



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN SISTEMAS MENCIÓN CONSTRUCCIÓN

**ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COSTO EN LA
CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE UNA CARRETERA
CON HOMBROS SIMPLEMENTE IMPRIMADOS CON UNA DE
HOMBROS CON DOBLE TRATAMIENTO SUPERFICIAL**

MANUEL JOSÉ FERNÁNDEZ MOLLINADO

MSc LEONEL ESTUARDO LÓPEZ FERNÁNDEZ

Asesor

Guatemala, Mayo de 2,010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO HONORABLE JUNTA DIRECTIVA

Decano:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Secretario:	Inga. Marcia Ivonne Veliz Vargas
Vocal I:	Inga. Glenda Patricia García Soria
Vocal II:	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
Vocal III:	Ing. Miguel Angel Dávila Calderón
Vocal IV:	Br. Luis Pedro Ortiz de León
Vocal IV:	Agr. José Alfredo Ortiz Henrincx

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXÁMEN GENERAL PRIVADO

Decano:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Examinador	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Examinador	Ing. Roberto Emanuel Prata Lou
Examinador	Ing. Leonel Estuardo López Fernández
Secretaria	Inga. Marcia Ivonne Veliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración el trabajo de tesis titulado:

**ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COSTO EN LA CONSTRUCCIÓN Y
MANTENIMIENTO DE UNA CARRETERA CON HOMBROS SIMPLEMENTE
IMPRIMADOS CON UNA DE HOMBROS CON DOBLE TRATAMIENTO
SUPERFICIAL**

Tema que fuera aprobado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado

Manuel José Fernández Mollinedo
Ingeniero Civil

Guatemala, 12 de Mayo de 2010

Ing. MSc. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Director de Escuela de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable Ingeniero:

Tengo el agrado de informar a usted que he concluido la revisión del Trabajo análisis comparativo del costo en la construcción y mantenimiento de una carretera con hombros simplemente imprimados con una de hombros con doble tratamiento superficial, del estudiante de Maestría en Sistemas: Manuel José Fernández Mollinedo, para el cual actué como asesor.

Esta es una investigación que proporciona datos reales como una opción para reducir los costos en la construcción de asfaltos con doble tratamiento superficial incluyendo los hombros de la misma, además se han incorporado conceptos basados en la experiencia obtenida a través del trabajo tanto en construcción como supervisión de asfaltos en distintos tramos carreteros, por lo que me permito recomendar la aprobación correspondiente.

Atentamente,

ING. MSc. LEONEL ESTUARDO LÓPEZ FERNÁNDEZ
ASESOR

DEDICATORIA

A DIOS

Rector del Universo, guía de mi vida, por haberme permitido un eslabón más en la cadena de logros en el desarrollo de mi vida profesional, así como de sus bendiciones.

A MIS PADRES

Ing. + José Antonio y + Sra. quienes fueron guía y ejemplo para trazarme metas con la exigencia que siempre debería alcanzarlas, por difíciles que estas parecieran.

A MI ESPOSA:

FT Rosita, quien en todo momento ha sido mi motivación, brindándome todo su apoyo para que juntos logremos las metas que nos hemos propuesto, por lo que el logro hoy alcanzado lo comparto con ella.

A MIS HIJOS

Amarilis, Ing. Manuel Antonio é Ing. José Alberto, quien han sido mi razón de existir y la motivación de superación para poder apoyarlos en su paso por la vida, para que sean útiles a Dios y a la patria.

A MI HERMANO, Ing. Carlos Fernández, una esperanza de hermandad muy especial

Fraternalmente.

AGRADECIMIENTOS

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS:

Quien abrió sus puertas para cobijarme en su seno y poder obtener en ella, los conocimientos y experiencia para poder desarrollarme como profesional.

A MI ASESOR:

MSC Leonel Estuardo López Fernández, quien en todo momento me ha asistido con sus conocimientos de forma profesional, para el buen desempeño en el desarrollo de este trabajo de tesis.

A PROFESIONALES COMO:

Ingeniero Luis Jacinto Quan Chu, por su amistad sincera exhortándome en cada momento para que continuara con el estudio de la maestría

Ingeniero Luis Pineda del Cid

Ingeniero Franklin Matzdorf Monroy

Ingeniero David Watt Padilla

Ingeniero Rubén Darío García Calderón

Ingeniero Raúl Castro Conde Guzmán

Ingeniero Erick González

Ingeniero Francisco Luis Guevara Utrilla

Por sus sabias enseñanzas

Al amigo Diógenes Toledo López

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de tesis es una aportación para la industria de la construcción, en específico en la construcción de carreteras, en la constante búsqueda inteligente de reducción de costos, sin poner en compromiso la calidad de los materiales, mano de obra y procesos en la elaboración de carreteras y así mismo en la supervisión.

Tomando en consideración los grandes montos de inversión y los altos costos en que se incurre para asfaltar una carretera utilizando pavimento rígido (de concreto) o pavimento flexible (carpeta asfáltica en caliente), se busca una alternativa que cumpla con las mismas funciones de el traslado y del movimiento de vehículos por estas vías, pero que a su vez minimice también el costo de mantenimiento de estas vías de acceso.

Existe un costo escondido o no cuantificado en una carretera en mal estado o en un camino no pavimentado, y es el de los costos de mantenimiento en los sistemas de rodamiento y suspensión de los vehículos, y en esta parte es en donde el presente trabajo aporta, no solamente en la reducción de los costos de mantenimiento de carreteras por parte del gobierno y de algunas empresas privadas, sino que también minimizando ó muchas veces evitando el deterioro que los vehículos sufren en sus piezas de suspensión, llantas y rodamiento, al transitar por carreteras de terracería carreteras en mal estado, con daños parciales o totalmente destruidas por la temporada de lluvia.

El permitir que los vehículos se movilicen de un lugar a otro sobre una carretera en buenas condiciones, con el menor desgaste de las partes del vehículo, se estará aportando una solución a la economía del país y por consiguiente los recursos que se economicen en reparaciones y compra de repuestos, combustibles, etc., podrán invertirse en otras cosas para el beneficio de los dueños de los automóviles, así como para los empresarios que utilizan vehículos para el transporte de mercaderías, los cuales, al tener un menor costo, podrán ofrecer sus productos a un

precio más competitivo. El tiempo que se gana, también es otro valor agregado en la implementación de los resultados de la presente tesis.

Basándose en el razonamiento anterior, se motivó la búsqueda de otras soluciones, para lo cual se pensó en buscar la construcción de carreteras utilizando el doble tratamiento superficial incluyendo también la colocación de doble tratamiento en los hombros como capa de rodadura.

Con el presente trabajo se quiere demostrar que, si bien es cierto, se debe de invertir más en el tratamiento de la última capa de asfalto, con el transcurso del tiempo se obtienen economías significativas en el mantenimiento de la vía, ya que la vida útil de la carretera con doble tratamiento superficial incluyendo hombros será más prolongada; por lo consiguiente tendrá menor gasto en mantenimiento, lo que no ocurre con la asfaltada con doble tratamiento superficial en la pista central, pero con hombros solamente imprimados, los que se deterioran pronto y como consecuencia de que en estos empieza a filtrarse el agua de lluvia arruinando la capa de rodadura y así como el deterioro de los hombros imprimados en las entradas de las viviendas aledañas a la carretera, echando a perder la inversión que se hizo en esta, obligando a tener un mayor gasto de mantenimiento.

Por lo expuesto anteriormente y la experiencia que el Investigador del presente trabajo ha adquirido a través de los años en la construcción de carreteras en este tipo de clase de rodadura de doble tratamiento superficial, ha motivado a presentar este trabajo, con el fin de buscar una solución que satisfaga la necesidades de seguridad, comodidad y economía en el transporte de vehículos y que sea aprovechado por las municipalidades, empresas y otras instituciones que se dedican a construir carreteras.

ÍNDICE	PAGINA
1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
2.1 EVALUACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	4
2.2 DESDE EL MÉTODO	5
2.3 DESDE EL INVESTIGADOR	6
3. OBJETIVOS	7
3.1 OBJETIVO GENERAL	7
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
4. MARCO DE REFERENCIA	9
4.1 ANTECEDENTES	9
4.2 CONCEPTOS Y DEFINICIONES	11
4.3 EL TRATAMIENTO ASFALTICO SUPERFICIAL	12
4.4 MATERIALES	14
4.5 CONTROL DE TRANSITO	37
4.6 CONTROL DE CALIDAD	41
4.7 MEDIDA	42
4.8 PAGO	43
4.9 COSTO	45
5. ALCANCES, LIMITANTES Y UTILIDAD	47
5.1 ALCANCES	47
5.2 LIMITANTES	47
5.3 APORTES	47
6. HIPÓTESIS	49
7. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	51
7.1 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	51
7.2 INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS	51
7.3 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	52
8. ANÁLISIS	59
8.1 ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA ALTERNATIVA	59
9. CONCLUSIONES	63
10. RECOMENDACIONES	65
11. BIBLIOGRAFÍA	69
12. GLOSARIO	71

1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Desde el Año 1982, el Ministerio de Comunicaciones, transporte y Obras Públicas, hoy Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda, dejó de construir carreteras de doble tratamiento superficial en el ancho de rodadura con hombros simplemente imprimados y se dedicó a la construcción de carreteras de pavimento rígido y carpetas asfálticas en caliente, y hombros imprimados en algunos casos, con la finalidad de mejorar la de construcción en las carreteras pero a un costo altísimo.

El problema que se enfoca en solucionar en el presente trabajo es el siguiente:

“La forma de construcción actual de carreteras de doble tratamiento superficial en el ancho de rodadura, sin incluir los hombros; demostrando que, al hacerlo de esta manera, el costo de mantenimiento a largo plazo es mayor que el costo que se ahorra en no incluir doble tratamiento superficial en los hombros al momento de su construcción y solicitar una revisión general del bombeo y pendiente longitudinal es decir en el diseño y normas.”

Para ello se desarrollara el análisis comparativo de costos (aplicación y mantenimiento) de carreteras con hombros imprimados en carreteras con hombros con doble tratamiento superficial, con el afán de proponer una alternativa económicamente viable para el desarrollo de la red vial en Guatemala; buscando extender la vida útil de ésta, mediante la utilización de doble tratamiento superficial incluyendo sus hombros, como se demostrará que es la mejor opción con un menor costo de mantenimiento y de mayor durabilidad, y así contar con una opción real a la problemática vial del País.

2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Tomando en consideración que en la actualidad no se cuenta con un estudio que compare, analice o investigue los distintos sistemas de construcción de carreteras, en especial el presente estudio que, es específicamente, para comparar la utilización de doble tratamiento superficial con hombros simplemente imprimados con la de hombros aplicándole doble tratamiento superficial, considerando que es extremadamente interesante y necesario ya que conlleva una mayor economía a largo plazo, ya que se alarga la vida útil de la carretera, con menor mantenimiento.

El presente trabajo es importante para la economía del país, ya que muchas personas que utilizan estas vías de comunicación ahorrarán costos en el mantenimiento de sus vehículos por conceptos de llantas, gasolina, piezas de suspensión y rodamiento, así como tiempo de traslado.

Así mismo, las empresas, las entidades gubernamentales y municipales encargadas de la construcción y mantenimiento de carreteras en el país se verán beneficiadas al poder reducir considerablemente los costos de mantenimiento de las carreteras, pudiendo utilizar esos recursos en otro tipo de inversión útil para la sociedad.

Por último, las empresas que transportan sus productos para comercializarlos de un lugar a otro, bajarán sus costos de operación, pudiendo tener economías que les permitan poner precios más competitivos, beneficiando así a la sociedad.

Para realizar este trabajo, se deben conocer perfectamente los métodos de construcción de carreteras, experiencia en la construcción y la utilización de los distintos métodos de análisis económico.

