2
No. de ejes: 2	Km. anuales: 32,000 km/año	Viajes de trabajo: 50%
Tipo de neumáticos: Radial	Horas laborables: 800 horas	Peso en operación: 1.50 toneladas
No. base de renov.: 0.00	Vida útil promedio: 15 años	
Costos económicos unitarios		
Vehículo nuevo: 22,815	M.O. 2.43 por hora	Tiempo trabajo pasajeros: 0.97 por hora
Neumático reemplazo: 184.75	Salario operadores: 0.79 por hora	Tiempo de ocio: 0.24 por hora
Combustible: 0.51 por litro	Gastos generales anuales: 278	Tiempo retención carga: 0
Lubricante: 2.55 por litro	Interés anual: 12.00%	
Fuerzas		
Área frontal: 2.00 m ²	Potencia al freno: 25 kW	Resist. rodadura a2: 0.01
CD: 0.50	Potencia en oper.: 60 kW	FPLIM: 1.00
Multiplicador de CD: 1.11	Resist. rodadura a0: 37.00	
Potencia de cond.: 40 kW	Resist. rodadura a1: 0.06	
Velocidad		
VCURVE_a0: 3.90	VDES2 asfáltico: 151.20 km/h	CW1 no pavimentado: 4.00m
VCURVE_a1: 0.34	VDESa0 asfáltico: 0.00 × 10 ⁻³	CW2 no pavimentado: 6.80m
VROUGH_a0: 1.15	VDESa1 asfáltico: 2.90	VDES2 concreto: 151.20 km/h
ARVMAX: 203 mm/s	VDESa2 asfáltico: 0.75	VDESa0 concreto: 0.00 × 10 ⁻³
Beta velocidad: 0.15	CW1 asfáltico: 4.00	VDESa1 concreto: 2.90
Sigma Velocidad: 0.00	CW2 asfáltico: 6.80	VDESa2 concreto: 0.75
COV: 0.15	VDES2 no pavimentado: 151.20 km/h	CW1 concreto: 4.00m
CGR_a0: 94.90	VDESa0 no pavimentado: 0.00 × 10 ⁻³	CW2 concreto: 6.80m
CGR_a1: 0.85	VDESa1 no pavimentado: 2.90	
CGR_a2: 2.80	VDESa2 no pavimentado: 0.75	
Combustible		
RPM_a0: 1,910 RPM	IDLE_FUEL: 0.48 mL/s	PCTPENG: 80.00%
RPM_a1: -12.31 RPM/(m/s)	ZETAB: 0.067 mL/kW/s	Kpea: 1.00
RPM_a2: 0.22 RPM/(m/s) ²	EHP: 0.25	Pérdidas lubricante por contam.: 0.67 L/1000km
RPM_a3: -0.00 m/s	EDT: 0.90	Pérdidas lubricante por oper.: 0.0028 L/1000km
RPM_IDLE: 800 RPM	PACCS_a0: 0.20	
Efectos de		
Sigma amaxv: 0.75 m/s ²	NMTAMAX: 0.40 m/s ²	AMAXRI: 20.00 m/s ²
FRIAMAX: 0.20 m/s ²	RIAMAX: 0.30 m/s ²	
Neumáticos		
Diámetro de rueda: 0.70 m	Coef. de desgaste: 0.00187 dm ³ /J-m	Volumen hule de desgaste: 1.60 dm ³
Término de constante 0.02400 dm ³	Factor de efect. congestión: 0.10	
Mantenimiento		
Term. const. refacc.: 36.94	Efec. edad refacc.: 0.308	Término const. M.O.: 77.14
Efecto IRI refacc.: 6.20	Fac. suav. refacc.: 0.25	Exponente M.O. refacc.: 0.547
Fac. rotación refacc.: 1.00	Limite IRI refacc.: 6.20	Factor rotación M.O.: 1.00
Fac. traslación refacc.: 0.00	Fac. congest. refacc.: 0.10	Factor traslación M.O.: 0.00
Vida óptima		
Coef. de regresión 1: -65.8553	Valor residual mín.: 2.00%	Umbral de irregularidad 5.00 IRI
Coef. de regresión 2: -1.9194	Valor residual máx.: 15.00%	
Emisiones		
Hidrocarburo aHC: 0.0120	Óxido nitroso aNOX: 0.0550	Dióxido de carbono aCO2: 1.8000
Hidrocarburo rHC: 0.0000	Óxido nitroso FRNOx: 0.1700	Dióxido de azufre SO2: 0.0005
Monóxido de carbono 0.1000	Partículas aPM: 0.0001	Plomo Pb: 0.7500

Partículas rPM: 0.0000

Plomo aPb: 0.0005

Energía

Usada en la producción: 140 GJ

%veh. hecho en el país: 10.00%

Peso veh sin carga: 1.30 ton

% ref. hechas en el país: 10.00%

Peso neumático: 4.00 kg

Cx-Rx<=4
Definición

Tipo base: Camión mediano Info: camión mediano de dos ejes (>3.5 ton)
 Categoría: Motorizado Método de vida Vida óptima

Características básicas

PCSE: 1.40 Costo de renovación: 40% Uso privado: 0%
 No. de ruedas: 6 ESALF: 0.85 Pasajeros: 0
 No. de ejes: 2 Km. anuales: 30,000 km/año Viajes de trabajo: 0%
 Tipo de neumáticos: Radial Horas laborables: 750 horas Peso en operación: 7.50 toneladas
 No. base de renov.: 1.30 Vida útil promedio: 25 años

Costos económicos unitarios

Vehículo nuevo: 33,366 M.O. 4.30 por hora Tiempo trabajo pasajeros: 0
 Neumático reemplazo: 254.12 Salario operadores: 2.27 por hora Tiempo de ocio: 0
 Combustible: 0.51 por litro Gastos generales anuales: 2,704 Tiempo retención carga: 0
 Lubricante: 2.48 por litro Interés anual: 12.00%

Fuerzas

Área frontal: 5.00 m² Potencia al freno: 70 kW Resist. rodadura a2: 0.01
 CD: 0.60 Potencia en oper.: 100 kW FPLIM: 1.00
 Multiplicador de CD: 1.13 Resist. rodadura a0: 37.00
 Potencia de cond.: 87 kW Resist. rodadura a1: 0.06

Velocidad

VCURVE_a0: 4.80 VDES2 asfáltico: 105.48 km/h CW1 no pavimentado: 4.00m
 VCURVE_a1: 0.29 VDESa0 asfáltico: 0.00 × 10⁻³ CW2 no pavimentado: 6.80m
 VROUGH_a0: 1.15 VDESa1 asfáltico: 0.70 VDES2 concreto: 105.48 km/h
 ARVMAX: 200 mm/s VDESa2 asfáltico: 0.75 VDESa0 concreto: 0.00 × 10⁻³
 Beta velocidad: 0.16 CW1 asfáltico: 4.00 VDESa1 concreto: 0.70
 Sigma Velocidad: 0.00 CW2 asfáltico: 6.80 VDESa2 concreto: 0.75
 COV: 0.15 VDES2 no pavimentado: 105.48 km/h CW1 concreto: 4.00m
 CGR_a0: 94.90 VDESa0 no pavimentado: 0.00 × 10⁻³ CW2 concreto: 6.80m
 CGR_a1: 0.85 VDESa1 no pavimentado: 0.70
 CGR_a2: 2.80 VDESa2 no pavimentado: 0.75

Combustible

RPM_a0: 1,926 RPM IDLE_FUEL: 0.37 mL/s PCTPENG: 80.00%
 RPM_a1: -32.35 RPM/(m/s) ZETAB: 0.057 mL/kW/s Kpea: 1.00
 RPM_a2: 0.74 RPM/(m/s)² EHP: 0.10 Pérdidas lubricante por contam.: 1.56 L/1000km
 RPM_a3: -0.00 m/s EDT: 0.86 Pérdidas lubricante por oper.: 0.0021 L/1000km
 RPM_IDLE: 500 RPM PACCS_a0: 0.20

Efectos de

Sigma amaxv: 0.75 m/s² NMTAMAX: 0.40 m/s² AMAXRI: 20.00 m/s²
 FRIAMAX: 0.20 m/s² RIAMAX: 0.30 m/s²

Neumáticos

Diámetro de rueda: 1.05 m Coef. de desgaste: 0.00201 dm³/J-m Volumen hule de desgaste: 6.00 dm³
 Término de constante 0.02585 dm³ Factor de efect. congestión: 0.10

Mantenimiento

Term. const. refacc.: 11.58 Efec. edad refacc.: 0.371 Término const. M.O.: 242.03
 Efecto IRI refacc.: 2.96 Fac. suav. refacc.: 0.25 Exponente M.O. refacc.: 0.519
 Fac. rotación refacc.: 1.00 Limite IRI refacc.: 2.96 Factor rotación M.O.: 1.00
 Fac. traslación refacc.: 0.00 Fac. congest. refacc.: 0.10 Factor traslación M.O.: 0.00

Vida óptima

Coef. de regresión 1: -65.8553 Valor residual mín.: 2.00% Umbral de irregularidad 5.00 IRI
 Coef. de regresión 2: -1.9194 Valor residual máx.: 15.00%

Emisiones

Hidrocarburo aHC: 0.0400 Óxido nitroso aNOX: 0.0270 Dióxido de carbono aCO2: 2.0000
 Hidrocarburo rHC: 0.0000 Óxido nitroso FRNOx: 0.0000 Dióxido de azufre SO2: 0.0050
 Monóxido de carbono 0.0800 Partículas aPM: 0.0032 Plomo Pb: 0.7500

