Evaluacion del Pavimento de la Carretera "Cumbe – Oña (Tramo I)" de 20 Km de longitud, ubicada en la Provincia del Azuay mediante Equipos de Auscultación Vial

María Fernanda Bravo Castro Egresada de la carrera de Ing. Civil
Eduardo Carrión Estupiñán Ingeniero Civil Pontifica Universidad Católica del Ecuador
Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra
Escuela Superior Politécnica del Litoral
Llano Chico, Conjunto las Camelias Casa No. 19 / 17-21-193 / Quito / Ecuador
mayigye@yahoo.com / educarrione@gmail.com

Resumen

La infraestructura de carreteras, siendo como es un bien comunitario, ha demostrado a lo largo de los años que constituye una poderosa herramienta para mejorar la calidad de vida. Sin embargo, la sostenibilidad de esta mejora exige procesos integrados, participativos y globales que aseguren la consecución de los objetivos. Por esta razón nuestro interés es auscultar mediante modernas técnicas, el estado del pavimento de las carreteras, calles, aeropuertos, etc.; para determinar su estado actual y poder ejecutar intervenciones oportunas y así evitar perjuicios tanto al usuario como al estado.

En la actualidad, la obtención de parámetros que definan las características del pavimento requiere de un trabajo mas allá de laborioso, científico. Gracias a la ayuda de la Informática, podemos realizar esta captura con modernos equipos que a más de generarnos beneficios con la facilidad de tiempo, nos provee de una seguridad de los parámetros ya que su grado de error es cada vez más ínfimo.

Tanto para los países desarrollados como para los países en vías de desarrollo es importante ir de la mano y responsabilizarse conjuntamente de los objetivos compartidos de desarrollo sostenible y erradicación de la pobreza. Las carreteras han desempeñado siempre un papel primordial en el desarrollo, creando un potencial económico que favorece los cambios en el tejido social.

Palabras Claves: *Auscultación Vial, Carreteras, Tecnología, Informática, Parámetros, Exactitud, Tiempo y Confianza*

Abstract

The highways infrastructure, like it is a community property, has demonstrated along the years that constitutes a powerful tool to improve life quality. However, to be sustainable this improvement demands integrated, participative and global processes that assures the attainment of those objectives. For that reason our interest is to auscultate, through modern technique, the pavement situation of highways, streets, airports, etc., to determine their current state and to be able to execute opportune interventions and this way to avoid damages as much to the user as to the state.

At the present time, to get parameters that define pavement characteristics require no longer a laborious job but scientific. Because of Computer science's help, we can carry out this information by capture with modern equipment, that not only generating us benefits with less time, it provides us a security of the parameters since their grade of error is more and more tiny too.

So much developed countries as not developing countries, it is important to go hand by hand and to take the responsibility jointly of tose shared objectives of sustainable development and poverty eradication. The highways have always played a primordial part in development, creating an economic potential that it favors the changes in the social fabric.

Key words: *Road Auscultation, Highways, Technology, Computer science, Parameters, Accuracy, Time and Trust*

Antecedentes.-

El desarrollo de la vialidad en el Ecuador esta marcado por un lento proceso de cambio tecnológico, precedido por las oportunidades de inversión en la construcción, ampliación y mejora física de sus corredores, como telón de fondo que matiza la gestión estatal.

Una condición de notable influencia en esta gestión, es el constante abandono de las actividades de conservación o mantenimiento, que ha significado la pérdida de perspectiva, si alguna vez la hubo, de un desarrollo sostenido que garantice constantemente altas prestaciones de la carretera para el usuario, basadas en estrategias y políticas que optimicen el empleo de los siempre escasos recursos económicos y la tecnología más eficiente en términos de administración de redes viales.

La red vial primaria en el Ecuador es de aproximadamente 9.000 Km, de los cuales 1124 son gestionados por concesionarias nacionales en la Provincia del Guayas, Manabí y el corredor de la Panamericana en el trazado de montaña; y, 103 Km adicionales, bajo la figura de un contrato de rehabilitación y mantenimiento multianual (7 años) que constituye la principal conexión entre la sierra y la costa (Alóag – Sto. Domingo), a cargo también de la empresa privada.

La red vial nacional que incluye las redes secundaria y terciaria, alcanza aproximadamente 44.000 Km de longitud, con una composición diferente en cuanto a la condición de la capa de rodadura; entre terracerías, lastre y gravas, tratamientos asfálticos superficiales, concreto asfáltico y hormigón de cemento hidráulico, en orden de extensión.