2.1 EVALUACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 DESDE EL PROBLEMA

2.1.1.1 Sobre su conveniencia é importancia

Se realizará la evaluación económica Financiera en la colocación de carpetas de doble tratamiento superficial en carreteras en todo el ancho de la sección típica, pues se demostrará, que ésta es una opción económicamente viable y repercute en la economía del país, comparada con la aplicación actual de dejar el hombro solamente imprimado. Se demostrará que el aumento del costo en la construcción de carreteras al añadir la aplicación del doble tratamiento en el área de hombros imprimados para darle mejor protección y ensanchar el ancho de rodaje a la carretera, se obtiene una reducción mayor en los costos de mantenimiento, así como una mejor vista, seguridad y comodidad al usuario de la carretera-

2.1.1.4 Relevancia Social

Se demostrará que con la aplicación de carpeta de doble tratamiento superficial en las carreteras es la mejor forma desde el punto de vista económico ya con el presupuesto que asigna el Gobierno Central para el desarrollo de obras de infraestructura, permitirá ampliar la cobertura de la red vial, dándole la oportunidad a distintas comunidades a optar al desarrollo de los poblados, construyendo vías de comunicación de este tipos y ampliar la vida útil de la red vial.

2.1.1.6 Utilidad metodológica

Se busca utilizar los métodos para la evaluación económica-financiera de la aplicación de carpetas de doble tratamiento superficial, y brindar los pasos y método que ayuden al profesional

de la construcción a realizar cuantificaciones económicas de sus proyectos viales.

2.2 DESDE EL MÉTODO

Podemos contemplar dos aspectos que nos pueden ayudar en nuestra investigación siendo estos los siguientes:

2.2.1 Acceso a las fuentes de información

Dentro de este rubro podemos considerar dos fuentes importantes como lo son: la de Gabinete y la de Campo.

2.2.2 Bibliográficas

Como acceso a las fuentes de información podemos considerar: Bibliográficas y Electrónicas.

Dentro de la bibliográficas contamos con Bibliotecas ya sea de Instituciones Gubernamentales, o privadas que se dedican al Diseño, construcción, supervisión de carreteras, así como Tesis, Boletines, Revistas estudios financieros y económicos.

Dentro de las electrónicas contamos con información vía Internet y satelital.

2.2.3 De campo

Dentro de estos podemos contemplar los estudios de suelos, hidrográficos, climáticos, estratigráficos, etc., además debemos contar con equipo de laboratorio para asfaltos y agregados.

2.2.4 Parámetros para la investigación

Para realizar una investigación científica que nos sirva de base para tomar decisiones en escoger la utilización de un asfalto de doble tratamiento superficial incluyendo los hombros, en comparación con un asfalto de doble tratamiento superficial pero con los hombros solamente imprimados, tenemos que tomar en cuenta lo siguiente:

Su costo, durabilidad y mantenimiento.

2.3 DESDE EL INVESTIGADOR

El investigador debe de tener una formación académica relacionada con el tema, así como conocimientos sólidos y experiencia en la construcción de carreteras tratadas con asfaltos tanto rígidos como flexibles, ya que esto le dará un panorama más amplio del tema que está investigando, así como contar con amplio criterio para no inclinarse a la utilización de determinado tipo de asfalto, por último contar con el equipo y talento humano necesario para desarrollar la investigación.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Disminuir los costos de mantenimiento, y prolongar la vida útil de las carreteras nacionales, a través de la recuperación de la práctica de construcción de carreteras en el país que incluyan doble tratamiento superficial hasta los hombros, así como en la capa de rodadura.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

4.2.1 Recuperar el procedimiento de la aplicación de carpetas de doble tratamiento superficial en los hombros en la construcción de carreteras por parte del Ministerio de comunicaciones, obras Públicas, empresas constructoras privadas y las municipalidades del país.

4.2.2 Desarrollar una herramienta útil para realizar la evaluación económica-financiera de proyectos de construcción de carreteras de este tipo de rodadura.

4.2.3 Demostrar las ventajas de la utilización del método de aplicación de carpetas de doble tratamiento superficial, incluyendo los hombros, en la construcción de carreteras.

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1. ANTECEDENTES

Según datos históricos de La Dirección General de Caminos, en 1,937 la red vial, en la República de Guatemala, era de apenas 5,366 kilómetros de terracería, transcurrido el tiempo el Gobierno ha invertido en la ampliación de la misma, de tal manera que para el año 2003, la red aumentó a 23,457 Km, y se espera que para finales de este año 2,009, la red vial sobrepase los 26,000 km. De estas un 70% está constituido por carreteras terciarias (balasto y terracería) y el 30% restante de carreteras están construidas con pavimento rígido y flexible.

Dentro de las dependencias El Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda que tiene bajo su jurisdicción, está la Dirección General de Caminos, cuya función principal, antes de 1982, era la planeación y construcción de carreteras en Guatemala, las cuales se clasifican en carreteras de primer orden, segundo orden, municipales y caminos entre aldeas, según el ancho del derecho de vía y su importancia y mantenimiento a través de las zonas viales.

En el año de 1940 se inicia la aplicación de asfalto en éstas carreteras siendo la primera la del tramo Guatemala – Palín, utilizándose para ese momento la construcción de carreteras con hombros imprimados y pista central con doble tratamiento superficial.

La Dirección General de Caminos dio inicio a sus operaciones formales en un edificio que se ubicaba en la 7 avenida sur y 17 calle oriente (hoy Zona 1), posteriormente se traslada a un edificio de la Ciudad Olímpica en la zona 4, y finalmente es trasladada al edificio que ocupa actualmente en la zona 13, organizándose en Divisiones, Departamentos y Secciones; dentro de ellas se

tenían: carreteras, puentes, laboratorios de suelos, y otras dependencias. Dicha dirección llega a su esplendor en 1982, teniendo en su haber equipo y maquinaria pesada, un personal capacitado, así como escuela de formación especializada en carreteras y puentes en el tiempo de su máximo apogeo, pudiendo hacerle frente a la construcción de carreteras y dándole el mantenimiento a las mismas. En este mismo año de 1982 se da inicio a la construcción de carreteras a través de la contratación de compañías privadas, al igual que para la Supervisión de estos proyectos. Pasando a ser la Dirección General de Caminos un ente administrador y no ejecutor.

Por el grado de deterioro por la que atravesó la red vial y las limitaciones de recursos, maquinaria y equipo en el año de 1,994, el Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda Transporte y Obras Públicas, crea el programa de Mantenimiento de carreteras y limpieza por Contrato, COVIAL, con el propósito de mejorar el estado físico de la red vial. El proyecto de Limpieza comprende la ejecución de trabajos de mantenimiento en tramos carreteros de la Red Vial Pavimentada del país, y consiste en la limpieza permanente de la superficie de rodadura, hombros, derecho de vía, drenajes transversales y longitudinales, remoción de pequeños derrumbes, control de la vegetación en el derecho vía así como, la limpieza de la señalización vertical y bardas de protección, pintura de bordillos, poda de árboles y reforestación de el área verde del derecho de vía en donde sea factible. Todos los trabajos de mantenimiento deben ser ejecutados antes de que sobrepasen los límites admisibles de conservación. La Red Vial Pavimentada Nacional, se segmentó en tramos delimitados entre poblaciones con un promedio de 30 kilómetros de longitud para asignarlos a las compañías constructoras.

En la actualidad la red vial de la República de Guatemala se encuentra en malas condiciones, debido a la fuerte suma de dinero que requiere su

mantenimiento y a la poca de asignación actual de recursos económicos por parte del Gobierno Central. Uno de los factores que se toman en cuenta para la medición del desarrollo de una nación lo constituye el tamaño de su infraestructura, por lo que, contando actualmente con una red vial en mal estado, nos coloca con una clasificación de país subdesarrollado.

El Gobierno Central de Guatemala, con el limitado recurso asignado a la red vial, ha realizado proyectos viales de carreteras con hombros imprimados, que si bien es cierto, la inversión inicial es menor, sus costos de mantenimiento anual hacen que sea una opción más cara en el largo plazo. Éste es el estudio específico del tema de esta tesis; pues se recomienda que se tome en cuenta el de colocar doble tratamiento también al hombro imprimado a la mayoría de carreteras existentes, así como implementar esta técnica en las nuevas obras a contratar de manera obligatoria y no opcional.

4.2. CONCEPTOS Y DEFINICIONES

El Tratamiento Superficial Asfáltico, aplicado en una carretera como rodada final consiste en una capa de mezcla de pedrín y asfalto de espesor de 5 centímetros, aplicado a una superficie trabajada en capas (estructura de pavimento), y tiene como objetivo impermeabilizar y mejorar la textura superficial.

En sí, el tratamiento superficial consiste en la colocación de diferentes capas uniformemente conformadas por riegos sucesivos y alternados de asfalto y pedrín de diferente graduación. Y dependiendo del número de capas que se coloquen en la carretera, así se le llamará al tratamiento superficial, simple, si es una sola capa y doble si son dos capas, triple si son tres y así sucesivamente; los cuales proporcionan al pavimento la resistencia al desgaste y suavidad para el rodaje de los vehículos; Es común que

únicamente se apliquen dos capas de agregado a las carreteras, por razones de costo-Durabilidad.

Los tratamientos asfálticos pueden ser

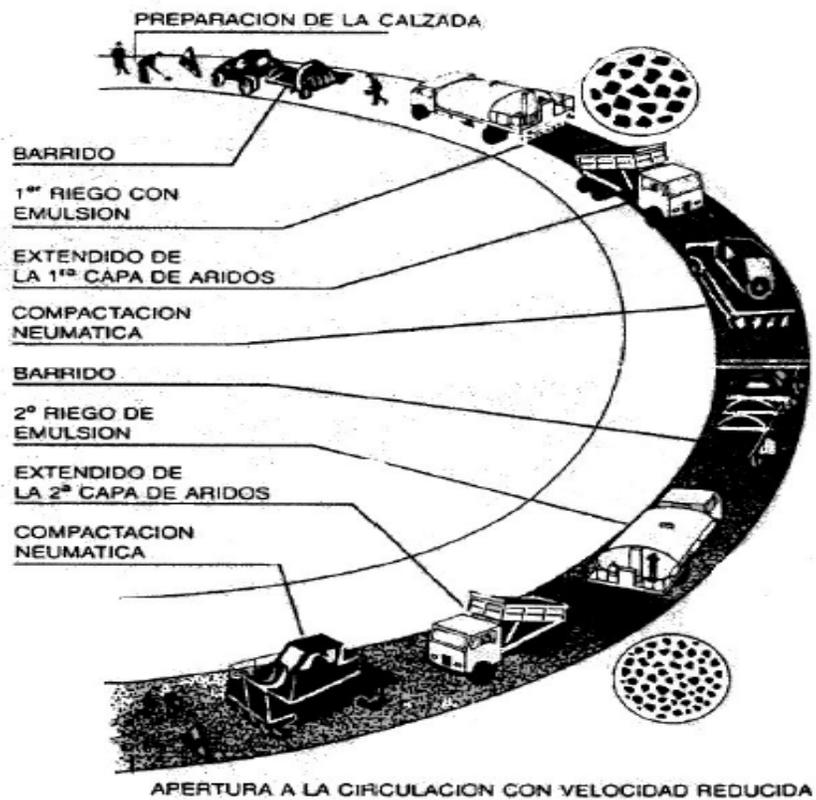
Tratamiento simple	una sola aplicación de asfalto y una aplicación de Agregado triturado (Piedrín)
Doble tratamiento	Doble Aplicación de asfalto y agregado
Triple tratamiento	Triple aplicación de asfalto y agregado

El costo inicial de aplicar un tratamiento superficial en una carretera es bajo y de allí la razón de la preferencia de este tipo de rodadura en todo el mundo, siempre y cuando el tránsito que circule sobre él sea bajo tanto en número como en peso, y que no sea mayor de 800 vehículos diarios, y si así es, se considera una buena inversión en virtud de que los costos de operación vehicular gasto de combustible, lubricantes, llantas repuestos son menores que los costos ocasionados al viajar en vehículo en una superficie rústica de balasto.