Partículas rPM: 0.0000

Plomo aPb: 0.0000

Energía

Usada en la producción: 600 GJ

%veh. hecho en el país: 10.00%

Peso veh sin carga: 4.50 ton

% ref. hechas en el país: 10.00%

Peso neumático: 12.40 kg

Cx-Rx>5
Definición

Tipo base: Camión mediano Info: camión mediano de dos ejes (>3.5 ton)
 Categoría: Motorizado Método de vida Vida óptima

Características básicas

PCSE: 1.40 Costo de renovación: 40% Uso privado: 0%
 No. de ruedas: 6 ESALF: 0.85 Pasajeros: 0
 No. de ejes: 2 Km. anuales: 30,000 km/año Viajes de trabajo: 0%
 Tipo de neumáticos: Radial Horas laborables: 750 horas Peso en operación: 7.50 toneladas
 No. base de renov.: 1.30 Vida útil promedio: 25 años

Costos económicos unitarios

Vehículo nuevo: 33,366 M.O. 4.30 por hora Tiempo trabajo pasajeros: 0
 Neumático reemplazo: 254.12 Salario operadores: 2.27 por hora Tiempo de ocio: 0
 Combustible: 0.51 por litro Gastos generales anuales: 2,704 Tiempo retención carga: 0
 Lubricante: 2.48 por litro Interés anual: 12.00%

Fuerzas

Área frontal: 5.00 m² Potencia al freno: 70 kW Resist. rodadura a2: 0.01
 CD: 0.60 Potencia en oper.: 100 kW FPLIM: 1.00
 Multiplicador de CD: 1.13 Resist. rodadura a0: 37.00
 Potencia de cond.: 87 kW Resist. rodadura a1: 0.06

Velocidad

VCURVE_a0: 4.80 VDES2 asfáltico: 105.48 km/h CW1 no pavimentado: 4.00m
 VCURVE_a1: 0.29 VDESa0 asfáltico: 0.00 × 10⁻³ CW2 no pavimentado: 6.80m
 VROUGH_a0: 1.15 VDESa1 asfáltico: 0.70 VDES2 concreto: 105.48 km/h
 ARVMAX: 200 mm/s VDESa2 asfáltico: 0.75 VDESa0 concreto: 0.00 × 10⁻³
 Beta velocidad: 0.16 CW1 asfáltico: 4.00 VDESa1 concreto: 0.70
 Sigma Velocidad: 0.00 CW2 asfáltico: 6.80 VDESa2 concreto: 0.75
 COV: 0.15 VDES2 no pavimentado: 105.48 km/h CW1 concreto: 4.00m
 CGR_a0: 94.90 VDESa0 no pavimentado: 0.00 × 10⁻³ CW2 concreto: 6.80m
 CGR_a1: 0.85 VDESa1 no pavimentado: 0.70
 CGR_a2: 2.80 VDESa2 no pavimentado: 0.75

Combustible

RPM_a0: 1,926 RPM IDLE_FUEL: 0.37 mL/s PCTPENG: 80.00%
 RPM_a1: -32.35 RPM/(m/s) ZETAB: 0.057 mL/kW/s Kpea: 1.00
 RPM_a2: 0.74 RPM/(m/s)² EHP: 0.10 Pérdidas lubricante por contam.: 1.56 L/1000km
 RPM_a3: -0.00 m/s EDT: 0.86 Pérdidas lubricante por oper.: 0.0021 L/1000km
 RPM_IDLE: 500 RPM PACCS_a0: 0.20

Efectos de

Sigma amaxv: 0.75 m/s² NMTAMAX: 0.40 m/s² AMAXRI: 20.00 m/s²
 FRIAMAX: 0.20 m/s² RIAMAX: 0.30 m/s²

Neumáticos

Diámetro de rueda: 1.05 m Coef. de desgaste: 0.00201 dm³/J-m Volumen hule de desgaste: 6.00 dm³
 Término de constante 0.02585 dm³ Factor de efect. congestión: 0.10

Mantenimiento

Term. const. refacc.: 11.58 Efec. edad refacc.: 0.371 Término const. M.O.: 242.03
 Efecto IRI refacc.: 2.96 Fac. suav. refacc.: 0.25 Exponente M.O. refacc.: 0.519
 Fac. rotación refacc.: 1.00 Limite IRI refacc.: 2.96 Factor rotación M.O.: 1.00
 Fac. traslación refacc.: 0.00 Fac. congest. refacc.: 0.10 Factor traslación M.O.: 0.00

Vida óptima

Coef. de regresión 1: -65.8553 Valor residual mín.: 2.00% Umbral de irregularidad 5.00 IRI
 Coef. de regresión 2: -1.9194 Valor residual máx.: 15.00%

Emisiones

Hidrocarburo aHC: 0.0400 Óxido nitroso aNOX: 0.0270 Dióxido de carbono aCO2: 2.0000
 Hidrocarburo rHC: 0.0000 Óxido nitroso FRNOx: 0.0000 Dióxido de azufre SO2: 0.0050
 Monóxido de carbono 0.0800 Partículas aPM: 0.0032 Plomo Pb: 0.7500

Partículas rPM: 0.0000

Plomo aPb: 0.0000

Energía

Usada en la producción: 600 GJ

%veh. hecho en el país: 10.00%

Peso veh sin carga: 4.50 ton

% ref. hechas en el país: 10.00%

Peso neumático: 12.40 kg

Jeep (Varu)

Definición		
Tipo base: 4x4	Info: vehículo tipo Landrover/Jeep	
Categoría: Motorizado	Método de vida: Vida óptima	
Características básicas		
PCSE: 1.00	Costo de renovación: 0%	Uso privado: 50%
No. de ruedas: 4	ESALF: 0.00	Pasajeros: 2
No. de ejes: 2	Km. anuales: 32,000 km/año	Viajes de trabajo: 50%
Tipo de neumáticos: Radial	Horas laborables: 533 horas	Peso en operación: 1.80 toneladas
No. base de renov.: 0.00	Vida útil promedio: 15 años	
Costos económicos unitarios		
Vehículo nuevo: 40,131	M.O. 2.43 por hora	Tiempo trabajo pasajeros: 1.07 por hora
Neumático reemplazo: 259.68	Salario operadores: 0.40 por hora	Tiempo de ocio: 0.27 por hora
Combustible: 0.55 por litro	Gastos generales anuales: 280	Tiempo retención carga: 0
Lubricante: 2.55 por litro	Interés anual: 12.00%	
Fuerzas		
Área frontal: 2.80 m ²	Potencia al freno: 25 kW	Resist. rodadura a2: 0.01
CD: 0.50	Potencia en oper.: 60 kW	FPLIM: 1.00
Multiplicador de CD: 1.11	Resist. rodadura a0: 37.00	
Potencia de cond.: 45 kW	Resist. rodadura a1: 0.06	
Velocidad		
VCURVE_a0: 3.90	VDES2 asfáltico: 141.12 km/h	CW1 no pavimentado: 4.00m
VCURVE_a1: 0.34	VDESa0 asfáltico: 0.00 × 10 ⁻³	CW2 no pavimentado: 6.80m
VROUGH_a0: 1.15	VDESa1 asfáltico: 2.90	VDES2 concreto: 141.12 km/h
ARVMAX: 200 mm/s	VDESa2 asfáltico: 0.75	VDESa0 concreto: 0.00 × 10 ⁻³
Beta velocidad: 0.15	CW1 asfáltico: 4.00	VDESa1 concreto: 2.90
Sigma Velocidad: 0.00	CW2 asfáltico: 6.80	VDESa2 concreto: 0.75
COV: 0.15	VDES2 no pavimentado: 141.12 km/h	CW1 concreto: 4.00m
CGR_a0: 94.90	VDESa0 no pavimentado: 0.00 × 10 ⁻³	CW2 concreto: 6.80m
CGR_a1: 0.85	VDESa1 no pavimentado: 2.90	
CGR_a2: 2.80	VDESa2 no pavimentado: 0.75	
Combustible		
RPM_a0: 2,035 RPM	IDLE_FUEL: 0.48 mL/s	PCTPENG: 80.00%
RPM_a1: -20.04 RPM/(m/s)	ZETAB: 0.057 mL/kW/s	Kpea: 1.00
RPM_a2: 0.36 RPM/(m/s) ²	EHP: 0.10	Pérdidas lubricante por contam.: 0.67 L/1000km
RPM_a3: -0.00 m/s	EDT: 0.90	Pérdidas lubricante por oper.: 0.0028 L/1000km
RPM_IDLE: 800 RPM	PACCS_a0: 0.20	
Efectos de		
Sigma amaxv: 0.75 m/s ²	NMTAMAX: 0.40 m/s ²	AMAXRI: 20.00 m/s ²
FRIAMAX: 0.20 m/s ²	RIAMAX: 0.30 m/s ²	
Neumáticos		
Diámetro de rueda: 0.70 m	Coef. de desgaste: 0.00187 dm ³ /J-m	Volumen hule de desgaste: 1.60 dm ³
Término de constante 0.02400 dm ³	Factor de efect. congestión: 0.10	
Mantenimiento		
Term. const. refacc.: 7.29	Efec. edad refacc.: 0.371	Término const. M.O.: 77.14
Efecto IRI refacc.: 2.96	Fac. suav. refacc.: 0.25	Exponente M.O. refacc.: 0.547
Fac. rotación refacc.: 1.00	Limite IRI refacc.: 2.96	Factor rotación M.O.: 1.00
Fac. traslación refacc.: 0.00	Fac. congest. refacc.: 0.10	Factor traslación M.O.: 0.00
Vida óptima		
Coef. de regresión 1: -65.8553	Valor residual mín.: 2.00%	Umbral de irregularidad 5.00 IRI
Coef. de regresión 2: -1.9194	Valor residual máx.: 15.00%	
Emisiones		
Hidrocarburo aHC: 0.0400	Óxido nitroso aNOX: 0.0270	Dióxido de carbono aCO2: 2.0000
Hidrocarburo rHC: 0.0000	Óxido nitroso FRNOx: 0.0000	Dióxido de azufre SO2: 0.0050
Monóxido de carbono 0.0800	Partículas aPM: 0.0032	Plomo Pb: 0.7500

