



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA



Centro de Investigación y Desarrollo
de Educación en Línea



CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y
DESARROLLO DE EDUCACIÓN EN LÍNEA
(CIDEL)



05, 06 y 12 DE OCTUBRE DEL 2007

Instructores:
Ing. Enrique Dahlhaus Parkman

1. INTRODUCCIÓN A LA CONSERVACIÓN DE CARRÉTERAS.

1.1. Infraestructura y desarrollo

Infraestructura y desarrollo van de la mano. De alguna u otra forma, los grandes Imperios del pasado basaron primero sus conquistas y más tarde su dominación y preponderancia en su Infraestructura. Lo anterior hoy en día sigue siendo válido.

La globalización obliga a las Naciones a desarrollar una Infraestructura tal que les permita ser sumamente competitivas dentro de este entorno económico. De no ser así están destinadas al subdesarrollo.

Una parte estratégica de la Infraestructura son las redes de carreteras con que cuenta una Nación, su construcción, conservación y rehabilitación se ha dado durante décadas, con mucho esfuerzo y a través de cuantiosas inversiones. Para 1993 se consideraba que la red de carreteras en Latinoamérica rondaba alrededor de los 2.2 millones de kilómetros con un valor de reposición cercano a los 200 millardos de dólares americanos.

Esta red es estratégica para la Región ya que por ella se mueve más del 60% de la carga y se transporta más del 80% de los pasajeros.

México no escapa a las condiciones citadas en las líneas anteriores. Su red de carreteras fue construida paulatinamente con periodos de gran desarrollo y décadas de prácticamente poca inversión, presentándose importantes rezagos en cuanto a construcción, pero sobre todo a la conservación.

Sin duda la Infraestructura de carreteras es un activo de importancia vital para México para poder ser competitivo dentro de un entorno económico caracterizado por sus acuerdos comerciales con socios que en muchos de los casos nos superan con mucho en este renglón.

Sin lugar a dudas aún cuando se ha seguido invirtiendo en la Infraestructura de carreteras de nuestro país, estas inversiones han ido paulatinamente decreciendo del orden de un 7.6 % anual en pesos constantes.

Lo que conlleva a las autoridades competentes a buscar ser más eficientes en cuanto a la optimización de recursos, buscando para ello la aplicación de nuevas tecnologías y estrategias con las cuales se puedan construir mas carreteras y se puedan conservar adecuadamente las existentes al nivel de los de nuestros socios comerciales del TLC.

Si no conservamos adecuadamente nuestra red de carreteras, no solo no podremos ser competitivos, sino que además estaremos desinvirtiendo, iremos perdiendo nuestro patrimonio, el legado para las futuras generaciones.

Conservar adecuadamente significa la aplicación de recursos a tiempo, bajo el uso de estrategias adecuadas, diseños apropiados, materiales de calidad, procedimientos constructivos que cumplan con las más altas especificaciones, control de calidad que asegure el cumplimiento de los proyectos y la aplicación de sistemas de administración mediante los cuales se pueda asegurar la calidad total en la conservación.

Para darnos cuenta de la importancia de la Infraestructura de carreteras mencionamos los datos de un estudio llevado a cabo en 1996 en los Estados Unidos de Norteamérica en donde se destaca que de 1950 a 1989 por cada dólar invertido en su red de carreteras, la industria de ese país tuvo un ahorro en sus costos de 18 centavos de dólar, con una tasa interna de retorno del 16% en el sistema de carreteras locales y un 10% en el ámbito total de la red.

El mismo estudio establece que por cada millardo de dólares invertido se crean 42,000 empleos directos y 14,500 indirectos.

Por otra parte el impacto de una infraestructura deficiente y mal conservada al transporte y a la economía es brutal. Una pérdida del 3% en la productividad. Altos costos por concepto de reparación de los vehículos y por consumo de combustibles (20 millardos de dólares anuales) Costos innecesarios por demoras e interrupciones (7.6 millardos de dólares) y obviamente pérdida de competitividad.

Los datos son un hecho, así como la necesidad de contar con una red de carreteras de calidad y capacidad, por lo cual la capacitación y la innovación tecnológica juegan un papel vital en el aseguramiento de los trabajos que se realizan en nuestra red de carreteras.