4.3 EL TRATAMIENTO ASFALTICO SUPERFICIAL.

Es la capa de revestimiento de riegos sucesivos y alternos de material bituminoso y agregados pétreos triturados de tamaño similar en capas esparcidas uniformemente, las que por medio de un proceso de colocación y compactación, son acomodados y orientados para conseguir que su acomodación sea la más densa. Esta capa ya en su posición final es la destinada a recibir directamente la carga del tránsito, proporcionando al pavimento las condiciones básicas necesarias para su durabilidad que son la impermeabilidad, resistencia al desgaste, suavidad y tesura para el rodaje de los vehículos que hagan uso de este pavimento.

Figura 4.3 Proceso de construcción de una carretera
Tomado de la Universidad Católica del norte Chile



4.4 MATERIALES

Requisitos de los materiales

4.4.1 Agregados.

Los agregados pétreos para tratamiento superficial deben ser partículas duras y durables provenientes de la trituración de la grava o piedra de buena calidad, debiendo llenar los requisitos que indica las Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes siendo los siguientes:

4.4.2 Abrasión

Esta es la prueba que se le hace al agregado para verificar su dureza al desgaste del paso de los vehículos sobre él y hay una limitante que No debe ser mayor a 35% a 500 revoluciones en la máquina de los Ángeles, porcentaje de desgaste por abrasión, de acuerdo con la norma AASHTO T96.

4.4.3 Desintegración al sulfato de sodio

Es otra prueba que se le efectúa al agregado para su dureza. Esta No debe tener una pérdida de peso mayor del 12% al ser sometidos a cinco ciclos, en el ensayo AASHTO T104.

4.4.4 Caras Fracturadas, Partículas Planas o Alargadas

El agregado a producirse debe tener por lo menos una cara fracturada para que encaje con las otras partículas de agregado. Estas caras fracturadas no deben ser

menores del 75% en peso, de las partículas de los agregados y deben de tener por lo menos una cara fracturada, y otra limitante es de no debe de haber en estos agregado no más del 10% en peso, de partículas planas o alargadas según ASTM D 4791, una partícula alargada es aquella que tiene más de 10 veces de largo que su dimensión más angosta. No se permite que abunden porque estas partículas se quebrarían y cambiara la granulometría inicial y perjudicara la duración del pavimento.

4.4.5 Impurezas y Polvo

Es recomendable que el agregado pétreo a utilizar debe estar exento de materia orgánica, vegetal, basura, terrones de arcilla, polvo u otras sustancias que, incorporadas en la capa de tratamiento, puedan producir fallas en el pavimento. Cuando esta recomendación no sea técnicamente factible lograr una limpieza total del polvo, se aceptará el agregado que no tenga más del 0.75% de material que pase el Tamiz 0.075 mm (No 200) de acuerdo al ensayo AASHTO T11. Cuando excede de este porcentaje de impurezas sucede que estas impiden que el material bituminoso pegue con el material pétreo y debilitan la función del tratamiento superficial y además dejara depresiones en la superficie del tratamiento superficial y en tiempo de invierno no drenará el agua de lluvia a las cunetas.

4.4.6 Peso

Las partículas de agregados pétreos deben ser uniformes en calidad y densidad y el peso unitario debe tenerse cuidado que no sea ser menor de 1,280 Kg/m³ (80 lb/pie³) según AASHTO T19.

4.4.7 Resistencia al Desvestimiento

Las partículas del agregado de este tratamiento superficial debe ser que al recubrirlos completamente con materiales bituminosos que se contraten, este agregado no presenten evidencia de estar descubiertas del material bituminoso, es decir que debe permanecer más del 70% de las partículas de agregado perfectamente cubiertas con este material bituminoso y al efectuar este ensayo a la inmersión en agua a 60°C como indica la Dirección General de Caminos de Guatemala (DGC), y si quedaran descubiertas mas partículas de material pétreo, que las admitidas por esta especificación, deberá usarse aditivos como agentes antidesvestimiento.

4.4.8 Graduación

Los agregados pétreos que sean utilizados deberán entrar con los requisitos de graduación requerida, según AASHTO M43, que se indican a continuación en la siguiente tabla 4.1. La graduación para cada riego ya viene definida en el contrato de trabajo.

Tabla 4.1

Graduación de los Agregados para Tratamientos Superficiales (AASHTO M43)

Tamaño de Tamiz	No 6	No 7	No 8	No 9	No 10
	25.4 mm (1")	19 mm (3/4")	12.5 mm (1/2")	9.5 mm (3/8")	4.75 mm (No 4)
25.0 mm	100				
19.0 mm	90-100	100			
12.5 mm	20-55	90-100	100		
9.50 mm	0-15	40-70	85-100	100	
4.75 mm	0-5	0-15	10-30	85-100	100
2.36 mm		0-5	0-15	10-40	85-100
1.18 mm			0-5	0-15	
0.300 mm				0-5	
0.150 mm					10-30

Tabla tomada de el Libro especificaciones generales de construcción de carreteras y puentes (Libro Azul).

Para tratamientos superficiales simples se pueden usar las graduaciones No 6, 7, 8 o 9. Para tratamientos superficiales dobles, se podrán utilizar las siguientes 3 combinaciones:

1. Espesor total de 12.5 mm (1/2") 1° riego, graduación N° 8 y 2° riego, graduación N°9.
2. Espesor total de 15.9 mm (5/8") 1° riego, graduación N° 7 y 2° riego, graduación N°9.
3. Espesor total de 19.0 mm (3/4") 1° riego, graduación N° 6 y 2° riego, graduación N°8.

Regularmente la combinación No 3 es la más recomendable y que más se usa en la República de Guatemala, a ésta se le denomina normalmente Riegos de Grado uno y grado cuatro.

Para tratamientos superficiales triples, se utilizan las siguientes combinaciones.

1. Espesor total de 12.5 mm (1/2") 1° riego, graduación N° 8 y 2° riego, graduación N°9 y 3° riego, graduación N° 10.
2. Espesor total de 15.9 mm (5/8") 1° riego, graduación N° 7 y 2° riego, graduación N°9 y 3° riego, graduación N° 9.
3. Espesor total de 19.0 mm (3/4") 1° riego, graduación N° 6 y 2° riego, graduación N°8 y 3° riego, graduación N° 9 .

Esta serie de combinaciones de triple tratamiento no son muy usadas porque queda una superficie de rodadura muy lisa y puede provocar problemas de tránsito con deslizamientos, salvo que se requiera de reforzar a sellar pequeños tramos de tratamiento superficial que tengan fallas de colocación del mismo y que sean tolerables estos tramos y si no es así deberá levantarse el tramo a costa del contratista.

4.4.9 Material Bituminoso

El tipo, grado de especificación y temperatura de aplicación del material bituminoso a usar, se presentaran en la siguiente tabla 2, según indica las Disposiciones Especiales en base al estudio de campo, condiciones climatológicas de la región en donde se tratara la carretera y pruebas de laboratorio.

Tabla 4.2
Requisitos para el material Bituminoso

Tipo y Grado de Material Bituminosos	Especificación AASHTO	Temperatura de aplicación en °C
Cementos Asfálticos	AASHTO M 226	
Graduación por viscosidad		>031
AC-2.5		>041
AC-5		
Graduación por Penetración	AASHTO M 20	>130
200-300		>130
120-150		
Emulsiones Asfálticas	AASHTO M 140	
Tipo y Grado de Material Bituminosos	Especificación AASHTO	Temperatura de aplicación en °C
Aniónicas		
RS-1		20-60
RS-2		50-85
MS-1		20-70
FMS-1		20-70
Catiónicas	AASHTO M 208	
CRS-1		50-85
CRS-2		50-85

Tabla tomada de el Libro especificaciones generales de construcción de carreteras y puentes (Libro Azul).

En los tratamientos superficiales simples se deben utilizar únicamente los siguientes materiales bituminosos, según la graduación especificada

- 1. Graduación No 6**
Cementos asfálticos
Emulsiones Asfálticas RS-2 y CRS-2
- 2. Graduación No 7**
Cementos Asfálticos
Emulsiones asfálticas RS-1 RS-2 CRS-1 y CRS-2
- 3. Graduación No 8**
Cementos Asfálticos
Emulsiones asfálticas RS-1 RS-2 CRS-1 y CRS-2
- 4. Graduación No 9**
Emulsiones asfálticas RS-1 CRS-1 MS-1 y HFMS-1

Para tratamientos superficiales dobles y triples, se podrán utilizar los materiales bituminosos indicados en la tabla 2, excepto las emulsiones MS-1 y HFMS-1 sólo se podrán utilizar para tratamientos simples o en el riego final de los tratamientos dobles y triples cuando se use graduación No 9

4.4.10 Requisitos de Construcción

Producción del material pétreo. Antes de iniciar la explotación de una cantera o banco de materiales, debe verificarse y confirmar con pruebas de laboratorio que el material a explotarse se encuentra entre especificaciones y al comprobarse la calidad del material se deberá a procederse a la explotación. Y para ello debe iniciarse con la limpieza del banco, se debe de eliminar la vegetación, así como las capas de materia orgánica, basura y arcilla que pueda contaminar el material a triturarse. La trituración debe realizarse en planta, en circuito cerrado de repaso, evitando la laminación del material. La graduación debe lograrse en la planta de trituración. La planta de trituración debe estar acondicionada con un sistema de clasificación adecuado, con el número y tipo de zarandas para lograr la granulometría especificada, y con sistema de lavado para lograr agregados limpios. El contratista debe efectuar el control continuo de laboratorio, sobre la calidad y características del material producido y efectuar inmediatamente las correcciones necesarias para obtener el material a utilizarse de conformidad con las especificaciones indicadas. El material producido puede apilarse y almacenarse en el área de la planta si este es grande, o bien puede acarreararse para apilarse y almacenarse en lugares estratégicamente localizados, mejor si son áreas municipales ó

comunales y debe evitarse el excesivo manipuleo para evitar la degradación del material y además debe cubrirse este material pétreo del polvo, si el apilamiento se hace cerca de caminos de tierra o de la carretera en construcción.

4.4.11 Preparación y delimitación de la superficie a tratar

Barrido de la Superficie

Previamente a la aplicación de cada riego de material bituminoso, debe hacerse un recorrido del personal de inspección conjuntamente el Contratista y la Supervisión, del tramo de base ya trabajada y lista para ser imprimada, debe retirarse de la superficie a tratar, todo el material suelto y extraño, por medio de un barrido, utilizando barredora mecánica, escoba giratoria y fuelle mecánico. Tanto la escoba como el fuelle deben estar diseñados especialmente para lograr una limpieza eficiente, sin dañar la superficie. El fuelle debe ser capaz de ajustarse para que sople, y este barrido y sopleteado se efectúa del centro de la carretera a los borde exteriores de la carretera. Todo este equipo debe estar provisto de sistemas con ruedas de llantas neumáticas y calibradas adecuadamente para no dejar huellas en la superficie a tratar. Cuando sea el primer riego de material bituminoso debe humedecerse ligeramente la superficie de la base

compactada adecuadamente para asentar el poco polvo que puede quedar ya que si queda polvo este se apelmaza con el material bituminoso, dejando incompleta la permeabilización. Cuando se trate de la segunda o tercera aplicación, debe barrerse y retirarse el exceso de agregado del tratamiento anterior y lavar con agua la superficie del tratamiento superficial anterior. Debe efectuarse estos trabajos de preferencia en las primeras horas de la mañana y en las últimas de la tarde porque como todavía no está totalmente curada la superficie con el calor del sol tienden, estas capas del material bituminoso se ablandan y puede separarse el material pétreo del material bituminoso.

Revisión de la Superficie

Previamente a trabajar un tramo de base imprimada ya curada debe efectuarse una inspección ocular al tramo y que haya sido barrida y lavada con agua limpia la superficie, se debe proceder a inspeccionarla ocularmente a fin de observar si no presenta grietas, baches, excesos de humedad, descascarados, depresiones, laminas (estas aparecen cuando se hacen ajustes de material menores de 10 centímetros y por diferencia de humedades no se integra el material de ajuste a la capa y trata de desprenderse, con un bastón de madera se puede detectar esta laminación y se asemeja a una milloja de pastel); o alguna condición que pueda perjudicar la uniformidad y efectividad del tratamiento superficial y deberá a procederse a una corrección a

costa del Contratista. Se insiste que no debe aplicarse la primera capa de Tratamiento Superficial antes de que hayan pasado 3 días de haber sido aplicada la imprimación a la capa de Base ya que no está completamente curada la imprimación.