Partículas rPM: 0.0000

Plomo aPb: 0.0000

Energía

Usada en la producción: 180 GJ

%veh. hecho en el país: 10.00%

Peso veh sin carga: 1.50 ton

% ref. hechas en el país: 10.00%

Peso neumático: 5.00 kg

Microbus
Definición

Tipo base: Minibus Info: autobús pequeño sobre un chasis tipo van (usualmente 4 ruedas)
 Categoría: Motorizado Método de vida Vida óptima

Características básicas

PCSE: 1.00 Costo de renovación: 0% Uso privado: 0%
 No. de ruedas: 4 ESALF: 0.00 Pasajeros: 15
 No. de ejes: 2 Km. anuales: 30,000 km/año Viajes de trabajo: 75%
 Tipo de neumáticos: Radial Horas laborables: 750 horas Peso en operación: 1.50 toneladas
 No. base de renov.: 0.00 Vida útil promedio: 15 años

Costos económicos unitarios

Vehículo nuevo: 24,832 M.O. 2.43 por hora Tiempo trabajo pasajeros: 0.97 por hora
 Neumático reemplazo: 108.90 Salario operadores: 1.56 por hora Tiempo de ocio: 0.24 por hora
 Combustible: 0.51 por litro Gastos generales anuales: 278 Tiempo retención carga: 0
 Lubricante: 2.55 por litro Interés anual: 12.00%

Fuerzas

Área frontal: 2.90 m² Potencia al freno: 26 kW Resist. rodadura a2: 0.01
 CD: 0.50 Potencia en oper.: 60 kW FPLIM: 1.00
 Multiplicador de CD: 1.11 Resist. rodadura a0: 37.00
 Potencia de cond.: 40 kW Resist. rodadura a1: 0.06

Velocidad

VCURVE_a0: 3.90 VDES2 asfáltico: 165.96 km/h CW1 no pavimentado: 4.00m
 VCURVE_a1: 0.34 VDESa0 asfáltico: 0.00 × 10⁻³ CW2 no pavimentado: 6.80m
 VROUGH_a0: 1.15 VDESa1 asfáltico: 0.60 VDES2 concreto: 165.96 km/h
 ARVMAX: 203 mm/s VDESa2 asfáltico: 0.75 VDESa0 concreto: 0.00 × 10⁻³
 Beta velocidad: 0.15 CW1 asfáltico: 4.00 VDESa1 concreto: 0.60
 Sigma Velocidad: 0.00 CW2 asfáltico: 6.80 VDESa2 concreto: 0.75
 COV: 0.15 VDES2 no pavimentado: 165.96 km/h CW1 concreto: 4.00m
 CGR_a0: 94.90 VDESa0 no pavimentado: 0.00 × 10⁻³ CW2 concreto: 6.80m
 CGR_a1: 0.85 VDESa1 no pavimentado: 0.60
 CGR_a2: 2.80 VDESa2 no pavimentado: 0.75

Combustible

RPM_a0: 1,910 RPM IDLE_FUEL: 0.48 mL/s PCTPENG: 80.00%
 RPM_a1: -12.31 RPM/(m/s) ZETAB: 0.067 mL/kW/s Kpea: 1.00
 RPM_a2: 0.22 RPM/(m/s)² EHP: 0.25 Pérdidas lubricante por contam.: 0.67 L/1000km
 RPM_a3: -0.00 m/s EDT: 0.90 Pérdidas lubricante por oper.: 0.0028 L/1000km
 RPM_IDLE: 800 RPM PACCS_a0: 0.20

Efectos de

Sigma amaxv: 0.75 m/s² NMTAMAX: 0.40 m/s² AMAXRI: 20.00 m/s²
 FRIAMAX: 0.20 m/s² RIAMAX: 0.30 m/s²

Neumáticos

Diámetro de rueda: 0.70 m Coef. de desgaste: 0.00187 dm³/J-m Volumen hule de desgaste: 1.60 dm³
 Término de constante 0.02400 dm³ Factor de efect. congestión: 0.10

Mantenimiento

Term. const. refacc.: 36.76 Efec. edad refacc.: 0.308 Término const. M.O.: 77.14
 Efecto IRI refacc.: 6.20 Fac. suav. refacc.: 0.25 Exponente M.O. refacc.: 0.547
 Fac. rotación refacc.: 1.00 Limite IRI refacc.: 6.20 Factor rotación M.O.: 1.00
 Fac. traslación refacc.: 0.00 Fac. congest. refacc.: 0.10 Factor traslación M.O.: 0.00

Vida óptima

Coef. de regresión 1: -65.8553 Valor residual mín.: 2.00% Umbral de irregularidad 5.00 IRI
 Coef. de regresión 2: -1.9194 Valor residual máx.: 15.00%

Emisiones

Hidrocarburo aHC: 0.0120 Óxido nitroso aNOX: 0.0550 Dióxido de carbono aCO2: 1.8000
 Hidrocarburo rHC: 0.0000 Óxido nitroso FRNOx: 0.1700 Dióxido de azufre SO2: 0.0005
 Monóxido de carbono 0.1000 Partículas aPM: 0.0001 Plomo Pb: 0.7500

Partículas rPM: 0.0000

Plomo aPb: 0.0005

Energía

Usada en la producción: 300 GJ

%veh. hecho en el país: 10.00%

Peso veh sin carga: 1.10 ton

% ref. hechas en el país: 10.00%

Peso neumático: 4.00 kg

Mini-bus
Definición

Tipo base: Autobus ligero Info: autobús ligero (aproximadamente < 3.5 ton)
 Categoría: Motorizado Método de vida Vida óptima

Características básicas

PCSE: 1.20	Costo de renovación: 15%	Uso privado: 0%
No. de ruedas: 4	ESALF: 0.02	Pasajeros: 20
No. de ejes: 2	Km. anuales: 70,000 km/año	Viajes de trabajo: 75%
Tipo de neumáticos: Radial	Horas laborables: 1,750 horas	Peso en operación: 1.50 toneladas
No. base de renov.: 1.30	Vida útil promedio: 5 años	

Costos económicos unitarios

Vehículo nuevo: 40,600	M.O. 2.43 por hora	Tiempo trabajo pasajeros: 0.97 por hora
Neumático reemplazo: 172.63	Salario operadores: 1.56 por hora	Tiempo de ocio: 0.24 por hora
Combustible: 0.51 por litro	Gastos generales anuales: 403	Tiempo retención carga: 0
Lubricante: 2.48 por litro	Interés anual: 12.00%	

Fuerzas

Área frontal: 4.00 m ²	Potencia al freno: 45 kW	Resist. rodadura a2: 0.01
CD: 0.50	Potencia en oper.: 75 kW	FPLIM: 1.00
Multiplicador de CD: 1.13	Resist. rodadura a0: 37.00	
Potencia de cond.: 50 kW	Resist. rodadura a1: 0.06	

Velocidad

VCURVE_a0: 4.80	VDES2 asfáltico: 123.84 km/h	CW1 no pavimentado: 4.00m
VCURVE_a1: 0.29	VDESa0 asfáltico: 0.00 × 10 ⁻³	CW2 no pavimentado: 6.80m
VROUGH_a0: 1.15	VDESa1 asfáltico: 0.60	VDES2 concreto: 123.84 km/h
ARVMAX: 200 mm/s	VDESa2 asfáltico: 0.75	VDESa0 concreto: 0.00 × 10 ⁻³
Beta velocidad: 0.19	CW1 asfáltico: 4.00	VDESa1 concreto: 0.60
Sigma Velocidad: 0.00	CW2 asfáltico: 6.80	VDESa2 concreto: 0.75
COV: 0.15	VDES2 no pavimentado: 123.84 km/h	CW1 concreto: 4.00m
CGR_a0: 94.90	VDESa0 no pavimentado: 0.00 × 10 ⁻³	CW2 concreto: 6.80m
CGR_a1: 0.85	VDESa1 no pavimentado: 0.60	
CGR_a2: 2.80	VDESa2 no pavimentado: 0.75	

Combustible

RPM_a0: 2,035 RPM	IDLE_FUEL: 0.37 mL/s	PCTPENG: 80.00%
RPM_a1: -20.04 RPM/(m/s)	ZETAB: 0.057 mL/kW/s	Kpea: 1.00
RPM_a2: 0.36 RPM/(m/s) ²	EHP: 0.10	Pérdidas lubricante por contam.: 1.75 L/1000km
RPM_a3: -0.00 m/s	EDT: 0.86	Pérdidas lubricante por oper.: 0.0021 L/1000km
RPM_IDLE: 500 RPM	PACCS_a0: 0.20	