Si bien la inauguración de las concesiones en el Ecuador ha significado un importante paso hacia el manejo sostenible de la red vial nacional, con todos los aportes que comportan la introducción de nuevas tecnologías de construcción, rehabilitación, mantenimiento y especialmente auscultación y administración; no es menos cierto que las concesiones no pueden sustituir la responsabilidad del Estado en la administración de la red vial nacional; es más, no todos los proyectos viales están en condiciones de ser concesionados y tampoco son atractivos para la inversión nacional y extranjera.

De manera que, el desafío de introducir conceptos modernos de administración y gestionar la red vial bajo requerimientos tecnológicos compatibles con la magnitud de objetivos que se plantean, es un tema pendiente especialmente para el sector público e implica identificar y obtener los recursos necesarios para auscultar, observar, capturar información y administrarla, con el fin de ayudar a la toma de decisiones gerenciales.

Bajo este panorama, nuestra entidad educativa debe encontrar el espacio de colaboración con el Estado y la empresa privada, para apoyar, mediante la investigación, el desarrollo de la vialidad nacional. Considero que existe el interés de todos los sectores por la administración vial y concretamente por la auscultación de pavimentos.

Ahora ya existen empresas dedicadas a la concesión y a la consultoría, que se han unido estratégicamente para cumplir estas actividades; es el momento para que las oportunidades que se han brindado a profesionales y estudiantes, se expresen con el respaldo de la universidad, y concurrir al encuentro de aspectos formativos que nos permitan avanzar en el propósito de cambios cualitativos.

En un país como el nuestro y con la economía actual, no se puede contar con una tecnología de primer mundo, pero esto no debe ser causa para quedarnos atrás en el conocimiento de nuevas tecnologías que nos permitan utilizar eficientemente los recursos a nuestro alcance y mejorar el estado actual de los procesos de estudio, diseño, rehabilitación, construcción y mantenimiento de las vías.

En este orden de ideas y previa consulta con los ejecutivos de la sociedad consultora INEXTEC CIA. LTDA., primera empresa nacional especializada en auscultación de carreteras; propongo el presente tema y sumario de tesis con la certeza de que mi participación laboral en esta compañía en los últimos seis años, sumado a su compromiso en este propósito, me permitirán el acceso a información bibliográfica única y relevante en su poder, y el apoyo necesario para llevar a la práctica el caso de estudio materia de investigación.

Auscultación Vial

La Auscultación es la investigación a detalle de diferentes parámetros, los mismos que se comparan con valores estándares de diversas entidades normativas, que nos ayudan a determinar el estado en nuestro caso de la carretera.

Existen diferentes tipos de instrumentación para la obtención de dichos parámetros, los mismos que abarcaremos en el capítulo 3.

La Auscultación Primaria se la puede entender como el preámbulo de toda investigación. En este proceso se recauda la mayor cantidad de información de acuerdo a los requerimientos del ensayo. Se establece que ensayos se evaluarán y registrarán, que tipo de equipo se utilizará (dependiendo del tiempo y presupuesto sostenido), así como que programas se ejecutarán.

En la actualidad, la obtención de parámetros que definan las características del pavimento requiere de un trabajo mas allá de laborioso, científico. Gracias a la ayuda de la Informática, podemos realizar esta captura con modernos equipos que a mas de generarnos beneficios con la facilidad de tiempo,nos provee de una seguridad de los parámetros ya que su grado de error es cada vez más ínfimo.

Una vez realizada la Auscultación primaria, es conveniente y necesario realizar un seguimiento frecuente y progresivo del desarrollo de la vía, para poder evitar a tiempo daños irreversibles.

Niveles De Servicio

El nivel de servicio es una medida puramente cualitativa de las condiciones de circulación, que tiene en cuenta el efecto de varios factores tales como velocidad y el tiempo de recorrido, la seguridad, la comodidad de conducción y los costes de funcionamiento. La manera de combinar estos factores dependerá del tipo o elemento de carretera que se este considerando, por lo que la definición de cada nivel de servicio particular será distinta, por ejemplo, en intersecciones, en tramos de carreteras de dos carriles, en autopistas, etc.

El acceso a la movilidad es un servicio social básico y el privilegio de utilizar la infraestructura de carreteras debe extenderse a todos los ciudadanos. En consecuencia, la evaluación de las necesidades de infraestructuras no puede limitarse a la mera justificación económica, sino que debe basarse además en otros parámetros.

Existen diversas entidades, asociaciones, institutos, etc., que determinan mediante largos años de estudio, parámetros mínimos y máximos para diferentes tipos de ensayos. El estar siempre dentro de los valores permisibles, establece un nivel de servicio adecuado de la carretera para los usuarios.