Delimitación de la Superficie

Para delimitar la superficie a tratar, se debe utilizar un cordel o marcar con pintura, la línea que indique el borde a lo largo de la misma y que además debe servir de guía para el conductor del camión de distribución del material bituminoso. En los extremos de la sección a tratar, se debe colocar una faja de papel de construcción, en todo el ancho sujetándolo a la superficie, para que el derrame de exceso de material bituminoso de las boquillas de la barra distribuidora de asfalto al iniciar y al terminar el riego no caiga fuera del lugar, es decir debe caer en papel construcción.

Protección de las Estructuras Adyacentes.

Las superficies de todas las estructuras y construcciones adyacentes del área que se va a tratar, deben de protegerse adecuadamente para evitar su salpicadura de material bituminoso o daño. En caso de que esto ocurra, el contratista debe a su propia costa remover el material y reparar todos los daños.

Requisitos del Clima.

Se permitirá regar material bituminoso cuando la temperatura del medio ambiente sea mayor de 15 ° C y se encuentre en ascenso. No se permitirán riegos de material bituminoso cuando esté lloviendo ó cuando haya amenaza de lluvia ó cuando la superficie de la base se encuentre húmeda. De preferencia la aplicación de los tratamientos superficiales se deberán programar y efectuar durante la época seca de la zona donde se localice el proyecto.

4.4.12 Preparación del material bituminoso.

Tanques De almacenamiento y Equipo

El contratista debe de contar con la maquinaria y el equipo indispensable, de transporte necesarios, instalaciones adecuadas y tanques de almacenamiento para el material bituminoso a utilizarse, debiendo éstos estar localizados en lugares estratégicos de fácil acceso, y protegidos contra incendio y anegaciones de agua.

Calentamiento del Material Bituminoso

El equipo de calentamiento, ya sea fijo o móvil, debe de tener la capacidad adecuada para calentar el material a utilizar, sin dañarlo, debe de contar con un sistema circulante de serpentines que permita evitar el contacto directo de las llamas del quemador con las paredes del tanque, la superficie de los serpentines, tubería o ductos por donde circule el material bituminoso.

Cantidades de aplicación del material bituminoso y del agregado

La cantidad de aplicación del material bituminoso y los agregados será la indicada en las Disposiciones Especiales, o la que ordene el Delegado Residente, de conformidad con las tablas siguientes, según la aplicación de que se trate, el tipo y grado de material bituminosos a usar y la clase, cantidad de aplicación y graduación del agregado.

Tabla 4.3.1
Cantidad de Material Bituminoso y Agregados para Tratamientos Simples

Graduación	Tipo de Material Bituminosos	Cantidad de Cementos asfáltico o emulsión (Lot/m ²)	Cantidad de Agregado (Kg/m ²) ¹
N° 6	Cemento Asfáltico	1.6-2.0 (0.42-0.53 gal/m ²)	22-27
	RS-2CRS-2	1.8-2.3 (0.48-0.61 gal/m ²)	
N° 7	Cemento Asfáltico	0.9-1.4 (0.24-0.37 gal/m ²)	14-16
	RS-1, CRS-1	1.4-2.0 (0.37-0.53 gal/m ²)	
	RS-2, CRS-2		

Tabla tomada de el Libro especificaciones generales de construcción de carreteras y puentes (Libro Azul). **Tabla 4.3.2**

¹ Las cantidades de agregado por metro cuadrado corresponden a agregados con una gravedad específica bulk de 2.65, determinada de acuerdo con AASHTO T84 y AASHTO T85. Se deben hacer correcciones proporcionales cuando el agregado suministrado tenga una gravedad específica bulk mayor de 2,75 o menor de 2.55

Cantidad de Material Bituminoso y Agregados para Tratamientos Simples

Graduación	Tipo de Material Bituminosos	Cantidad de Cementos asfáltico o emulsión (Lot/m ²)	Cantidad de Agregado (Kg/m ²) ²
N° 8	Cemento Asfáltico RS-1, CRS-1 RS-2, CRS-2	0.7-1.1 (0.18-0.29 gal/m ²) 0.9-1.6 (0.24-0.42 gal/m ²)	11-14
N° 9	RS-1, CRS-1 MS-1, HFMS-1	0.7-0.9 (0.18-0.24 gal/m ²)	08-11

Tabla tomada de el Libro especificaciones generales de construcción de carreteras y puentes (Libro Azul).

² Las cantidades de agregado por metro cuadrado corresponden a agregados con una gravedad específica bulk de 2.65, determinada de acuerdo con AASHTO T84 y AASHTO T85. Se deben hacer correcciones proporcionales cuando el agregado suministrado tenga una gravedad específica bulk mayor de 2,75 o menor de 2.55

Tabla 4.4**Cantidad de Material Bituminoso y Agregados para Tratamientos Dobles**

Espesor Total del Tratamiento	Número de Aplicación	Número de Graduación	Error! Hyperlink reference not valid. ³	Error! Hyperlink reference not valid. ⁴
12.5 mm (1/2")	1° aplicación	N° 8	0.9-1.4 (0.24-0.34 gal/m ²)	14-19
	2° aplicación	N° 9	1.4-1.8 (0.34-0.48 gal/m ²)	5-8
15.9 mm (5/8")	1° aplicación	N° 7	1.4-1.8 (0.34-0.48 gal/m ²)	16-22
	2° aplicación	N° 9	1.8-2.3 (0.48-0.61 gal/m ²)	8-11
19.0 mm (3/4")	1° aplicación	N° 6	1.6-2.3 (0.42-0.61 gal/m ²)	22-27
	2° aplicación	N° 8	2.3-2.7 (0.61-0.71 gal/m ²)	11-14

Tabla tomada de el Libro especificaciones generales de construcción de carreteras y puentes (Libro Azul).

³ En las emulsiones, por el efecto del menisco al evaporarse el agua, el contenido de cemento asfáltico se podrá reducir hasta en un 15% de los valores indicados en esta columna, debiendo calcularse el punto de riego de emulsión según dicho contenido de cemento asfáltico de acuerdo con el certificado del lote proporcionado por el proveedor según el grado y tipo de emulsión especificado en cumplimiento de las especificaciones AASHTO M140 y M 208

⁴ Las cantidades de agregado por metro cuadrado corresponden a agregados con una gravedad específica bula de 2.65 determinada de acuerdo con AASHTO T 84 y AASHTO T 85. Se deben hacer correccionales cuando el agregado suministrado tenga una gravedad específica bula mayor de 2.75 o menor que 2.55

Tabla 4.5

Cantidad de Material Bituminoso y Agregados para Tratamientos Triples

Espesor Total del Tratamiento	Número de Aplicación	Número de Graduación	Error! Hyperlink reference not valid.	Error! Hyperlink reference not valid.
12.5 mm (1/2")	1° aplicación	N° 8	0.9-1.4 (0.24-0.34 gal/m ²)	14-19
	2° aplicación	N° 9	1.1-1.6 (0.29-0.42 gal/m ²)	5-8
	3° aplicación	N° 10	0.9-1.4 (1.24-0.37 gal/m ²)	
Espesor Total del Tratamiento	Número de Aplicación	Número de Graduación	Error! Hyperlink reference not valid.	Error! Hyperlink reference not valid.
15.9 mm (5/8")	1° aplicación	N° 7	0.9-1.4 (0.24-0.37 gal/m ²)	16-22
	2° aplicación	N° 8	1.4-1.8 (0.37-0.48 gal/m ²)	8-11
	3° aplicación	N° 9	0.9-1.4 (0.24-0.37 gal/m ²)	
19.0 mm (3/4")	1° aplicación	N° 6	1.1-1.6 (0.29-0.42 gal/m ²)	22-27
	2° aplicación	N° 8	1.4-1.8 (0.37-0.48 gal/m ²)	11-14
	3° aplicación	N° 9	1.1-1.6 (0.29-0.42 gal/m ²)	

Tabla tomada de el Libro especificaciones generales de construcción de carreteras y puentes (Libro Azul).

Para cada riego la cantidad de agregados podrá estimarse dentro de los rangos indicados en las tablas anteriores, determinando el peso de los mismos al acomodarlos en su posición más densa, en una sola capa, en una bandeja con una superficie de un metro por lado. Regularmente para determinar este peso se hace en el campo recortando unas cuatro hojas de papel de construcción de un metro cuadrado cada una de ellas y colocándolas separadas en donde se trabajara, se pasa la máquina distribuidora de piedrín y si trata de colocar el agregado a tirar en una sola capa y que queden bien juntos los piedrines y con personas diferentes del laboratorio de suelos se determina con criterio que piedrines deben reintegrarse o retirarse en los límites del papel y luego se pesa el material y el resultado será la relación m^3/m^2 , con este dato se vuelve a repetir la operación con la máquina distribuidora de piedrín y los papeles de construcción y se calibra la distribuidora para que riegue la cantidad deseada.

El porcentaje de vacíos se podrá estimar midiendo la cantidad de agua requerida colocando varias bandejas de un metro cuadrado y se hará la misma operación de tirar con la distribuidora de piedrín y llenar dicha bandeja de un metro cuadrado hasta el nivel correspondiente a la parte superior de los agregados. Este porcentaje de vacíos aproximadamente fluctuará en el orden del 20%. La cantidad de asfalto se podrá estimar como la necesaria para llenar entre 67% (2/3) y 75% (3/4) de los vacíos cuando se use cementos asfáltico y entre el 55% y el 60% de los vacíos si se usa otro tipo de emulsificante, después de que se evapore el agua cuando se utilicen emulsiones asfálticas. Los valores indicados anteriormente pueden ser verificados nuevamente en el campo, colocando la bandeja descrita en la sección de prueba para verificar la calibración del equipo distribuidor de agregados y de asfalto.

En tratamientos múltiples, de conformidad con el procedimiento indicado anteriormente, se calculará la suma de cada una de las aplicaciones de material bituminoso y dicho total se distribuirá aplicando un 40% en el primer riego y un 60% en el segundo riego para los tratamientos dobles y un 30% en el primer riego,

un 40% en el segundo y un 30% en el tercero para los tratamientos triples. No obstante, estas proporciones podrán ser modificadas cuando exista una tendencia a que se registren afloramientos de material bituminoso, llamándole afloramiento cuando hay exceso de material bituminoso en la zona tratada. En éste caso, para un tratamiento doble, se aplicará un 55% de la cantidad total en el primer riego y un 45% en el segundo. Debe llevarse un control riguroso y minucioso de los diferentes riegos en los tramos a tratarse para evitar estos afloramientos que no solo dan mal aspecto sino que pueden ser peligrosos para un deslizamiento de los vehículos, para disminuir o aumentar el riego posterior y minimizar los afloramientos.

La cantidad de material bituminosa a aplicar se establecerá según su contenido de asfalto correspondiente al tipo y grado especificado para obtener las cantidades de asfalto indicadas en las tablas 4.4 y 4.5. El delegado Residente debe indicar con orden escrita, la cantidad de agregados así como de cemento asfáltico o de emulsión asfáltica que será aplicada en cada capa de la sección a tratar para cumplir con lo establecido en estas especificaciones.

4.4.13 Aplicación del Material Bituminoso.

La aplicación del material bituminoso puede ser efectuada cubriendo en la primera operación la mitad del ancho de la base a tratar. Luego en segunda operación debe cubrirse la otra mitad, pudiéndose dejar para operación posterior los sobre-anchos de las curvas. En todo caso deben efectuarse las correcciones necesarias en los traslapes, para evitar excesos de material bituminoso y que se traducirá en afloramientos.