Efectos de

Sigma amaxv: 0.75 m/s ²	NMTAMAX: 0.40 m/s ²	AMAXRI: 20.00 m/s ²
FRIAMAX: 0.20 m/s ²	RIAMAX: 0.30 m/s ²	

Neumáticos

Diámetro de rueda: 0.80 m	Coef. de desgaste: 0.00169 dm ³ /J-m	Volumen hule de desgaste: 1.60 dm ³
Término de constante 0.02173 dm ³	Factor de efect. congestión: 0.10	

Mantenimiento

Term. const. refacc.: 10.14	Efec. edad refacc.: 0.371	Término const. M.O.: 242.03
Efecto IRI refacc.: 1.97	Fac. suav. refacc.: 0.25	Exponente M.O. refacc.: 0.519
Fac. rotación refacc.: 1.00	Limite IRI refacc.: 1.97	Factor rotación M.O.: 1.00
Fac. traslación refacc.: 0.00	Fac. congest. refacc.: 0.10	Factor traslación M.O.: 0.00

Vida óptima

Coef. de regresión 1: -65.8553	Valor residual mín.: 2.00%	Umbral de irregularidad 5.00 IRI
Coef. de regresión 2: -1.9194	Valor residual máx.: 15.00%	

Emisiones

Hidrocarburo aHC: 0.0400	Óxido nitroso aNOX: 0.0270	Dióxido de carbono aCO2: 2.0000
Hidrocarburo rHC: 0.0000	Óxido nitroso FRNOx: 0.0000	Dióxido de azufre SO2: 0.0050
Monóxido de carbono 0.0800	Partículas aPM: 0.0032	Plomo Pb: 0.7500

Partículas rPM: 0.0000

Plomo aPb: 0.0000

Energía

Usada en la producción: 500 GJ

%veh. hecho en el país: 10.00%

Peso veh sin carga: 1.75 ton

% ref. hechas en el país: 10.00%

Peso neumático: 7.00 kg

Moto
Definición

Tipo base: Motocicleta Info: motocicleta o scooter
 Categoría: Motorizado Método de vida Vida óptima

Características básicas

PCSE: 0.50 Costo de renovación: 0% Uso privado: 50%
 No. de ruedas: 2 ESALF: 0.00 Pasajeros: 1
 No. de ejes: 2 Km. anuales: 10,000 km/año Viajes de trabajo: 50%
 Tipo de neumáticos: Diagonal Horas laborables: 400 horas Peso en operación: 0.20 toneladas
 No. base de renov.: 0.00 Vida útil promedio: 10 años

Costos económicos unitarios

Vehículo nuevo: 2,070 M.O. 2.43 por hora Tiempo trabajo pasajeros: 1.03 por hora
 Neumático reemplazo: 27.22 Salario operadores: 0.29 por hora Tiempo de ocio: 0.26 por hora
 Combustible: 0.55 por litro Gastos generales anuales: 206 Tiempo retención carga: 0
 Lubricante: 2.55 por litro Interés anual: 12.00%

Fuerzas

Área frontal: 0.80 m² Potencia al freno: 5 kW Resist. rodadura a2: 0.01
 CD: 0.70 Potencia en oper.: 15 kW FPLIM: 1.00
 Multiplicador de CD: 1.10 Resist. rodadura a0: 37.00
 Potencia de cond.: 12 kW Resist. rodadura a1: 0.06

Velocidad

VCURVE_a0: 3.90 VDES2 asfáltico: 144.00 km/h CW1 no pavimentado: 4.00m
 VCURVE_a1: 0.34 VDESa0 asfáltico: 0.00 × 10⁻³ CW2 no pavimentado: 6.80m
 VROUGH_a0: 1.15 VDESa1 asfáltico: 2.90 VDES2 concreto: 144.00 km/h
 ARVMAX: 203 mm/s VDESa2 asfáltico: 0.75 VDESa0 concreto: 0.00 × 10⁻³
 Beta velocidad: 0.15 CW1 asfáltico: 4.00 VDESa1 concreto: 2.90
 Sigma Velocidad: 0.00 CW2 asfáltico: 6.80 VDESa2 concreto: 0.75
 COV: 0.15 VDES2 no pavimentado: 144.00 km/h CW1 concreto: 4.00m
 CGR_a0: 94.90 VDESa0 no pavimentado: 0.00 × 10⁻³ CW2 concreto: 6.80m
 CGR_a1: 0.85 VDESa1 no pavimentado: 2.90
 CGR_a2: 2.80 VDESa2 no pavimentado: 0.75

Combustible

RPM_a0: -162 RPM IDLE_FUEL: 0.12 mL/s PCTPENG: 80.00%
 RPM_a1: 298.86 RPM/(m/s) ZETAB: 0.067 mL/kW/s Kpea: 1.00
 RPM_a2: -4.67 RPM/(m/s)² EHP: 0.25 Pérdidas lubricante por contam.: 0.40 L/1000km
 RPM_a3: -0.00 m/s EDT: 0.95 Pérdidas lubricante por oper.: 0.0014 L/1000km
 RPM_IDLE: 800 RPM PACCS_a0: 0.20

Efectos de

Sigma amaxv: 0.75 m/s² NMTAMAX: 0.40 m/s² AMAXRI: 20.00 m/s²
 FRIAMAX: 0.20 m/s² RIAMAX: 0.30 m/s²

Neumáticos

Diámetro de rueda: 0.55 m Coef. de desgaste: 0.00050 dm³/J-m Volumen hule de desgaste: 0.35 dm³
 Término de constante 0.00639 dm³ Factor de efect. congestión: 0.10

Mantenimiento

Term. const. refacc.: 9.23 Efec. edad refacc.: 0.308 Término const. M.O.: 77.14
 Efecto IRI refacc.: 6.20 Fac. suav. refacc.: 0.25 Exponente M.O. refacc.: 0.547
 Fac. rotación refacc.: 1.00 Limite IRI refacc.: 6.20 Factor rotación M.O.: 1.00
 Fac. traslación refacc.: 0.00 Fac. congest. refacc.: 0.10 Factor traslación M.O.: 0.00

Vida óptima

Coef. de regresión 1: -65.8553 Valor residual mín.: 2.00% Umbral de irregularidad 5.00 IRI
 Coef. de regresión 2: -1.9194 Valor residual máx.: 15.00%

Emisiones

Hidrocarburo aHC: 0.0600 Óxido nitroso aNOX: 0.0200 Dióxido de carbono aCO2: 1.8000
 Hidrocarburo rHC: 0.0000 Óxido nitroso FRNOx: 0.0000 Dióxido de azufre SO2: 0.0005
 Monóxido de carbono 0.2000 Partículas aPM: 0.0001 Plomo Pb: 0.7500