Tecnicas De Evaluacion De Carreteras No Destructivas.

La incidencia de factores de diverso origen determinan alteraciones de la superficie de rodamiento de los pavimentos que afectan la seguridad, comodidad y velocidad con que debe circular el tránsito vehicular presente y futuro. La finalidad de todo proceso de mantenimiento o refuerzo de los pavimentos en servicio, es corregir los defectos mencionados para alcanzar un grado de transitabilidad adecuado durante un período de tiempo suficientemente prolongado que justifique la inversión necesaria.

Las causas de los defectos mencionados son de distinto origen y naturaleza; entre las que cabe destacar las siguientes:

- Elevado incremento de las cargas circulantes y de su frecuencia con respecto a las previstas en el diseño original.
- Deficiencias durante el proceso constructivo en la calidad real de los materiales en espesores o en las operaciones de construcción, particularmente en la densificación de las capas.previsto durante el período de diseño del pavimento).
- Factores climáticos regionales desfavorables (ejemplos: elevación del nivel freático, inundaciones, lluvias prolongadas, insuficiencia de drenaje superficial ó profundidad prevista).
- Deficiente mantenimiento por escasez de recursos económicos disponibles, equipo, maquinaria especializada y personal capacitado.
- Problemas de aprovisionamiento en algunas zonas del país, por agotamiento de materiales adecuados en las proximidades de los puntos de empleo, obligando a mayores distancias de acarreo. A veces la limitante es legal, por razones urbanísticas y aún ambientales.

Por los anteriores y otros problemas, existe la necesidad perentoria de determinar, mediante diferentes tipos de ensayos, parámetros estructurales y funcionales, que nos indiquen el estado actual del pavimento y su desempeño futuro.

Deflectometria.

La Deflectometría comprende los defectos de la superficie de rodamiento cuyo origen es una falla en la estructura del pavimento, es decir de una o más de las capas constitutivas que deben resistir el complejo juego de solicitaciones que impone el tránsito y el conjunto de factores climáticos regionales. En la corrección de este tipo de fallas es necesario un refuerzo sobre el pavimento existente para que el paquete estructural responda a las exigencias del tránsito presente y futuro estimado.

Regularidad Superficial

Se define como regularidad superficial de una carretera a la mayor o menor aproximación del perfil real al teórico que es aquél que no produce, dentro de un vehículo en marcha, aceleraciones verticales. La cuantificación de la regularidad se puede realizar con la medida de diferentes magnitudes (desnivelaciones verticales, modificaciones de la energía en el movimiento de un vehículo, determinación de las aceleraciones dentro del vehículo, etc). La evaluación del grado de irregularidad de una carretera debe efectuarse tanto en sentido longitudinal como transversal.

Fisuramiento

Las fisuras son reflejo de una mala actuación de la capa de pavimento ante las cargas recibidas a diario, estas se pueden producir por distintos factores entre los que se destacan:

Localización Referencial.- Determina y señala el

- El Tránsito,
- El Clima,
- Tipo de Carpeta de Rodadura, entre otros

Cuando uno realiza el diseño de un pavimento a n años, normalmente se magnifican las cargas de tránsito, para preveer futuros desarrollos automotrices, pero debido a la mala regulación del tránsito existente y pesos de los camiones, estas cargas son sobresaturadas por el parque automotriz, produciendo aceleradamente la aparición de fisuras.

Hidrodeslizamiento

El ensayo de Hidrodeslizamiento es un parámetro que está representado por el coeficiente de rozamiento que se emplea para determinar el nivel de adherencia entre el neumático y la superficie del pavimento. El valor del coeficiente de rozamiento depende de una serie de factores, algunos inherentes a la carretera mientras que otros son responsabilidad del usuario (como la velocidad y el estado de los neumáticos del vehículo) o de la meteorología (lluvia, nieve o hielo sobre la calzada, etc.). La demanda de rozamiento es función de la velocidad y de la cantidad de agua sobre la carretera. A su vez la capacidad de responder a esa demanda es función del tipo y del estado del pavimento.

Registro De Video

Con ayuda del registro de video uno puede realizar un inventario vial, que constituye una de las primeras y más importantes tareas de los responsables de una red de carreteras. Los inventarios sirven para tener un conocimiento básico de la red (longitud) y para obtener una serie de informaciones adicionales hasta el nivel de detalle que los administradores consideren (Inventario de señalización, de puentes, de tipo de pavimentos, de espesores de firme, etc.).