La distribución del material bituminoso debe ser efectuada con un tanque distribuidor de asfalto a presión, equipado con sistemas de calentamiento. La unidad debe ser autopropulsada o estar compuesta por un tanque distribuidor remolcado con cabezal, en todo caso, con ruedas de llantas neumáticas y fuerza de propulsión suficiente para mantener una velocidad constante que permita el riego especificado. Debe de estar equipado con tacómetro en unidad de operación separada, adaptada al tanque distribuidor, graduado en unidades de velocidad de por lo menos 5 metros por minuto o su equivalente en sistema inglés y colocado para que el piloto del distribuidor lo pueda ver y leer fácilmente. En el sistema de distribución se debe conectar un tacómetro al eje de la bomba con indicador calibrado en revoluciones por minuto, de fácil lectura para el operador.

La barra de riego debe de permitir el ajuste de longitud con variaciones cada 300 milímetros en más o en menos hasta una longitud de 8 metros y ajuste vertical para variar la altura de todas las boquillas, así como mecanismos de fijación o de compensación en el sistema de suspensión para mantener constante la altura de la barra respecto a la superficie a tratar en toda la longitud de riego. La altura de la barra será fijada para permitir un traslape triple en el riego en abanico de las boquillas interiores. La alineación de las boquillas respecto al eje de las boquillas adyacentes. La barra y boquillas deben tener válvulas que proporcionen un cierre efectivo e inmediato al terminar la distribución y deben permanecer limpias sin atascarse, en las operaciones intermitentes. La

capacidad de la bomba del tanque distribuidor debe de ser no menor de 1000 litros (250 galones) por minuto y ser capaz de distribuir el material bituminoso en una corriente uniforme y constante a través de todas las boquillas, con presión suficiente para asegurar un riego parejo de acuerdo con la cantidad ordenada por el Delegado Residente.

El sistema de calentamiento para el material bituminoso debe proveer un calor uniforme para todo el material, con termómetros aislados, que no estén en contacto con los tubos de calentamiento. Cuando se use el sistema de calentamiento, el material bituminoso deberá estar circulando en el tanque y se debe evitar el calentamiento excesivo para evitar su degradación. El distribuidor debe contar además con una manguera con rociador anexo para cubrir las áreas que queden fuera del alcance de la barra o para efectuar correcciones.

Antes de proceder a cargar el tanque distribuidor con el material bituminosos a usar, debe inspeccionarse para determinar si no contiene residuos de un producto bituminosos distinto al que se usa en el riego. Si así fuese el caso, el Contratista debe proceder a lavar y limpiar perfectamente con el solvente adecuado y a remover con agua pura cualquier residuo de solvente, antes de cargarlo.

Antes de la aplicación del material bituminoso, se deben de inspeccionar las boquillas para asegurarse que todas funcionen libremente y se debe proceder a la calibración del distribuidor.

4.4.14 Aplicación de los agregados

Distribución de Agregados

Los agregados deben ser aplicados con uniformidad sobre la superficie. La cantidad de aplicación será ordenada por el Delegado Residente.

Esparcimiento de Agregados

Inmediatamente después de haberse iniciado la aplicación del material bituminoso, se debe proceder a esparcir el agregado pétreo sobre la superficie ya regada de material bituminoso. Para esta operación debe utilizarse un equipo esparcidor de agregados del tipo autopropulsado, con sistema de ruedas o llantas neumáticas de capacidad adecuada, tolvas, banda transportadora con tacómetro, para mantener una velocidad adecuada que permita un esparcimiento uniforme y constante del agregado, de acuerdo con la cantidad ordenada por el Delegado Residente. El equipo esparcidor debe de permitir el ajuste en el ancho, en variaciones cada 300 milímetros hasta una longitud de 8 metros y un ajuste vertical para variar la altura de caída del agregado a la superficie. El equipo esparcidor debe tener además zaranda vibratoria y sistema de ajuste del flujo del agregado, para poder esparcir la cantidad especificada por metro cuadrado. Antes de efectuar la aplicación de agregado sobre el riego asfáltico, debe calibrarse el equipo esparcidor.

Transporte de Agregados

El contratista debe tener disponibles suficientes camiones de volteo equipados con dispositivo para el enganche al distribuidor de agregados y así mantener la continuidad de la colocación del material pétreo sobre el material bituminoso. Los camiones deben tener una capacidad comprendida entre 10 y 18 metros cúbicos para su eficiente maniobra y acoplamiento al distribuidor, volcando suavemente el material al ser remolcados, y sin dañar la superficie tratada. Los camiones no deben pasar sobre el material bituminoso sin cubrir de agregado, por la razón de que levantarían la base imprimada. Los camiones que tengan fugas ó goteos de aceite deben ser retirados del área de trabajo por ser perjudicial para el tratamiento Superficial estos aceites.

Remoción y Compactación

Inmediatamente después de la distribución del agregado, debe procederse a remover el exceso si lo hubiese por medio de escoba de arrastre o manualmente con palas de extremo cuadrado, escobones y carretillas de mano ó cubrir y corregir las áreas descubiertas manualmente, procediéndose seguidamente a la compactación por medio de una pasada completa ida y vuelta con una Compactadora de rodillo metálico para dejar pareja la capa del material pétreo, si se observa que se está quebrando este material se deja de hacerlo y se efectúa la compactación con dos Compactadoras autopropulsadas de ruedas neumáticas, equipadas con un mínimo de 9 llantas y la presión adecuada en sus llantas.

La compactación debe iniciarse inmediatamente después de que los agregados hayan sido esparcidos debiendo mantenerse hasta que los

mismos se hayan acomodado completamente sobre el riego bituminoso y se suspenderá cuando el material bituminoso haya fraguado o endurecido y evitar romper su adherencia con los agregados, más o menos sucede a las ocho pasadas completas del equipo de compactación. Esta compactación debe iniciarse de los bordes exteriores hacia el centro de la superficie, exceptuando en las curvas donde se efectuará del borde inferior al superior, traslapando uniformemente las pasadas en fajas de la mitad del ancho de las llantas delanteras hasta cubrir la totalidad de la superficie. Antes de efectuar la siguiente aplicación en caso de tratamientos dobles o triples, no podrá hacerse el mismo día porque hay que barrer el exceso de material pétreo y la especificación indica que puede hacer un día después de la aplicación anterior.



Fig. 4.4.14 Acondicionamiento y explanación de los materiales
Foto tomada de la página www.citop.es



Fig. 4.4.14 Riego de emulsión
Foto tomada de la página www.citop.es



Fig. 4.4.14 Compactando el material pero sin vibrar
Foto tomada de la página www.citop.es

4.5 CONTROL DE TRÁNSITO

Durante todas las operaciones de aplicación de tratamiento asfáltico superficial, el Contratista debe de controlar el tránsito, señalizando y dirigiendo el mismo, controlando la velocidad, para evitar accidentes y deterioro del trabajo efectuado. Este control se le debe dársele ó poner énfasis porque depende de esta fase la presentación y duración del tratamiento superficial. La colocación del tratamiento Superficial en un Proyecto debe de iniciarse del punto más alejado he ir colocando el agregado en dirección al apilamiento o banco de materiales e ahí la importancia de buscar lugares estratégicos para apilamiento de materiales y la razón es no transitar el vehículo cargado de agregado sobre el tratamiento superficial colocado y entregado a la Supervisión.

4.5.1 Mantenimiento

El constructor debe de mantener la superficie tratada, hasta que se efectúe la siguiente aplicación de tratamiento. El mantenimiento incluirá la remoción del exceso de agregado, limpieza y reparación de grietas, baches y todos los desperfectos que presente la superficie antes de la siguiente operación, si el tramo a trabajar se revisa y se verifica que los daños, baches y desperfectos superan más del 35% del tramo es recomendable rehacer el tramo en referencia ya sea la base imprimada o la primera aplicación del tratamiento superficial.

No debe aplicarse un segundo o tercer tratamiento antes de las 24 horas de haber sido aplicado el inmediato inferior y siempre que el mismo haya curado y fraguado completamente, regularmente los constructores hacen un tramo de doble longitud que el tratamiento superficial inmediato inferior.

4.5.2 Corrección de Riego de Material Bituminoso y/o Agregados

Inmediatamente después de efectuado el riego tanto de material bituminoso y agregados se revisa el tramo y si aparecen áreas que no han recibido uniformemente estos material tanto bituminoso y/o los agregados, las mismas serán cubiertas inmediatamente usando rociador anexo al distribuidor, aplicando los agregados manualmente y compactando el área de nuevo.

4.5.3 Corrección de Grietas, Baches y/o Afloramiento

Si son pequeñas las grietas estas deben ser tratadas sellándolas con material bituminoso y cubriéndolas después con material secante si es en la base. Los baches pequeños deberán corregirse removiendo la parte defectuosa hasta la profundidad que sea necesaria, sustituyéndola con material de base con la humedad adecuada y compactando por capas, recubriéndola con una mezcla de agregados y material bituminoso y compactándola adecuadamente.

Los afloramientos que aparezcan, deben ser corregidos efectuando una aplicación adicional de agregado fino o arena la cual será debidamente compactada, tiene el inconveniente

de dejar la textura muy lisa y para carreteras con pendientes sería resbaladizo. Para que no aparezcan nuevos afloramientos deben hacerse las correcciones necesarias, en las cantidades de agregados y material bituminoso. También puede tratarse los afloramientos con arena pómez colocándola sobre estos y compactándola. La arena pómez procede como secante y habrá que repetir varias veces colocando esta arena sobre el afloramiento hasta que recoja este exceso de material bituminoso, este trabajo se recomienda efectuarlo entre las 11:00 y 15:00 horas, momentos en que hace más calor y el material bituminoso aflora mejor y la arena pómez funcionara mejor como secante.

4.5.4 Correcciones por Depresiones y Excesos

Todas las áreas de las superficies terminadas que sean defectuosas, que tengan juntas con material en exceso u ondulaciones o depresiones mayores de 20 milímetros como consecuencia de deficiencias en la colocación del tratamiento superficial o por incumplimiento en las tolerancias de superficie en la capa de base, deberán reemplazarse con una superficie satisfactoria, construida de acuerdo con las Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

4.5.5 Tolerancia en la aplicación del Material Bituminoso y de Agregados

La tolerancia permitida, para efectos de pago en las variaciones en exceso de estos materiales será del 5% de la cantidad ordenada por el Delegado Residente para cada riego

de material bituminoso como cada aplicación del material pétreo.

4.5.5 Tolerancia de Superficie final

La superficie terminada debe ser uniforme y estar dentro de lo indicado con los alineamientos horizontal, vertical y secciones típicas de los planos la tolerancia en más o menos es de 2 cm. Cuando la sección típica se presenta en relleno la pendiente longitudinal el diseño permite colocar 0.00 %, y la propuesta es no permitir, porque la combinación de la tolerancia que se permite en la colocación final del tratamiento Superficial y el bombeo de 3.00 % que indica para la Sección típica en el sentido transversal, permite que se empoce el agua de lluvia sobre la superficie tratada y esta perjudique a la capa de rodadura, se recomienda colocar pendiente longitudinal no menor de 0.5 % y el bombeo no menor de 4.00 % en rectas, y el peralte no menor del 4.00 %, recomendándose lo indicado cuando la sección este en corte las pendientes longitudinales no sean menores a las aquí indicadas y esta recomendación se extendería a las pendientes longitudinal a las obras de arte. Así también cuando haya que diseñar rasantes menores del 1.00 % tratar de no formar curvas cóncavas hacia arriba. Con estos cambios aquí propuestos, las carreteras con capa de rodadura de doble tratamientos serian más duraderas y solución para las vías de comunicación que tanto falta en el País.

4.6 CONTROL DE CALIDAD

4.6.1 Material Bituminoso

El contratista está obligado a presentar a la Supervisión cuando ésta lo exija, los certificados de calidad extendidos por el proveedor donde conste las características del material bituminoso correspondientes al grado, tipo, etc., especificado por lote de producción o embarque según sea aplicable.

4.6.2 Agregados

De los agregados se efectuarán ensayos periódicos así:

- 1) De cada banco o cantera del agregado se deben obtener dos muestras por cada día de producción y efectuarles los ensayos de graduación, peso unitario, gravedad específica y equivalente de arena correspondientes.