Partículas rPM: 0.0000

Plomo aPb: 0.0005

Energía

Usada en la producción: 20 GJ
% ref. hechas en el país: 10.00%

%veh. hecho en el país: 20.00%
Peso neumático: 2.00 kg

Peso veh sin carga: 0.10 ton

Tx-Sx<=4

Definición		
Tipo base: Camión articulado	Info: camión articulado o camión con remolque	
Categoría: Motorizado	Método de vida: Vida óptima	
Características básicas		
PCSE: 1.80	Costo de renovación: 40%	Uso privado: 0%
No. de ruedas: 18	ESALF: 2.00	Pasajeros: 0
No. de ejes: 5	Km. anuales: 38,000 km/año	Viajes de trabajo: 0%
Tipo de neumáticos: Radial	Horas laborables: 950 horas	Peso en operación: 28.00 toneladas
No. base de renov.: 1.30	Vida útil promedio: 25 años	
Costos económicos unitarios		
Vehículo nuevo: 102,794	M.O. 4.30 por hora	Tiempo trabajo pasajeros: 0
Neumático reemplazo: 592.35	Salario operadores: 4.51 por hora	Tiempo de ocio: 0
Combustible: 0.51 por litro	Gastos generales anuales: 3,803	Tiempo retención carga: 0
Lubricante: 2.48 por litro	Interés anual: 12.00%	
Fuerzas		
Área frontal: 9.00 m ²	Potencia al freno: 255 kW	Resist. rodadura a2: 0.01
CD: 0.80	Potencia en oper.: 300 kW	FPLIM: 1.00
Multiplicador de CD: 1.22	Resist. rodadura a0: 37.00	
Potencia de cond.: 227 kW	Resist. rodadura a1: 0.06	
Velocidad		
VCURVE_a0: 4.20	VDES2 asfáltico: 104.76 km/h	CW1 no pavimentado: 4.00m
VCURVE_a1: 0.27	VDESa0 asfáltico: 0.00 × 10 ⁻³	CW2 no pavimentado: 6.80m
VROUGH_a0: 1.15	VDESa1 asfáltico: 0.70	VDES2 concreto: 104.76 km/h
ARVMAX: 160 mm/s	VDESa2 asfáltico: 0.75	VDESa0 concreto: 0.00 × 10 ⁻³
Beta velocidad: 0.11	CW1 asfáltico: 4.00	VDESa1 concreto: 0.70
Sigma Velocidad: 0.00	CW2 asfáltico: 6.80	VDESa2 concreto: 0.75
COV: 0.15	VDES2 no pavimentado: 104.76 km/h	CW1 concreto: 4.00m
CGR_a0: 94.90	VDESa0 no pavimentado: 0.00 × 10 ⁻³	CW2 concreto: 6.80m
CGR_a1: 0.85	VDESa1 no pavimentado: 0.70	
CGR_a2: 2.80	VDESa2 no pavimentado: 0.75	
Combustible		
RPM_a0: 1,900 RPM	IDLE_FUEL: 1.12 mL/s	PCTPENG: 80.00%
RPM_a1: -10.18 RPM/(m/s)	ZETAB: 0.055 mL/kW/s	Kpea: 1.00
RPM_a2: 0.15 RPM/(m/s) ²	EHP: 0.10	Pérdidas lubricante por contam.: 3.10 L/1000km
RPM_a3: 0.00 m/s	EDT: 0.86	Pérdidas lubricante por oper.: 0.0021 L/1000km
RPM_IDLE: 500 RPM	PACCS_a0: 0.20	
Efectos de		
Sigma amaxv: 0.75 m/s ²	NMTAMAX: 0.40 m/s ²	AMAXRI: 20.00 m/s ²
FRIAMAX: 0.20 m/s ²	RIAMAX: 0.30 m/s ²	
Neumáticos		
Diámetro de rueda: 1.05 m	Coef. de desgaste: 0.00311 dm ³ /J-m	Volumen hule de desgaste: 8.00 dm ³
Término de constante 0.03988 dm ³	Factor de efect. congestión: 0.10	
Mantenimiento		
Term. const. refacc.: 13.58	Efec. edad refacc.: 0.371	Término const. M.O.: 301.46
Efecto IRI refacc.: 2.96	Fac. suav. refacc.: 0.25	Exponente M.O. refacc.: 0.519
Fac. rotación refacc.: 1.00	Limite IRI refacc.: 2.96	Factor rotación M.O.: 1.00
Fac. traslación refacc.: 0.00	Fac. congest. refacc.: 0.10	Factor traslación M.O.: 0.00
Vida óptima		
Coef. de regresión 1: -65.8553	Valor residual mín.: 2.00%	Umbral de irregularidad 5.00 IRI
Coef. de regresión 2: -1.9194	Valor residual máx.: 15.00%	
Emisiones		
Hidrocarburo aHC: 0.0400	Óxido nitroso aNOX: 0.0270	Dióxido de carbono aCO2: 2.0000
Hidrocarburo rHC: 0.0000	Óxido nitroso FRNOx: 0.0000	Dióxido de azufre SO2: 0.0050
Monóxido de carbono 0.0800	Partículas aPM: 0.0032	Plomo Pb: 0.7500

Partículas rPM: 0.0000

Plomo aPb: 0.0000

Energía

Usada en la producción: 1,500 GJ

%veh. hecho en el país: 10.00%

Peso veh sin carga: 11.00 ton

% ref. hechas en el país: 10.00%

Peso neumático: 13.70 kg

Tx-Sx>5
Definición

Tipo base: Camión articulado Info: camión articulado o camión con remolque
 Categoría: Motorizado Método de vida Vida óptima

Características básicas

PCSE: 1.80	Costo de renovación: 40%	Uso privado: 0%
No. de ruedas: 18	ESALF: 1.98	Pasajeros: 0
No. de ejes: 5	Km. anuales: 38,000 km/año	Viajes de trabajo: 0%
Tipo de neumáticos: Radial	Horas laborables: 950 horas	Peso en operación: 28.00 toneladas
No. base de renov.: 1.30	Vida útil promedio: 25 años	

Costos económicos unitarios

Vehículo nuevo: 102,794	M.O. 4.30 por hora	Tiempo trabajo pasajeros: 0
Neumático reemplazo: 592.35	Salario operadores: 4.51 por hora	Tiempo de ocio: 0
Combustible: 0.51 por litro	Gastos generales anuales: 3,803	Tiempo retención carga: 0
Lubricante: 2.48 por litro	Interés anual: 12.00%	

Fuerzas

Área frontal: 9.00 m ²	Potencia al freno: 255 kW	Resist. rodadura a2: 0.01
CD: 0.80	Potencia en oper.: 300 kW	FPLIM: 1.00
Multiplicador de CD: 1.22	Resist. rodadura a0: 37.00	
Potencia de cond.: 227 kW	Resist. rodadura a1: 0.06	

Velocidad

VCURVE_a0: 4.20	VDES2 asfáltico: 104.76 km/h	CW1 no pavimentado: 4.00m
VCURVE_a1: 0.27	VDESa0 asfáltico: 0.00 × 10 ⁻³	CW2 no pavimentado: 6.80m
VROUGH_a0: 1.15	VDESa1 asfáltico: 0.70	VDES2 concreto: 104.76 km/h
ARVMAX: 160 mm/s	VDESa2 asfáltico: 0.75	VDESa0 concreto: 0.00 × 10 ⁻³
Beta velocidad: 0.11	CW1 asfáltico: 4.00	VDESa1 concreto: 0.70
Sigma Velocidad: 0.00	CW2 asfáltico: 6.80	VDESa2 concreto: 0.75
COV: 0.15	VDES2 no pavimentado: 104.76 km/h	CW1 concreto: 4.00m
CGR_a0: 94.90	VDESa0 no pavimentado: 0.00 × 10 ⁻³	CW2 concreto: 6.80m
CGR_a1: 0.85	VDESa1 no pavimentado: 0.70	
CGR_a2: 2.80	VDESa2 no pavimentado: 0.75	

Combustible

RPM_a0: 1,900 RPM	IDLE_FUEL: 1.12 mL/s	PCTPENG: 80.00%
RPM_a1: -10.18 RPM/(m/s)	ZETAB: 0.055 mL/kW/s	Kpea: 1.00
RPM_a2: 0.15 RPM/(m/s) ²	EHP: 0.10	Pérdidas lubricante por contam.: 3.10 L/1000km
RPM_a3: 0.00 m/s	EDT: 0.86	Pérdidas lubricante por oper.: 0.0021 L/1000km
RPM_IDLE: 500 RPM	PACCS_a0: 0.20	

Efectos de

Sigma amaxv: 0.75 m/s ²	NMTAMAX: 0.40 m/s ²	AMAXRI: 20.00 m/s ²
FRIAMAX: 0.20 m/s ²	RIAMAX: 0.30 m/s ²	

Neumáticos

Diámetro de rueda: 1.05 m	Coef. de desgaste: 0.00311 dm ³ /J-m	Volumen hule de desgaste: 8.00 dm ³
Término de constante 0.03988 dm ³	Factor de efect. congestión: 0.10	

Mantenimiento

Term. const. refacc.: 13.58	Efec. edad refacc.: 0.371	Término const. M.O.: 301.46
Efecto IRI refacc.: 2.96	Fac. suav. refacc.: 0.25	Exponente M.O. refacc.: 0.519
Fac. rotación refacc.: 1.00	Limite IRI refacc.: 2.96	Factor rotación M.O.: 1.00
Fac. traslación refacc.: 0.00	Fac. congest. refacc.: 0.10	Factor traslación M.O.: 0.00

Vida óptima

Coef. de regresión 1: -65.8553	Valor residual mín.: 2.00%	Umbral de irregularidad 5.00 IRI
Coef. de regresión 2: -1.9194	Valor residual máx.: 15.00%	

Emisiones

Hidrocarburo aHC: 0.0400	Óxido nitroso aNOX: 0.0270	Dióxido de carbono aCO2: 2.0000
Hidrocarburo rHC: 0.0000	Óxido nitroso FRNOx: 0.0000	Dióxido de azufre SO2: 0.0050
Monóxido de carbono 0.0800	Partículas aPM: 0.0032	Plomo Pb: 0.7500

Partículas rPM: 0.0000

Plomo aPb: 0.0000

Energía

Usada en la producción: 1,500 GJ

%veh. hecho en el país: 10.00%

Peso veh sin carga: 11.00 ton

% ref. hechas en el país: 10.00%

Peso neumático: 13.70 kg



ANEXO 6: ESTÁNDARES DE MEJORA Y CONSERVACIÓN

Nombre del estudio: **Proyecto Nejapa-Izapa**Fecha de ejecución: **24-01-2013**U. monetaria de los trabajos: **US Dollar**

Mantenimiento (Losas Convecionales)

Clave del estándar: MPLC

Clase de superficie: Concreto

No. de acciones 3

Acción: Cepillado de Superficie

General

Clave: Ceps

Tipo de operación: Fresado

Tipo de elem.: Calzada

Costos unitarios

Partida presupuestal: Inversión

Costo económico: 4.92

Costo financiero: 6.00

Unidades del los costos: m²/mm

Costos unitarios de los trabajos previos (por m²)

Econ. reparaciones 0.00

Fin. reparaciones: 0.00

Econ. rep. borde 0.00

Fin. rep. borde 0.00

Econ. sellado grietas 0.00

Fin. sellado grietas 0.00

Acción: Resellado de Juntas

General

Clave: RSJ

Tipo de operación: Sellado de juntas

Tipo de elem.: Calzada

Costos unitarios

Partida presupuestal: Inversión

Costo económico: 2.78

Costo financiero: 3.40

Unidades del los costos: m

Costos unitarios de los trabajos previos (por m²)

Econ. reparaciones 0.00

Fin. reparaciones: 0.00

Econ. rep. borde 0.00

Fin. rep. borde 0.00

Econ. sellado grietas 0.00

Fin. sellado grietas 0.00

Acción: Reparacion de losas

General

Clave: REM

Tipo de operación: Reparación de espesor parcial

Tipo de elem.: Calzada

Costos unitarios

Partida presupuestal: Inversión

Costo económico: 8.46

Costo financiero: 11.00

Unidades del los costos: m²

Costos unitarios de los trabajos previos (por m²)