Características De Los Equipos Y Programas

En la actualidad, la obtención de parámetros que definan las características del pavimento requiere de un trabajo más allá de laborioso, científico. Gracias a la ayuda de la Informática, podemos realizar esta captura de datos con modernos equipos que a más de generarnos beneficios con la facilidad de tiempo, nos provee de una seguridad de los parámetros ya que su grado de error es cada vez más ínfimo.

Entre los beneficios que nos brindan estos equipos están:

Permanencia.- Basado en la continuidad y en la estabilidad de los ensayos.

desplazamiento exacto de los ensayos a lo largo del proyecto.

Exactitud.- Puntualidad y fidelidad de los datos obtenidos en la ejecución de los ensayos.

Valoración y Registro.- Referente a la apreciación de los equipos.

Relevancia.- La información obtenida en este tipo de ensayos es destacada y de significativa importancia en los procesos de diseño y construcción.

Adecuación.- La acomodación de los equipos al terreno de trabajo facilita la obtención de los datos y el procesamiento de los mismos.

Fiabilidad. - El buen funcionamiento y la calibración continua de los equipos, proporciona la seguridad de los datos obtenidos.

Precisión y Velocidad.- La exactitud y prontitud de los ensayos en la determinación de los parámetros, es la ventaja mas relevante de este tipo de equipos.

Automatización.- El beneficio de la tecnología se hace presente en este tipo de equipos, ya que son operados manualmente desde un ordenador, sin la necesidad de bajarse del vehículo, de igual forma los datos son grabados de forma inmediata para su utilización posterior.

Información Por Niveles.- Es posible la programación de la evaluación dependiendo del grado de estudio a realizar, ya sea este a nivel de estudio, diseño, construcción o control.

Bajos Costos.- Los costos que se generan de las inspecciones son considerablemente más bajos tomando en cuenta el tiempo de ejecución de los ensayos y de la fiabilidad de los datos obtenidos.

La auscultación del firme mediante equipos de alto rendimiento proporciona información precisa y cuantitativa sobre el estado de sus características estructurales y superficiales, esto ayudado de los programas de procesamiento conforma parte de la tecnología más avanzada del primer mundo.

Teniendo en cuenta de que los Equipos y Programas son propiedad de la Compañía INEXTEC CIA. LTDA. solo se podrá referir de estos las características principales de los mismos.

- Odometro.
- Deflectometro.
- Gps.
- Perfilometro Longitudinal.
- Perfilometro Transversal
- Scaner Digital.
- Laser.
- Fricciometro.
- Camara De Video.
- Programas De Captura Y Procesamiento De Datos.

Los equipos de Auscultación Vial Automáticos son gerenciados bajo programas de captura de datos, sin estos los equipos no tendrían la capacidad de ser ejecutados.

Entre los principales programas de captura de datos tenemos los siguientes:

- Programa ROSY (captura de Deflexiones)
- Programa ROMDAS (Captura de Regularidad Superficial , Inventario Vial y Video)
- Programa UNISURVEY (Captura de Fisuras)

Desarrollo Del Caso De Estudio. Carretera Cumbe – Oña Tramo I Longitud 20,1 Km.

Ubicación Geográfica Del Caso De Estudio.

El caso de estudio se encuentra ubicado en la provincia del Azuay, esta vía es importante en el desarrollo socio-económico de las provincias de Azuay y Loja, así como de los pueblos y comunidades ubicados en la zona de influencia de travesía de la carretera, inicia en el Km 16 de la vía Cuenca – Machala atraviesa la localidad de Cumbe y acaba en una longitud de 20,1 Km en donde empieza el tramo II de la vía que llega hasta la ciudad de Oña.

Investigacion Aplicada.

Las características actuales del pavimento existente se determinan con base a la evaluación funcional y estructural del pavimento mediante la captura de datos de campo con equipos de tecnología de punta y alto rendimiento. Estos resultados nos permitirán emitir un diagnóstico del comportamiento del pavimento. Sobre la base del diagnostico se emitirán las recomendaciones pertinentes.

Los ensayos que se realizaron en la carretera fueron los siguientes:

- Ensayo de Deflectometría. Equipo utilizado: Deflectómetro de Impacto (FWD)
- Ensayo de Regularidad Longitudinal. Equipo utilizado: Perfilómetro Laser
- Ensayo de Perfil Transversal. Equipo utilizado: Transversal Profiler Logger
- Ensayo de Fisuración Unificado. Equipo utilizado: Digital Monochrome Scan
- Ensayo de hidrodeslizamiento. Equipo utilizado: Péndulo Británico
- Inspección Visual Digital. Equipo utilizado: Video Filmadora
- Inspección Visual Manual

Ensayos Estructurales.