- 2) De cada banco o cantera, del agregado se deben efectuar ensayos de Abrasión, desintegración al Sulfato de sodio y Desvestimiento por cada 5,000 metros cúbicos de material producido.

En caso de que los ensayos no llenen los requisitos y previa verificación, el Contratista debe hacer las correcciones necesarias a su costa ó cambiar de banco de materiales.

4.7 MEDIDA

4.7.1 Material Bituminoso

La medida se hará de acuerdo del número de galones (USA) tipo de los Estados Unidos de América, a la temperatura de 15.6°C con aproximación de dos decimales, de Material Bituminoso para Tratamiento Superficial, ordenados, satisfactoriamente aplicados y aceptados, dentro de los anchos establecidos de la sección típica con las tolerancias establecidas conforme las Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes autorizados.

La medida del material bituminoso regularmente se hace atravesando el camión distribuidor en la sección típica de la carretera y estando a nivel el tanque distribuidor se toma la lectura de la cantidad de material que hay en el tanque distribuidores y la temperatura de este mismo material, inmediatamente antes y después de cada riego.

4.7.2 Agregado

La medida se debe hacer del número de metros cúbicos sueltos, con aproximación de dos decimales, de agregado para tratamiento asfáltico Superficial del tipo y grado correspondientes, satisfactoriamente colocados y aceptados dentro de los anchos establecidos de la sección típica y la longitud y con las tolerancias establecidas de lo ordenado y conformes las Especificaciones Generales, Disposiciones Especiales y planos correspondientes autorizados.

4.8 PAGO

4.8.1 Materiales Bituminosos

El pago se debe hacer por la cantidad de galones (USA) tipo de los Estados Unidos de América, medidos, colocados satisfactoriamente aplicados y aceptados, dentro de las tolerancias establecidas y conforme a los planos.

4.8.2 Agregado

El pago de este agregado, se debe efectuar por la cantidad de metros cúbicos medidos y ordenados, satisfactoriamente colocados y aceptados, dentro de las tolerancias establecidas y conforme a planos, especificaciones generales y disposiciones especiales, al precio unitario de contrato.

No se reconocerá ningún pago adicional por las correcciones de la superficie a tratar, sello de grietas, ni por los materiales bituminosos o agregados usados en esas correcciones, ni por otros defectos imputables al contratista. Tampoco se reconocerá pago adicional por la obtención, limpia y explotación de canteras o bancos, ni por ninguna otra operación para el suministro de estos materiales dentro de estas especificaciones incluyendo la aplicación de aditivos para el anti desvestimiento. Todos estos gastos y los demás implícitos para la ejecución de este trabajo, el Contratista deberá incluirlos dentro de los precios unitarios del contrato.

Tabla 4.6

Normas utilizadas en el tratamiento asfáltico superficial que indica el libro de Especificaciones Generales para construcciones de carreteras y Puentes es

REGLÓN	NORMA	REGLÓN	NORMA
Abrasión	AASHTO T 96	Viscosidad de las emulsiones Asfálticas	AASHTO T 59
Desintegración del sulfato de sodio	AASHTO T 104	Residuo por destilación de las emulsiones	AASHTO T 59
Polvo en agregado	AASHTO T 11	Punto de ablandamiento de emulsiones asfálticas	AASHTO T 53
Peso Unitario	AASHTO T 19	Penetración de emulsiones Asfálticas	AASHTO T 49
Graduación	AASHTO T 27	Punto de inflamación del cemento asfáltico	AASHTO T 48
Desvestimiento	Método de la DGC (Dirección General de Caminos)	Cemento Asfáltico	AASHTO M 20 y M226
Muestro de Asfalto	AASHTO T 40	Emulsiones Aniónicas	AASHTO M 140
Gravedad Específica	AASHTO T 84 y T 85	Emulsiones Catiónicas	AASHTO M 208
Viscosidad del cemento asfáltico	AASHTO T 201	Agregados	AASHTO M 43
Penetración del AC	AASHTO T 49		

Tabla tomada de el Libro especificaciones generales de construcción de carreteras y puentes (Libro Azul).

4.9 COSTO

Antes de iniciar la ejecución de un trabajo se debe de contar con todos los estudios previos para que el mismo tenga el éxito deseado, dentro de este estudio se encuentra su costo así como todo lo demás renglones y basa su importancia de que de antemano conoceremos si contamos con los recursos económicos necesarios para su ejecución, de tal manera que dentro de este se debe de tomar en cuenta todos aquellos factores que influyen directamente o indirectamente en su costo.

Como la propuesta de este trabajo es la utilización de doble tratamiento, en el estudio del tramo carretero a ser tratado, deberá investigarse el valor presente de la alternativa tanto sólo aplicando imprimación en los hombros como lo es el proyecto original y el valor presente de la propuesta de utilizar doble tratamiento en los hombros y así compararlos tomando en cuenta la ventaja de su durabilidad, que además de ésta podemos enumerar las siguientes:

1. El hombro podrá ser utilizado por los vehículos para estacionarse en caso de emergencias, ya que la anchura de la sección típica se extiende.
2. Proteger el hombro a su deterioro al paso de vehículos y peatones.
3. Proteger el hombro a su deterioro en accesos a viviendas y/o parcelas.
4. Proteger el hombro a su deterioro por causa de las lluvias.
5. Protección de la capa de rodadura a causa de penetración de agua de lluvia, evitando así la formación de baches en la base que luego se manifiestan en el deterioro de la capa de rodadura y por consiguiente en la destrucción de esta.

6. Al ser más duradera la capa de rodadura y por consiguiente los hombros se tendrá economía, pues las reparaciones se reducirán al mínimo.
7. Otra de las ventajas no menos importante es que se provocará que los vehículos tengan menos deterioro y por consiguiente menos gasto en combustible, repuestos, llantas, etc. Lo que vendrá en beneficio del país pues habrá menos fuga de divisas.

5 ALCANCES, LIMITANTES Y UTILIDAD

5.1 ALCANCES

El desarrollo del tema de tesis, se enfoca en la elaboración y el desarrollo de las bases para la evaluación económico-financiera de la aplicación de carpetas de doble tratamiento superficial en la construcción de carreteras.

Así mismo, mostrar las ventajas de la utilización de carpetas de doble tratamiento superficial en la construcción de carreteras y que puede colocarse en carreteras con pendientes longitudinales del 12%.

5.2 LIMITANTES

La no existencia y/o insuficiencias de estudios similares previos, agregando a esto la falta de voluntad en buscar opciones más económicas.

5.3 APORTES

5.3.1 Aportes científicos

Ésta investigación permite la aprehensión del conocimiento básico de los conceptos necesarios para la realización de una evaluación económico-financiera de la aplicación de carpetas de doble tratamiento superficial incluyendo los hombros con tratamiento superficial.

Desarrollo técnico y práctico, debido al refuerzo del conocimiento que se realiza con la elaboración de la evaluación económico-financiera de la aplicación de carreteras de doble tratamiento superficial en la construcción de carreteras a todo el ancho de la sección típica.

5.3.2 Aporte al conocimiento

Con el dominio que brinda el conocimiento, se beneficiará a los estudiantes de ingeniería y profesionales de la rama de la construcción, logrando así el equilibrio necesario y deseado entre la parte teórica y práctica de cada uno de los métodos de construcción de carreteras.

5.3.3 Aporte social

Al contar con medios de comunicación que garanticen su durabilidad, los pobladores del lugar podrán hacer uso de esta carretera para transportar sus productos agrícolas o de cualquier otro tipo de una manera más económica pues los fletes se mantendrán bajos, economía en el uso de combustibles, habrá menos desgaste de los vehículos y por consiguiente menor utilización de repuestos, menos desgaste de llantas, lo que redundará en menor fuga de divisas, agregando a esto el transporte de la mercancía con menores daños.

6. HIPÓTESIS

La hipótesis a comprobar a través del presente proyecto es la siguiente:

“Comparando los costos de construcción y mantenimiento de una carretera con doble tratamiento superficial y los hombros solamente imprimados, con una de doble tratamiento superficial como capa final de rodadura incluyendo doble tratamiento superficial en los hombros. En esta última existe un beneficio económico de reducción de costos y otros beneficios intangibles tales como: de tiempo, conveniencia y eficiencia, tanto para la entidad a cargo del mantenimiento, como para los usuarios de la carretera.”

El Proyecto el cuál se someterá a análisis, será el estudio de costos de la aplicación y mantenimiento de una carretera con doble tratamiento superficial como capa final de rodadura incluyendo doble tratamiento superficial en los hombros, comparándole con los costos y mantenimiento de una carretera con doble tratamiento superficial y los hombros solamente imprimados, para llegar a la conclusión si es conveniente invertir recursos en llegar a la etapa de imprimación y colocarle doble tratamiento a los hombros imprimados.

La base para la comprobación de la Hipótesis será:

El costo de la aplicación del tratamiento superficial en el ancho del hombro en una sección típica E1 proporcionada por la Dirección General de Caminos donde habrá que colocar doble tratamiento superficial y será el área a tratar de: Ancho 0.75 metros y Largo 1,000.00 metros

El único costo adicional en ambas alternativas es la colocación del doble tratamiento superficial en los hombros.

El estudio del costo se analizara con el valor presente de la inversión de un kilometro de carretera en que se trabajara con una Sección típica tipo E1 con hombros imprimados y el estudio de ese mismo kilometro pero con doble tratamiento en los hombros.

Debe tomarse en cuenta otros factores, tales como es el costo del mantenimiento de la carretera anualmente, la periodicidad de este mantenimiento dos al año y se estimara lo mínimo en reparaciones y la duración de la obra se estima en 15 años.

Se tratara de encontrar el valor presente de las dos alternativas y el que tenga el menor valor presente será la mejor alternativa de inversión del Proyecto.

Se utilizará un interés simple basado en la inflación.

7. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

7.1 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Tipo de la investigación: No experimental (Ex post Facto). Aplicada.

Propósito de la investigación: Demostrar la correlación ex post facto (ya ocurridas) entre la variable dependiente (en este caso la reducción de costos) y la variable independiente (en este caso la utilización de hombros simplemente imprimados versus doble tratamiento superficial en los hombros de una carretera). La investigación estudiará estas dos variables para encontrar la relación causa-efecto.

Medios utilizados para obtener los datos: Investigación documental. Libros, tratados, convenios, etc.

Nivel de la investigación: Investigación descriptiva.

Forma de obtención de la información: Indirecta.

Para comprobar la hipótesis propuesta para el presente trabajo, se utilizará el método hipotético-deductivo, con una recolección de la información a través de fuentes secundarias y la experiencia del propio proyectista, así como el análisis económico de la propuesta a través del método del valor presente.

7.2 INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS

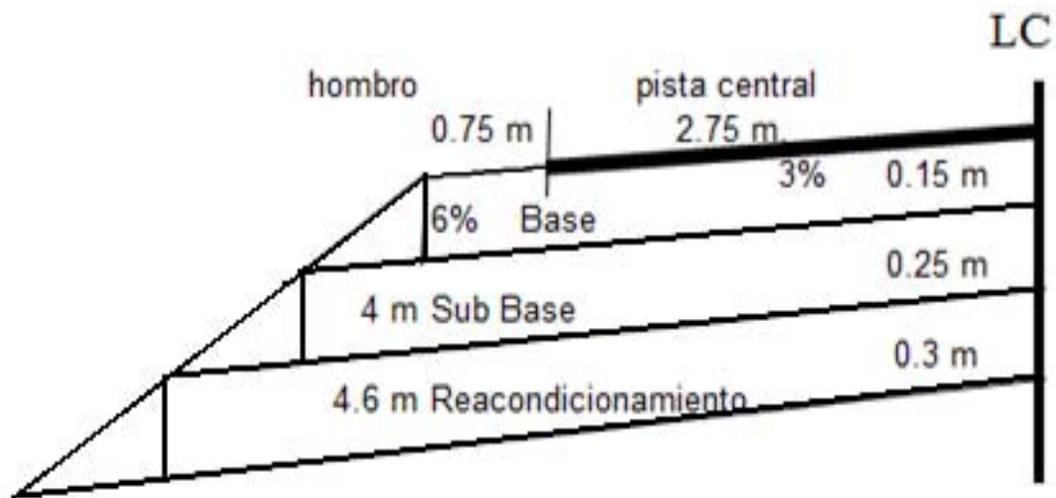
Aunque la naturaleza del proyecto admite la realización de la comprobación de la hipótesis a través de una investigación experimental, no se escogió esa opción porque se necesita una inversión de más de un millón de quetzales para realizar cada kilómetro de carretera de prueba y una cantidad similar para construir un kilómetro de carretera de control. Así mismo, el tiempo para realizar la experimentación es de 15 años, por lo que se optó por analizar los datos a través de fuentes secundarias.