Econ. reparaciones	0.00	Fin. reparaciones:	0.00
Econ. rep. borde	0.00	Fin. rep. borde	0.00
Econ. sellado grietas	0.00	Fin. sellado grietas	0.00

Mantenimiento (Losas Cortas)

Clave del estándar: MLc

Clase de superficie: Concreto

No. de acciones 2

Acción: Cepillado de Superficie

General

Clave: Ceps

Tipo de operación: Fresado

Tipo de elem.: Calzada

Costos unitarios

Partida presupuestal: Inversión

Costo económico: 4.92

Costo financiero: 6.00

Unidades del los costos: m²/mm**Costos unitarios de los trabajos previos (por m²)**

Econ. reparaciones 0.00

Fin. reparaciones: 0.00

Econ. rep. borde 0.00

Fin. rep. borde 0.00

Econ. sellado grietas 0.00

Fin. sellado grietas 0.00

Acción: Reparacion de losas

General

Clave: RP

Tipo de operación: Reparación de espesor parcial

Tipo de elem.: Calzada

Costos unitarios

Partida presupuestal: Inversión

Costo económico: 8.46

Costo financiero: 11.00

Unidades del los costos: m²**Costos unitarios de los trabajos previos (por m²)**

Econ. reparaciones 0.00

Fin. reparaciones: 0.00

Econ. rep. borde 0.00

Fin. rep. borde 0.00

Econ. sellado grietas 0.00

Fin. sellado grietas 0.00

Mantenimiento Periodico Asfaltos

Clave del estándar: MPA

Clase de superficie: Asfáltica

No. de acciones 4

Acción: Imprimacion

General

Clave: IM

Tipo de operación: Riego de impregnación

Tipo de elem.: Calzada

Costos unitarios

Partida presupuestal: Recurrente

Costo económico: 2.05

Costo financiero: 2.66

Unidades del los costos: m²

Costos unitarios de los trabajos previos (por m²)

Econ. reparaciones 0.00

Fin. reparaciones: 0.00

Econ. rep. borde 0.00

Fin. rep. borde 0.00

Econ. sellado grietas 0.00

Fin. sellado grietas 0.00

Acción: Tratamiento Superficial Simple

General

Clave: TSS

Tipo de operación: Riego de sello simple (RSS)

Tipo de elem.: Calzada

Costos unitarios

Partida presupuestal: Inversión

Costo económico: 2.08

Costo financiero: 2.70

Unidades del los costos: m²

Costos unitarios de los trabajos previos (por m²)

Econ. reparaciones 15.04

Fin. reparaciones: 19.55

Econ. rep. borde 21.32

Fin. rep. borde 26.00

Econ. sellado grietas 2.05

Fin. sellado grietas 2.66

Diseño

Material superficial: Riego de sello simple

Esp. capa sup. (mm): 10.00

Coef. de resistencia est. seca: 3.50

Prof. de fresado (mm): 0.00

Area de fresado: 50.00

CDS: 1.00

Acción: Tratamiento Superficial Doble

General

Clave: TSD

Tipo de operación: Riego de sello doble (DRS)

Tipo de elem.: Calzada

Costos unitarios

Partida presupuestal: Inversión

Costo económico: 3.47

Costo financiero: 4.50

Unidades del los costos: m²

Costos unitarios de los trabajos previos (por m²)

Econ. reparaciones 15.04

Fin. reparaciones: 19.55

Econ. rep. borde 21.32

Fin. rep. borde 26.00

Econ. sellado grietas 2.05

Fin. sellado grietas 2.66

Diseño

Material superficial: Riego de sello doble	Esp. capa sup. (mm): 25.00	Coef. de resistencia est. seca: 3.50
Prof. de fresado (mm): 0.00	Area de fresado: 50.00	CDS: 1.00

Acción: Microcarpeta Asfáltica

General

Clave: MCA	Tipo de operación: Microcarpeta	Tipo de elem.: Calzada
------------	---------------------------------	------------------------

Costos unitarios

Partida presupuestal: Inversión		
Costo económico: 7.62	Costo financiero: 9.90	Unidades del los costos: m ²

Costos unitarios de los trabajos previos (por m²)

Econ. reparaciones 15.04	Fin. reparaciones: 19.55
Econ. rep. borde 21.32	Fin. rep. borde 26.00
Econ. sellado grietas 2.05	Fin. sellado grietas 2.66

Diseño

Material superficial: Concreto asfáltico	Esp. capa sup. (mm): 40.00	Coef. de resistencia est. seca: 3.50
Prof. de fresado (mm): 0.00	Area de fresado: 50.00	CDS: 1.00

Mantenimientos Rutinarios

Clave del estándar: BSBF

Clase de superficie: Asfáltica

No. de acciones 2

Acción: Bacheo**General**

Clave: B

Tipo de operación: Reparaciones

Tipo de elem.: Calzada

Costos unitarios

Partida presupuestal: Recurrente

Costo económico: 15.04

Costo financiero: 19.55

Unidades del los costos: m²**Costos unitarios de los trabajos previos (por m²)**

Econ. reparaciones 0.00

Fin. reparaciones: 0.00

Econ. rep. borde 0.00

Fin. rep. borde 0.00

Econ. sellado grietas 0.00

Fin. sellado grietas 0.00

Acción: Sello de grietas**General**

Clave: SG

Tipo de operación: Sellado de grietas

Tipo de elem.: Calzada

Costos unitarios

Partida presupuestal: Recurrente

Costo económico: 2.05

Costo financiero: 2.66

Unidades del los costos: m²**Costos unitarios de los trabajos previos (por m²)**

Econ. reparaciones 0.00

Fin. reparaciones: 0.00

Econ. rep. borde 0.00

Fin. rep. borde 0.00

Econ. sellado grietas 0.00

Fin. sellado grietas 0.00

Sellado de juntas

Clave del estándar: SJ1

Clase de superficie: Concreto

No. de acciones 1

Acción: Sellado de Juntas1

General

Clave: SJ1

Tipo de operación: Sellado de juntas

Tipo de elem.: Calzada

Costos unitarios

Partida presupuestal: Inversión

Costo económico: 2.78

Costo financiero: 3.40

Unidades del los costos: m

Costos unitarios de los trabajos previos (por m2)

Econ. reparaciones 0.00

Fin. reparaciones: 0.00

Econ. rep. borde 0.00

Fin. rep. borde 0.00

Econ. sellado grietas 0.00

Fin. sellado grietas 0.00

Calibración - Deterioros superficiales

	Inicio	Progreso		
Agrietamiento estructural total:	1.00	1.00	Tiempo de retraso de grietas	0.00años
Agrietamiento est. ancho:	1.00	1.00	Factor de retraso desprend.:	1.00
Agrietamiento térmico:	1.00	1.00		
Desprendimientos:	1.00	1.00		
Baches (por agrietamiento):	1.00			
Baches (por desprend.):	1.00			
Baches (todos):		1.00		
Rotura de borde:	1.00			

Calibración - textura superficial

Profundidad de textura:	1.00
Resistencia al deslizamiento:	1.00
Efectos vel. - resist. desliz.:	1.00

Calibración - defectos estructurales

RODERAS		NUMERO ESTRUCTURAL	
Densificación inicial:	1.00	Efectos estacionales:	1.00
Deterioro estructural:	1.00	Num. estruct. por agriet.:	1.00
Deformación plástica:	0.00	IRREGULARIDAD	
Desgaste superficial:	1.00	Coef. ambiental:	1.00
Desviación estándar:	1.00	Progreso (estructural):	1.00
Neumáticos con aditamentos:	0.00%	Progreso (agriet.):	1.00
Sal en la carretera:	No	Progreso (roderas):	1.00
		Progreso (baches):	1.00

Calibración - drenaje

Factor de drenaje:	1.00
Fact. calib. vida del drenaje:	1.00

Pavimento asfáltico (tramo2)

Clave : PA2
Clase de superficie: Asfáltica

Tipo de operación: Modernización
Duración (años): 1

Tipo de elemento: Calzada

Diseño

Tipo de vel/cap: Calzada 2 carriles anchos	Factor de ajuste de longitud: 1.00
Clase de accidentes: Calzada 2 carriles anchos	Carriles adicionales TNM: 2
Tipo de pavimento: AMSB (Mezcla asfáltica sobre base estabilizada)	Ancho incrementado (m) 0.00
Tipo de carretera: Troncal principal	Nueva construcción: 0.50
Modelo de tránsito: Larga distancia	

Costos

Costo económico unitario: 211,249.00	Costo financiero 274,624.00	Unidades de los costos: km
% flujo de costos, año 1: 100.00	% flujo de costos, año 2: 0.00	% flujo de costos, año 3: 0.00
% flujo de costos, año 4: 0.00	% flujo de costos, año 5: 0.00	
Costo residual: 5.00 %		

Costos unitarios de trabajos previos (por m2)

Econ. trat. superficial: 0.00	Econ. reparaciones: 15.03	Econ. reparación de borde 21.32
Econ. sellado de grietas: 2.05	Fin. trat. superficial: 0.00	Fin. reparaciones: 19.55
Fin. reparación de borde: 26.00	Fin. sellado de grietas: 2.66	