Los espesores de recrecimiento obtenidos del Programa Rosy Design, no hacen diferenciación de capas de pavimento, sino que recomienda un espesor total de refuerzo, por lo que este análisis se deficitaria, puesto que acusa insuficiencia en el ha complementado con el Método AASHTO-93, a fin de poder realizar un adecuado tanteo de posibilidades de diseño. Con información bibliográfica proporcionada por el MTOP se obtuvieron los datos de tráfico, se ha determinado una confiabilidad de 95 %, tomando en cuenta la incertidumbre existente en cuanto al tráfico y un valor del error estándar combinado de 0.49 y una pérdida de serviciabilidad de 2. El proceso de diseño del pavimento por el método ASSHTO, se muestra en el Anexo 1 y un grafico de sus resultados por sección a continuación.

Indice de Regularidad Internacional (IRI)

Entre el 0+000 y el 16+300, sector en el cual se halla colocada la base asfáltica, el IRI varía de 3,0 a 4,28. Los valores de IRI en la sección 0+000 – 5+500, se hallan dentro de lo aceptable para este tipo de vías, mientras que del 5+500 al 16+300 son altos para una pavimento recientemente rehabilitado.

Surco de Huella (TPL)

Los valores representativos de surco de huella en los 2 carriles son similares y se encuentran en magnitudes de baja y mediana severidad, a excepción de ciertos sectores en los cuales el deterioro es singular, con altas deformaciones, piel de cocodrilo y baches de alta severidad.

Resistencia al Hidrodeslizamiento (SRV)

El valor admisible para el de tráfico y características geométricas y de operación de esta vía, es SRV> 55. Por lo tanto la superficie de rodadura en este caso, tiene suficiente resistencia al patinaje en presencia de lluvia, a todo lo largo del estudio.

Indice Unificado de Fisuramiento (UCI)

Si bien los valores reportados expresan que el pavimento está en condiciones generales buenas, es necesario tomar en cuenta que estos reportes son un ponderación de toda la sección, siendo necesario observar en los gráficos y las tablas de valores de UCI por abscisas (Anexo No. 5) para darnos cuenta que existen sectores con fisuras piel de cocodrilo, deformaciones y baches más del afloramientos de agua en la calzada, acompañada de inicios de fisuramientos.

Conclusiones y Recomendaciones.

De las evaluaciones estructurales aplicadas se revela que la solución de pavimentos, es espesor de pavimento, sumado al hecho de que se contrato un recapeo de hormigón asfáltico sobre una base granular a la vista de los propios diseños con una capacidad resistente totalmente disminuida, CBR entre 10 y 15 sobre 100; lo cual debió inducir a una intervención de estabilización previa de la base granular.

Otra característica gravitante de esta rehabilitación esta marcada por el hecho de que no se ejecutaron las actividades previas de mantenimiento como son el bacheo y sellado de fisuras, antes de la colocación de la base asfáltica, lo cual ha dado lugar al aparecimiento de fallas prematuras evidenciadas por los fisuramientos, surcos de huella y baches que se observan en la calzada, localizados especialmente en las secciones estructuralmente deficitarias. Esto se explica además en el hecho de que estas capas granulares han trabajado como capas de carga directa (solamente con DTSB) prácticamente desde su construcción, evidenciado por la pérdida de compacidad, capacidad portante y elevada condición de humedad.

Es evidente en la situación actual que los alcances de las intervenciones de mantenimiento y construcción de las obras de drenaje vial, es muy limitada, lo cual contribuye al rápido deterioro de la base asfáltica, en un entorno más lluvioso y matizado por elevada humedad en el terreno.

Por estos motivos es necesario que para el tramo que aún no está rehabilitado, se estudie la posibilidad de realizar actividades de mejoramiento del drenaje y/o subdrenaje y ejecutar un tratamiento de la base granular a fin de dotarle de la capacidad estructural adecuada mediante la inclusión de cemento o alternativamente densificación de las capas granulares de base y sub-base, para incrementar su resistencia a las tensiones horizontales.

Referencias

1. Ingeniería de Pavimentos para carreteras, 2ª edición, Alfonso Montejo Fonseca
2. ROMDAS for Windows User’s Guide, Versión 0.9e. Prepared By C.R. Bennet and Reviewed by P. Hunter.
3. uni AMS User´s Guide, Adhara Systems Inc., Santa Clara CA, April 2004