7.3 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

DIAGRAMA DE LA SECCIÓN TÍPICA ACTUAL, Y DIAGRAMA SECCIÓN TÍPICA PROPUESTA MEJORADA

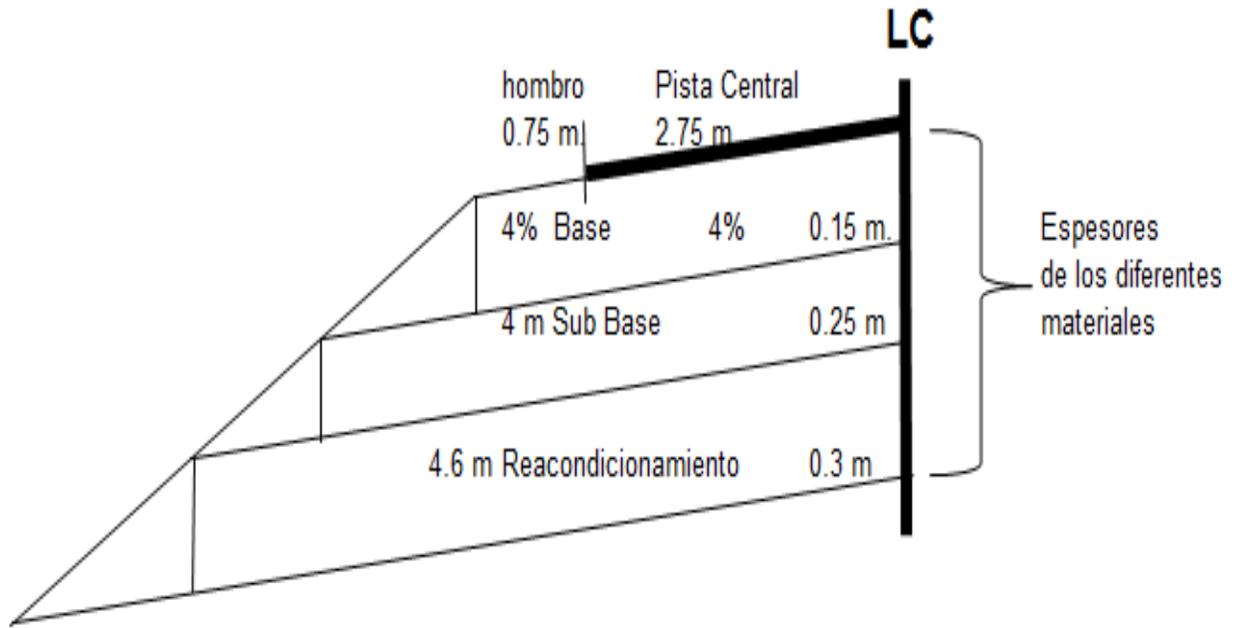
La línea gruesa negra, representa el doble tratamiento Superficial, la línea gruesa negra vertical, indica la línea central de la carretera.

Fig. 7.3 SECCIÓN TÍPICA ACTUAL



Media Sección Típica tipo E1.

Fig. 7.3 SECCIÓN TÍPICA PROPUESTA



Media Sección Típica Tipo E1
Propuesta Mejorada

Tabla 7.3

CUADRO DE COSTOS DE APLICACIÓN DE 1,000 MTS DE CARRETERA CON PISTA CENTRAL CON DOBLE TRATAMIENTO Y HOMBROS IMPRIMADOS

Cuadro 1. Costo estimado por kilómetro de carretera solamente con Hombros imprimados y pista central con doble tratamiento (Sección Típica E)											
Renglón	Descripción	Unidad medida	Longitud (mts.)	Volumen media sección típica	Espesor (mts.)	Sección completa	total	Punto de aplicación (gal/m ² ó (m ³ /m ²))	Cantidad	Precio Unitario	Costo
203.03(b)	Excavación No Clasificada	m3	1,000.00	4.60	0.30	2.00	2,760.00	1.00	2,760.00	Q 30.00	Q 82,800.00
304.01(b)	Capa de sub base Granular de 0.25 m.	m3	1,000.00	4.05	0.25	2.00	2,025.00	1.00	2,025.00	Q 126.23	Q 255,610.04
305.01(b)	Capa de Base triturada de 0.15 m.	m3	1,000.00	3.65	0.15	2.00	1,095.00	1.00	1,095.00	Q 260.00	Q 284,700.00
407	Riego de Imprimación	GAL/m ²	1,000.00	3.50	1.00	2.00	7,000.00	1.00	7,000.00	Q 15.00	Q 105,000.00
404.15 (a)	Riego de Liga	Gal/m ²	1,000.00	2.75	0.70	2.00	3,850.00	1.00	3,850.00	Q 15.00	Q 57,750.00
404.15(b)	Agregado patreo para doble tratamiento superficial	m ³ /m ²	1,000.00	2.75	0.04	2.00	220.00	1.00	220.00	Q 460.00	Q 101,200.00
603.02	Alcantarillas de metal de 30"	U.	1.00	3.00			3.00	1.00	3.00	Q 900.00	Q 2,700.00
607.03	Cajas y Cabezales	U	1.00	5.00			5.00	1.00	5.00	Q 600.00	Q 3,000.00
608.04	Cunetas revestidas de concreto	m ² /ml	1.00	700.00	1.00	1.00	700.00	1.00	700.00	Q 150.00	Q 105,000.00
Costo Total										Q 998,360.04	

NOTA: la columna de punto de aplicación, se tomará la unidad dependiendo de la actividad a realizar

Tabla 7.3

CUADRO DE COSTOS DE MANTENIMIENTO DE 1,000 MTS DE CARRETERA CON HOMBROS IMPRIMADOS Y PISTA CENTRAL CON DOBLE TRATAMIENTO

Mantenimiento en carreteras con hombros imprimados

Se estima que se dañará el 10% de los hombros cada año y su costo se estima así:

PERSONAL

Personal	Cantidad	Costo Unitario	Meses	Costo Total
Ingeniero	1	Q 8,500.00	0.1	Q 850.00
Caporal	1	Q 4,200.00	0.5	Q 2,100.00
Ayudante	3	Q 2,500.00	0.5	Q 3,750.00
Chofer	1	Q 2,500.00	0.5	Q 1,250.00
Oficinista	1	Q 2,100.00	0.5	Q 1,050.00
TOTAL				Q 9,000.00

MAQUINARIA

Maquinaria	Cantidad	Costo Unitario	Meses	Costo Total
Camion de volteo	1	Q 19,775.00	0.5	Q9,887.50
Compactadora	1	Q 6,500.00	0.5	Q3,250.00
Pick Up	1	Q 5,000.00	0.5	Q2,500.00
TOTAL				Q 15,637.50

MATERIALES

Personal	Cantidad	Costo Unitario	Aplicación	Costo Total
Vaciado	10	Q 200.00	1	Q 2,000.00
Base	10	Q 250.00	1	Q 2,500.00
Imprimacion	100	Q 20.00	0.3	Q 600.00
Secante	5	Q 45.00	1	Q 225.00
TOTAL				Q 5,325.00

Costo total anual de mantenimiento.

Q 29,962.50

Tabla 7.3

CUADRO DE COSTOS DE 1,000 MTS DE CARRETERA CON PISTA CENTRAL Y HOMBROS CON DOBLE TRATAMIENTO

Rección	Descripción	Unidad medida	Longitud (mts.)	Volumen medio sección típica	Espesor (mts.)	Sección completa	Sección total	Punto de aplicación (gal/m ²) ó (m ³ /m ²)	Cantidad	Precio Unitario	Costo
233.03(b)	Excavación No Clasificada	m3	1,000.00	4.60	0.30	2.00	2,750.00	1.00	2,750.00	Q 30.00	Q 82,800.00
334.01(b)	Capa de sub base Granular de 0.25 m.	m3	1,000.00	4.05	0.25	2.00	2,025.00	1.00	2,025.00	Q 126.23	Q 255,650.04
335.01(b)	Capa de Base triturada de 0.15 m.	m3	1,000.00	3.65	0.15	2.00	1,095.00	1.00	1,095.00	Q 260.00	Q 284,700.00
407	Riego de imprimación	Gal/m ²	1,000.00	3.50	1.00	2.00	7,000.00	1.00	7,000.00	Q 15.00	Q 105,000.00
404.15 (a)	Riego de Liza	Gal/m ²	1,000.00	3.50	0.70	2.00	4,900.00	1.00	4,900.00	Q 15.00	Q 73,500.00
404.15(b)	Agregado pedregoso para doble tratamiento superficial	m ³ /m ²	1,000.00	3.50	0.04	2.00	280.00	1.00	280.00	Q 450.00	Q 128,800.00
603.02	Alcantarillas de metal de 30"	U.	1.00	3.00			3.00	1.00	3.00	Q 900.00	Q 2,700.00
607.03	Capas y Cabezales	U	1.00	6.00			6.00	1.00	6.00	Q 600.00	Q 3,600.00
608.04	Cunetas revestidas de concreto	m ² /ml	1.00	700.00	1.00	1.00	700.00	1.00	700.00	Q 150.00	Q 105,000.00
Costo Total											Q 1,044,710.04

NOTA: la columna de punto de aplicación, se tomará la unidad dependiendo de la actividad a realizar

Tabla 7.3

CUADRO DE COSTOS DE MANTENIMIENTO DE 1,000 MTS DE CARRETERA CON PISTA CENTRAL Y HOMBROS CON DOBLE TRATAMIENTO

Mantenimiento en carreteras con hombros imprimados y con doble tratamiento superficial
Su costo se estima así:

PERSONAL

Personal	Cantidad	Costo Unitario	Meses	Costo Total
Ingeniero	1	Q 8,500.00	0.03	Q 272.00
Caporal	1	Q 4,200.00	0.03	Q 134.40
Ayudante	2	Q 2,500.00	0.03	Q 160.00
Chofer	1	Q 2,500.00	0.03	Q 75.00
Oficinista	1	Q 2,100.00	0.03	Q 62.96
TOTAL				Q 704.36

MAQUINARIA

Maquinaria	Cantidad	Costo Unitario	Meses	Costo Total
Camion de volteo	1	Q 19,775.00	0.03	Q637.15
Compactadora	1	Q 6,500.00	0.03	Q208.00
Pick Up	1	Q 5,000.00	0.03	Q159.99
TOTAL				Q 1,005.14

MATERIALES

Personal	Cantidad	Costo Unitario	Aplicación	Costo Total
Vaciado	0	Q 200.00	0.2	Q -
Base	1	Q 250.00	0.2	Q 50.00
Imprimacion	20	Q 20.00	0.06	Q 24.00
Secante	5	Q 45.00	0.2	Q 45.00
Tratamiento superficial primera aplicación	20	Q 480.00	0.1	Q 960.00
Tratamiento superficial segunda aplicación	10	Q 480.00	0.1	Q 480.00
TOTAL				Q 1,559.00

Costo total de mantenimiento anual

Q 3,268.50

Tabla 7.3

COSTO DE DOBLE TRATAMIENTO A HOMBROS IMPRIMADOS

Cuadro 3 Costo de doble tratamiento en los hombros

Región	Descripción	Unidad medida	Longitud (mts.)	Volumen media sección típica	Espesor (mts.)	Sección completa	Punto de aplicación total (gal/m ²)	Cantidad	Precio Unitario	Costo
404-15(a)	Riego de Liga	Gal/m ²	1,000.00	0.75	0.70	2.00	1,050.00	1,050.00	Q. 15.00	Q. 15,750.00
404-15(b)	Agregado para doble tratamiento superficial	m ² /m ²	1,000.00	0.75	0.04	2.00	60.00	60.00	Q. 450.00	Q. 27,000.00
Costo Total Q. 42,750.00										

Comparación

Hombros sin doble	Q. 998,360.04
Hombros doble	Q. 1,041,110.04
Diferencia	Q. 42,750.00

8. ANÁLISIS

8.1 ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA ALTERNATIVA

PREMISAS:

Se utiliza el método de VPN.