Pavimento

Num estruct. est. seca: 4.61	Esp. capa superficial 100.00	Compactación relativa (%): 97.00
Espesor de base (mm): 270.00	Módulo de la base: 7.00	

Construcción - Indicadores de calidad

Superficie asfáltica,	1.00
Base, CDB	1.00

Construcción - Reencarpelado

Reencarpetar calzada existente: No	Esp. reencarpelado (mm): 100.00 mm
	eficiente de resistencia: 0.44

Geometría

Ascensos y descensos: 10.00 m/km	No. de asc. y desc.: 1.00 no./km	Curvatura: 25.00 grados/k
Sobreelevación 6.00 %	adral (m/s2): 0.10	Limite de vel. (km/h): 60.00
Factor cumpl. vel. lím.: 1.10	XNMT: 0.90	XMT: 0.95
XFRI: 0.80		

Valuación de activos

	Proporción del costo	Valor residual	Vida util	Proporción de los activos existentes a dar de baja	
Terreno y subrasante:	15.00 %	5.00 %	20.00 años		0.00 %
Capas del pavimento	85.00 %	5.00 %	10.00 años		
Carriles TNM:	0.00 %	0.00 %	0.00 años		

Calibración - Deterioros superficiales

	Inicio	Progreso		
Agrietamiento estructural total:	1.00	1.00	Tiempo de retraso de grietas	0.00años
Agrietamiento est. ancho:	1.00	1.00	Factor de retraso desprend.:	1.00
Agrietamiento térmico:	1.00	1.00		
Desprendimientos:	1.00	1.00		
Baches (por agrietamiento):	1.00			
Baches (por desprend.):	1.00			
Baches (todos):		1.00		
Rotura de borde:	1.00			

Calibración - textura superficial

Profundidad de textura:	1.00
Resistencia al deslizamiento:	1.00
Efectos vel. - resist. desliz.:	1.00

Calibración - defectos estructurales

RODERAS		NUMERO ESTRUCTURAL	
Densificación inicial:	1.00	Efectos estacionales:	1.00
Deterioro estructural:	1.00	Num. estruct. por agriet.:	1.00
Deformación plástica:	0.00	IRREGULARIDAD	
Desgaste superficial:	1.00	Coef. ambiental:	1.00
Desviación estándar:	1.00	Progreso (estructural):	1.00
Neumáticos con aditamentos:	0.00%	Progreso (agriet.):	1.00
Sal en la carretera:	No	Progreso (roderas):	1.00
		Progreso (baches):	1.00

Calibración - drenaje

Factor de drenaje:	1.00
Fact. calib. vida del drenaje:	1.00

Pavimento asfáltico (tramo3)

Clave : PA3
Clase de superficie: Asfáltica

Tipo de operación: Modernización
Duración (años): 1

Tipo de elemento: Calzada

Diseño

Tipo de vel/cap: Calzada 2 carriles anchos	Factor de ajuste de longitud: 1.00
Clase de accidentes: Calzada 2 carriles anchos	Carriles adicionales TNM: 2
Tipo de pavimento: AMSB (Mezcla asfáltica sobre base estabilizada)	Ancho incrementado (m) 0.00
Tipo de carretera: Troncal principal	Nueva construcción: 0.50
Modelo de tránsito: Larga distancia	

Costos

Costo económico unitario: 208,077.50	Costo financiero 270,500.75	Unidades de los costos: km
% flujo de costos, año 1: 100.00	% flujo de costos, año 2: 0.00	% flujo de costos, año 3: 0.00
% flujo de costos, año 4: 0.00	% flujo de costos, año 5: 0.00	
Costo residual: 5.00 %		

Costos unitarios de trabajos previos (por m2)

Econ. trat. superficial: 0.00	Econ. reparaciones: 15.03	Econ. reparación de borde 21.32
Econ. sellado de grietas: 2.05	Fin. trat. superficial: 0.00	Fin. reparaciones: 19.55
Fin. reparación de borde: 26.00	Fin. sellado de grietas: 2.66	

Pavimento

Num estruct. est. seca: 4.49	Esp. capa superficial 100.00	Compactación relativa (%): 97.00
Espesor de base (mm): 260.00	Módulo de la base: 7.00	

Construcción - Indicadores de calidad

Superficie asfáltica,	1.00
Base, CDB	1.00

Construcción - Reencarpetao

Reencarpetar calzada existente: No	Esp. reencarpetao (mm): 100.00 mm
	eficiente de resistencia: 0.44

Geometría

Ascensos y descensos: 10.00 m/km	No. de asc. y desc.: 1.00 no./km	Curvatura: 25.00 grados/k
Sobreelevación 6.00 %	adral (m/s2): 0.10	Limite de vel. (km/h): 60.00
Factor cumpl. vel. lím.: 1.10	XNMT: 0.90	XMT: 0.95
XFRI: 0.80		

Valuación de activos

	Proporción del costo	Valor residual	Vida util	Proporción de los activos existentes a dar de baja	
Terreno y subrasante:	15.00 %	5.00 %	20.00 años		0.00 %
Capas del pavimento	85.00 %	5.00 %	10.00 años		
Carriles TNM:	0.00 %	0.00 %	0.00 años		

Calibración - Deterioros superficiales

	Inicio	Progreso		
Agrietamiento estructural total:	1.00	1.00	Tiempo de retraso de grietas	0.00años
Agrietamiento est. ancho:	1.00	1.00	Factor de retraso desprend.:	1.00
Agrietamiento térmico:	1.00	1.00		
Desprendimientos:	1.00	1.00		
Baches (por agrietamiento):	1.00			
Baches (por desprend.):	1.00			
Baches (todos):		1.00		
Rotura de borde:	1.00			

Calibración - textura superficial

Profundidad de textura:	1.00
Resistencia al deslizamiento:	1.00
Efectos vel. - resist. desliz.:	1.00

Calibración - defectos estructurales

RODERAS		NUMERO ESTRUCTURAL	
Densificación inicial:	1.00	Efectos estacionales:	1.00
Deterioro estructural:	1.00	Num. estruct. por agriet.:	1.00
Deformación plástica:	0.00	IRREGULARIDAD	
Desgaste superficial:	1.00	Coef. ambiental:	1.00
Desviación estándar:	1.00	Progreso (estructural):	1.00
Neumáticos con aditamentos:	0.00%	Progreso (agriet.):	1.00
Sal en la carretera:	No	Progreso (roderas):	1.00
		Progreso (baches):	1.00

Calibración - drenaje

Factor de drenaje:	1.00
Fact. calib. vida del drenaje:	1.00

Pavimento asfáltico (tramo4)

Clave : PA4 Tipo de operación: Modernización Tipo de elemento: Calzada
 Clase de superficie: Asfáltica Duración (años): 1

Diseño

Tipo de vel/cap: Calzada 2 carriles anchos Factor de ajuste de longitud: 1.00
 Clase de accidentes: Calzada 2 carriles anchos Carriles adicionales TNM: 2
 Tipo de pavimento: AMSB (Mezcla asfáltica sobre base estabilizada) Ancho incrementado (m) 0.00
 Tipo de carretera: Troncal principal Nueva construcción: 0.50
 Modelo de tránsito: Larga distancia

Costos

Costo económico unitario: 162,089.02 Costo financiero 210,715.72 Unidades de los costos: km
 % flujo de costos, año 1: 100.00 % flujo de costos, año 2: 0.00 % flujo de costos, año 3: 0.00
 % flujo de costos, año 4: 0.00 % flujo de costos, año 5: 0.00
 Costo residual: 5.00 %

Costos unitarios de trabajos previos (por m2)

Econ. trat. superficial: 0.00 Econ. reparaciones: 15.03 Econ. reparación de borde 21.32
 Econ. sellado de grietas: 2.05 Fin. trat. superficial: 0.00 Fin. reparaciones: 19.55
 Fin. reparación de borde: 26.00 Fin. sellado de grietas: 2.66

Pavimento

Num estruct. est. seca: 3.20 Esp. capa superficial 100.00 Compactación relativa (%): 97.00
 Espesor de base (mm): 115.00 Módulo de la base: 7.00

Construcción - Indicadores de calidad

Superficie asfáltica, 1.00
 Base, CDB 1.00

Construcción - Reencarpetao

Reencarpetar calzada existente: No Esp. reencarpetao (mm): 100.00 mm
 eficiente de resistencia: 0.44

Geometría

Ascensos y descensos: 10.00 m/km No. de asc. y desc.: 1.00 no./km Curvatura: 25.00 grados/k
 Sobreelevación 6.00 % adral (m/s2): 0.10 Limite de vel. (km/h): 60.00
 Factor cumpl. vel. lím.: 1.10 XNMT: 0.90 XMT: 0.95
 XFRI: 0.80

Valuación de activos

	Proporción del costo	Valor residual	Vida util	Proporción de los activos existentes a dar de baja	
Terreno y subrasante:	15.00 %	5.00 %	20.00 años		0.00 %
Capas del pavimento	85.00 %	5.00 %	10.00 años		
Carriles TNM:	0.00 %	0.00 %	0.00 años		

Calibración - Deterioros superficiales

	Inicio	Progreso		
Agrietamiento estructural total:	1.00	1.00	Tiempo de retraso de grietas	0.00años
Agrietamiento est. ancho:	1.00	1.00	Factor de retraso desprend.:	1.00
Agrietamiento térmico:	1.00	1.00		
Desprendimientos:	1.00	1.00		
Baches (por agrietamiento):	1.00			
Baches (por desprend.):	1.00			
Baches (todos):		1.00		
Rotura de borde:	1.00			

Calibración - textura superficial

Profundidad de textura:	1.00
Resistencia al deslizamiento:	1.00
Efectos vel. - resist. desliz.:	1.00

Calibración - defectos estructurales

RODERAS		NUMERO ESTRUCTURAL	
Densificación inicial:	1.00	Efectos estacionales:	1.00
Deterioro estructural:	1.00	Num. estruct. por agriet.:	1.00
Deformación plástica:	0.00	IRREGULARIDAD	
Desgaste superficial:	1.00	Coef. ambiental:	1.00
Desviación estándar:	1.00	Progreso (estructural):	1.00
Neumáticos con aditamentos:	0.00%	Progreso (agriet.):	1.00
Sal en la carretera:	No	Progreso (roderas):	1.00
		Progreso (baches):	1.00

Calibración - drenaje

Factor de drenaje:	1.00
Fact. calib. vida del drenaje:	1.00

Pavimento de Concreto (Losas Convencionales tramo 2)

Clave : PCLC2 Tipo de operación: Modernización Tipo de elemento: Calzada
 Clase de superficie: Asfáltica Duración (años): 1

Diseño

Tipo de vel/cap: Calzada 2 carriles anchos	Factor de ajuste de longitud: 1.00
Clase de accidentes: Calzada 2 carriles anchos	Carriles adicionales TNM: 2
Tipo de pavimento: JPCP (Pavimento de concreto con juntas) sin pasajuntas	Ancho incrementado (m) 0.00
Tipo de carretera: Troncal principal	Nueva construcción: 0.50
Modelo de tránsito: Larga distancia	

Costos

Costo económico unitario: 364,499.72	Costo financiero 473,849.63	Unidades de los costos: km
% flujo de costos, año 1: 100.00	% flujo de costos, año 2: 0.00	% flujo de costos, año 3: 0.00
% flujo de costos, año 4: 0.00	% flujo de costos, año 5: 0.00	
Costo residual: 5.00 %		

Costos unitarios de trabajos previos (por m2)

Econ. trat. superficial: 0.00	Econ. reparaciones: 0.00	Econ. reparación de borde 0.00
Econ. sellado de grietas: 0.00	Fin. trat. superficial: 0.00	Fin. reparaciones: 0.00
Fin. reparación de borde: 0.00	Fin. sellado de grietas: 0.00	

Geometría

Ascensos y descensos: 10.00 m/km	No. de asc. y desc.: 1.00 no./km	Curvatura: 25.00 grados/k
Sobreelevación 6.00 %	adral (m/s2): 0.10	Limite de vel. (km/h): 60.00
Factor cumpl. vel. lím.: 1.10	XNMT: 0.90	XMT: 0.95
XFRI: 0.80		

Valuación de activos

	Proporción del costo	Valor residual	Vida util	Proporción de los activos existentes a dar de baja	
Terreno y subrasante:	15.00 %	5.00 %	10.00 años		0.00 %
Capas del pavimento	85.00 %	5.00 %	10.00 años		
Carriles TNM:	0.00 %	0.00 %	0.00 años		

Pavimento de Concreto (Losas Cortas tramo 1)

Clave : LC.1
Clase de superficie: Asfáltica

Tipo de operación: Modernización
Duración (años): 1

Tipo de elemento: Calzada

Diseño

Tipo de vel/cap: Calzada multicarril ancha	Factor de ajuste de longitud: 1.00
Clase de accidentes: Calzada multicarril ancha	Carriles adicionales TNM: 2
Tipo de pavimento: JPCP (Pavimento de concreto con juntas) sin pasajuntas	Ancho incrementado (m) 0.00
Tipo de carretera: Troncal principal	Nueva construcción: 0.50
Modelo de tránsito: Larga distancia	

Costos

Costo económico unitario: 525,387.00	Costo financiero 404,144.00	Unidades de los costos: km
% flujo de costos, año 1: 100.00	% flujo de costos, año 2: 0.00	% flujo de costos, año 3: 0.00
% flujo de costos, año 4: 0.00	% flujo de costos, año 5: 0.00	
Costo residual: 5.00 %		

Costos unitarios de trabajos previos (por m2)

Econ. trat. superficial: 0.00	Econ. reparaciones: 0.00	Econ. reparación de borde 0.00
Econ. sellado de grietas: 0.00	Fin. trat. superficial: 0.00	Fin. reparaciones: 0.00
Fin. reparación de borde: 0.00	Fin. sellado de grietas: 0.00	

Geometría

Ascensos y descensos: 10.00 m/km	No. de asc. y desc.: 1.00 no./km	Curvatura: 25.00 grados/k
Sobreelevación 6.00 %	adral (m/s2): 0.10	Limite de vel. (km/h): 60.00
Factor cumpl. vel. lím.: 1.10	XNMT: 0.90	XMT: 0.95
XFRI: 0.80		

Valuación de activos

	Proporción del costo	Valor residual	Vida util	Proporción de los activos existentes a dar de baja	
Terreno y subrasante:	15.00 %	5.00 %	20.00 años		0.00 %
Capas del pavimento	85.00 %	5.00 %	20.00 años		
Carriles TNM:	0.00 %	0.00 %	0.00 años		

Pavimento de Concreto (Losas Cortas tramo 2)

Clave : LC.2 Tipo de operación: Modernización Tipo de elemento: Calzada
 Clase de superficie: Asfáltica Duración (años): 1

Diseño

Tipo de vel/cap: Calzada 2 carriles anchos	Factor de ajuste de longitud: 1.00
Clase de accidentes: Calzada 2 carriles anchos	Carriles adicionales TNM: 2
Tipo de pavimento: JPCP (Pavimento de concreto con juntas) sin pasajuntas	Ancho incrementado (m) 0.00
Tipo de carretera: Troncal principal	Nueva construcción: 0.50
Modelo de tránsito: Larga distancia	

Costos

Costo económico unitario: 220,725.00	Costo financiero 286,942.00	Unidades de los costos: km
% flujo de costos, año 1: 100.00	% flujo de costos, año 2: 0.00	% flujo de costos, año 3: 0.00
% flujo de costos, año 4: 0.00	% flujo de costos, año 5: 0.00	
Costo residual: 5.00 %		

Costos unitarios de trabajos previos (por m2)

Econ. trat. superficial: 0.00	Econ. reparaciones: 0.00	Econ. reparación de borde 0.00
Econ. sellado de grietas: 0.00	Fin. trat. superficial: 0.00	Fin. reparaciones: 0.00
Fin. reparación de borde: 0.00	Fin. sellado de grietas: 0.00	

Geometría

Ascensos y descensos: 10.00 m/km	No. de asc. y desc.: 1.00 no./km	Curvatura: 25.00 grados/k
Sobreelevación 6.00 %	adral (m/s2): 0.10	Limite de vel. (km/h): 60.00
Factor cumpl. vel. lím.: 1.10	XNMT: 0.90	XMT: 0.95
XFRI: 0.80		

Valuación de activos

	Proporción del costo	Valor residual	Vida util	Proporción de los activos existentes a dar de baja	
Terreno y subrasante:	15.00 %	5.00 %	20.00 años		0.00 %
Capas del pavimento	85.00 %	5.00 %	20.00 años		
Carriles TNM:	0.00 %	0.00 %	0.00 años		

Pavimento de Concreto (Losas Cortas tramo 3)

Clave : LC.3 Tipo de operación: Modernización Tipo de elemento: Calzada
 Clase de superficie: Asfáltica Duración (años): 1

Diseño

Tipo de vel/cap: Calzada 2 carriles anchos	Factor de ajuste de longitud: 1.00
Clase de accidentes: Calzada 2 carriles anchos	Carriles adicionales TNM: 2
Tipo de pavimento: JPCP (Pavimento de concreto con juntas) sin pasajuntas	Ancho incrementado (m) 0.00
Tipo de carretera: Troncal principal	Nueva construcción: 0.50
Modelo de tránsito: Larga distancia	

Costos

Costo económico unitario: 220,725.00	Costo financiero 286,942.00	Unidades de los costos: km
% flujo de costos, año 1: 100.00	% flujo de costos, año 2: 0.00	% flujo de costos, año 3: 0.00
% flujo de costos, año 4: 0.00	% flujo de costos, año 5: 0.00	
Costo residual: 5.00 %		

Costos unitarios de trabajos previos (por m2)

Econ. trat. superficial: 0.00	Econ. reparaciones: 0.00	Econ. reparación de borde 0.00
Econ. sellado de grietas: 0.00	Fin. trat. superficial: 0.00	Fin. reparaciones: 0.00
Fin. reparación de borde: 0.00	Fin. sellado de grietas: 0.00	

Geometría

Ascensos y descensos: 10.00 m/km	No. de asc. y desc.: 1.00 no./km	Curvatura: 25.00 grados/k
Sobreelevación 6.00 %	adral (m/s2): 0.10	Limite de vel. (km/h): 60.00
Factor cumpl. vel. lím.: 1.10	XNMT: 0.90	XMT: 0.95
XFRI: 0.80		

Valuación de activos

	Proporción del costo	Valor residual	Vida util	Proporción de los activos existentes a dar de baja	
Terreno y subrasante:	15.00 %	5.00 %	20.00 años		0.00 %
Capas del pavimento	85.00 %	5.00 %	20.00 años		
Carriles TNM:	0.00 %	0.00 %	0.00 años		