Cuadro 1. Costo estimado por kilómetro de carretera solamente con Hombros imprimados y pista central con doble tratamiento (Sección Típica E)

Costo Total	Q 998,360.04
-------------	--------------

Cuadro 2. Costo estimado por kilómetro de carretera con Hombros imprimados y con doble tratamiento, pista central con doble tratamiento (Sección Típica E)

Costo Total	Q 1,041,710.04
-------------	----------------

Cuadro 3. Cuadro estimativo del costo de doble tratamiento en los hombros, sección Típica E

Total	Q 43,350.00
-------	-------------

ANÁLISIS VPN A 10 AÑOS,

para ambos proyectos

i =	0,12	más o menos la inflación interanual
Periodo	10	años

Costo estimado por kilómetro de carretera solamente con Hombros imprimados y pista central con doble tratamiento (Sección Típica E)

Inversión	Q 998,360.04
Mantenimiento anual	Q 29,962.50

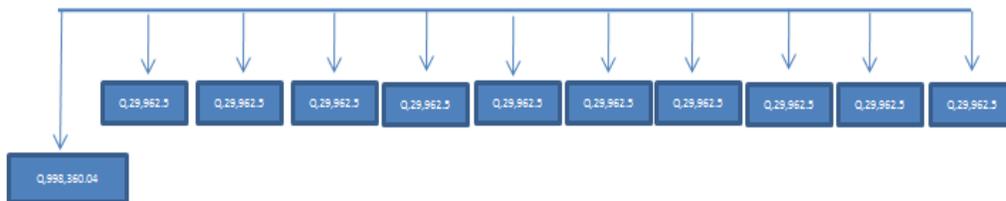
Costo estimado por kilómetro de carretera con Hombros imprimados con doble tratamiento y pista central con doble tratamiento (Sección Típica E)

Inversión	Q 1,041,710.04
mantenimiento anual	Q 3,268.50

Tabla 8.1

Análisis económico (Valor presente Neto) del Proyecto: “Hombros imprimados y pista de doble tratamiento”

Hombros imprimados y pista de doble tratamiento



Año	Monto anual
0	Q (998,360.04)
1	Q (29,962.50)
2	Q (29,962.50)
3	Q (29,962.50)
4	Q (29,962.50)
5	Q (29,962.50)
6	Q (29,962.50)
7	Q (29,962.50)
8	Q (29,962.50)
9	Q (29,962.50)
10	Q (29,962.50)

Valor presente Neto **(Q1,042,548.97)**

Tabla 8.1

Análisis económico (Valor presente Neto) del Proyecto: “Hombros imprimados con doble tratamiento superficial y pista de doble tratamiento”

Hombros imprimados con doble tratamiento superficial y pista de doble tratamiento



Año	Monto anual
0	Q (1,041,710.04)
1	Q (3,268.50)
2	Q (3,268.50)
3	Q (3,268.50)
4	Q (3,268.50)
5	Q (3,268.50)
6	Q (3,268.50)
7	Q (3,268.50)
8	Q (3,268.50)
9	Q (3,268.50)
10	Q (3,268.50)

Valor presente Neto **(Q946,587.32)**

9. CONCLUSIONES

1. La inversión inicial por cada kilómetro de carretera con doble tratamiento superficial y con hombros imprimados es de Q.998, 360.04, cantidad que comparado con la inversión de un kilómetro con doble tratamiento superficial y con hombros con doble tratamiento que asciende a Q.1,041,710.04; representa una inversión menor del 4.16%.
2. En ambos proyectos el mantenimiento en las carreteras debe realizarse anualmente.
3. Los costos de mantenimiento de las carreteras con hombros imprimados y pista central con doble tratamiento superficial a lo largo del período analizado (10 años), ascienden a (sin tomar en cuenta el valor del dinero en el tiempo) Q.299,625.00 Los costos de mantenimiento de las carreteras con hombros y pista central con doble tratamiento superficial a lo largo del período analizado (10 años), ascienden a (sin tomar en cuenta el valor del dinero en el tiempo) Q32,682.00, lo que significa un 10.9% del costo de mantenimiento de las carreteras con hombros imprimados y pista central con doble tratamiento.
4. Al proveer de a los hombros de una carretera un doble tratamiento superficial, se disminuyen los costos de mantenimiento a las carreteras, así como las molestias al usuario de los distintos tramos de carretera, ya que para darles mantenimiento, se debe cerrar el paso vehicular.
5. Se debe colocar doble tratamiento superficial en la construcción de carreteras, tanto en la pista central como en el hombro que representa, en el

período analizado, una mejor inversión con menores costos de mantenimiento y menores molestias para los usuarios. Como lo demuestra el análisis económico, es la mejor solución para la construcción de carreteras.

6. Debe usarse el equipo y maquinaria adecuada para la aplicación de doble tratamiento superficial.
7. En carreteras que se encuentran en terrenos planos cerca de las costas debe tenerse cuidado con el renglón puentes y drenajes y elevar rasante de terracería y dejar que el espesor de la estructura del pavimento se inicie por lo menos a la altura del terreno natural aledaños ya con la rasante elevada.
8. Contratar a compañías que tengan amplia experiencia en construcción de carreteras, con personal administrativo y de campo idóneo, y cuente con equipo y maquinaria necesaria para este tipo de trabajos.

10. RECOMENDACIONES

1. Que la Dirección General de Caminos, vuelva a construir carreteras con la aplicación de doble tratamiento superficial incluyendo los hombros que después del análisis de costos, se determina que aunque la inversión es mayor, se disminuyen significativamente los costos de inversión incluido el mantenimiento.
2. Que el supervisor que inspecciona a la empresa que ejecuta las obras tenga sólidos conocimientos en ingeniería, debe dominar el tema de construcción de: puentes, carreteras, drenajes y laboratorio de materiales o en su defecto contar con el personal idóneo.
3. En la construcción de nuevas de carreteras se deben ejecutar en dos etapas en su construcción:

PRIMERA ETAPA

- a) CONSTRUCCIÓN DE LA TERRACERÍA En esta etapa incluir la construcción de rampas de prevención de derrumbes ya que en fase de construcción, los dueños de los terrenos aledaños a la construcción están entusiasmados y proporcionan el derecho de vía sin mucho problema y no se encarecen las obras.
- b) SEGUNDA ETAPA, CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTACIÓN en esta habrá que modificar o cambiar el bombeo del 3.00% al 4.00 % en el ancho de la capa de rodadura o pista y el hombro de 0.75 m de ancho que tiene el 6% de bombeo actualmente bajarlo al 4% para dejarla uniforme con el 4% que se propone, que es el que trae la pista central, es decir dejar el hombro y la pista uniforme con el 4% de bombeo, esto con el propósito de

que sea compactada al mismo grado toda la pista ya que la compactadora podrá llegar al final del hombro sin ninguna dificultad agregando a esto que se podrán drenar mejor las aguas de lluvia.

c) m x .0225 x 1m de largo de carretera seria de beneficio para ensanchar la carretera en .75 m en cada lado de carretera y evitar el peligro de algún vuelco de los vehículos que pasaran por la carretera. Así mismo, será más fácil la compactación del hombro, ya que tiene la misma pendiente que la pista central, también, representa mayor facilidad la colocación del doble tratamiento en el hombro que es la proposición de este trabajo y mejorar la evacuación del agua de lluvia de la pista.

4. Con la recomendación de convocar a consultores de especificaciones a cambiar en el libro Azul Especificaciones Generales para la construcción de Carreteras y Puentes para hacer las enmiendas siguientes:

a) Cuando la Sección típica este en sección de relleno no se acepte que tenga 0.00 % de pendiente longitudinal y que se cambie a lo mínimo aceptable 0.5%.

b) El bombeo a colocar 4.00 % mínimo y no 3.00 % lo mismo en el peralte y esto sería válido para otras secciones típicas de rodadura.

c) Lo mismo valores sería para estructuras especiales debe colocarse, pendiente longitudinal de 0.5% y no 0.0 % ,para que puedan drenar la aguas de lluvias.

5. Se recomienda en todo proyecto, cuando se coloque capa de material no clasificado en la sub-rasante, no se cometa el error duplicar el pago al contratista, en el renglón de reacondicionamiento, ya que éste debe ir reflejado únicamente en el renglón de sub rasante.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Ingeniería Económica. Leland T. Blank y Anthony J. Tarquín. Editorial McGraw Hill, Cuarta Edición.
- Copias y apuntes de clase impartida por los Catedráticos UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
- Especificaciones Generales para la Construcciones de Carreteras y Puentes, “libro azul”. Ingenieros Consultores de Centro América, S.A Septiembre 2001. Editado Colegio de ingenieros de Guatemala
- Manual Centro Americano, de mantenimiento, Guatemala, continental, 1974. SIECA, 425 paginas
- Principios de Administración Financiera. Lawrence J. Gitman, Editorial Pearson. 2ª Edición
- Páginas de Internet: Universidad Católica del norte Chile, tratamiento-superficial-simple -y- doble.html y página www.citop.es
- FUNDAMENTOS DE ADMINISTRACIÓN FINANCIERA 7ª.EDICION F.J. Weston y E.F. Brigham Editorial Mc GrawHill Septiembre 1990-

12. GLOSARIO

DESVESTIMIENTO: Cuando en la prueba de desvestimiento, el agregado pétreo pierde parte de este material bituminoso que lo cubre y debe de quedar cubierto como mínimo en un 75% con las partículas de agregados, si no es así debe usarse aditivos

SECCIÓN TÍPICA: corte transversal perpendicular a la línea central de la carretera, que muestra las diferentes partes de la carretera

ANIONICA: cuando el material bituminoso contiene iones negativos el agregado pétreo debe contener positivos para que queden bien amarrados

CATIONICA: es material bituminoso cargado de iones positivos y es usado cuando el agregado contiene en sus partículas electricidad negativos y por ser de polaridad diferente se adhieren bien

BOMBEO: Es la elevación que se da a la sección típica de una carretera, con el propósito de poder evacuar el agua de lluvia hacia las cunetas que se encuentran en los extremos de esta sección, siendo su principal objetivo proteger la estructura de la carretera evitando que el agua de lluvia se acumule sobre la cinta asfáltica.

CONTRATISTA: Persona que representa a una empresa constructora, que este debidamente precalificada en el Registro de Precalificados del MICIVI, y que participa en una licitación o cotización, para la construcción de una carretera siendo el responsable de la buena ejecución tanto en calidad como en tiempo de la obra encomendada.

DELEGADO RESIDENTE: Ingeniero colegiado activo, con conocimientos y suficiente experiencia en la construcción de carreteras tanto de pavimentos rígidos como flexibles y que su permanencia en el proyecto sea permanente de tal manera que pueda solventar todas las dificultades de construcción que se presenten, así como atender las recomendaciones del Ingeniero Supervisor.

SUPERVISOR: Ingeniero colegiado activo que es contratado para la vigilancia que se cumpla satisfactoriamente con lo convenido en el contrato respectivo en la construcción de una carretera, con las especificaciones generales y particulares, aprobando las estimaciones de pago para su trámite y resolviendo todos aquellos problemas de construcción que se presenten.

BITÁCORA: Libro debidamente autorizado por la Contraloría General de Cuentas, en el que se lleva el historial de todos los acontecimientos ocurridos durante el desarrollo del proyecto. En esta quedan anotados todas las recomendaciones u órdenes que dé el Ingeniero supervisor de la obra.