1.2. Estado actual en la conservación de carreteras.

En 1988 en el estudio denominado "Road Deterioration in Developing Countries", Harral y Faiz, pusieron de manifiesto que las entidades de carreteras eran normalmente monopolios de carácter público, las cuales tenían muchas responsabilidades, incluyendo la planeación, el control y ejecución de la construcción y programas de conservación.

Adicionalmente estas entidades consumían mucho tiempo de personal, recursos e instalaciones para la ejecución de los trabajos.

Similar situación se detecto en las iniciativas para la conservación de carreteras de África (The Africa Road Maintenance Initiative), Latinoamérica (PROVIAL), Asia y Medio Oriente, en donde las carreteras son pobremente administradas y con financiamiento insuficiente son debidas a estructuras institucionales débiles.

Por otra parte también se señalan como causas adicionales, que la construcción y el financiamiento no están orientados al mercado, ya que los gastos usualmente provienen de recursos fiscales, la poca claridad tanto del costo de las carreteras, como de la definición de las responsabilidades y con direcciones administrativas poco comprometidas con su responsabilidad.

1.2.1. Causas de una inadecuada conservación

El Banco Mundial señala como causas de una inadecuada conservación las siguientes.

- a) Limitaciones en la capacidad técnica del personal.
- b) Financiamiento inadecuado.
- c) Escasez de fondos y deficiente sistema de distribución de fondos.
- d) Demasiada inversión en nuevos proyectos.
- e) Carencia en la definición clara de las responsabilidades.
- f) Estructuras organizacionales de administración ineficientes.
- g) Sistemas de administración de la conservación débiles.
- h) Métodos ineficientes en la ejecución de los trabajos.

Recomendando la aplicación de prácticas sanas de negocios, tales como:

- a) Definición de la MISIÓN de la entidad encargada de la conservación.
- b) Separar la planeación y la administración en la implementación de los trabajos.

- c) Identificación adecuada de formas para la contratación de los trabajos.
- d) Requerimientos de personal.
- e) Una estructura de administración adecuada.
- f) Sistemas de administración de la información.
- g) Sistemas de contabilidad y finanzas apropiados.
- h) Aseguramiento de la calidad de los trabajos.
- i) Autonomía administrativa y la responsabilidad de rendir cuentas de lo realizado.

Para cada una de estas prácticas analiza y propone las acciones conducentes.

El Banco Mundial señala que las entidades encargadas de la conservación deben contar con **SISTEMAS EFECTIVOS DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD**, en los que se involucre al cliente como elemento calificador del servicio prestado y con ello se identifiquen sus necesidades en el establecimiento de planes y programas, en la implementación de acciones y en el monitoreo de que también se comportan los proyectos.

1.2.2. Cambios en las Entidades encargadas de la Conservación.

El clamor por mejores servicios ha obligado a las entidades encargadas de la conservación de carreteras a un cambio radical en la manera de administrar sus negocios

Este cambio significa un desafío por la complejidad y desconocimiento de un negocio que en el pasado parecía ser particular y hoy en día se vuelve popular, el cliente es el fin del negocio y al que hay que satisfacer sus necesidades.

Aunado a lo anterior el impacto negativo en la economía por una conservación deficiente representa pérdidas de consideración en su crecimiento.

En este orden de ideas la definición de la **MISIÓN** y la **VISIÓN** de las entidades es materia de análisis concienzudo, la Misión se refiere a la razón de ser de la entidad, el cómo efectuar las acciones y los instrumentos legales para lograrlo y la Visión a la imagen que la entidad quiere lograr, hacia donde se quiere ir, contribuyendo así a la formación de los clientes internos de la entidad.

Otros aspectos relevantes son:

- a) El establecimiento de políticas.- Orientación, prioridades y lineamientos.
- b) Administración.- El enfoque al logro de las metas y objetivos establecidos en un horizonte predeterminado.
- c) La planeación estratégica.- Establece necesidades y asocia tecnologías de punta
- d) Selección de indicadores de desempeño.- Calidad en el servicio, eficacia, eficiencia, etc.
- e) Fijación de estándares de calidad.- Condición, estado, etc.
- f) Determinación del tipo de contratación de los trabajos.
- g) Incentivos para el uso o incorporación de nuevas tecnologías.

- h) Definición el papel de la entidad.- Como ente gubernamental, como entidad privada, etc.
- i) Participación de los usuarios.- Establecimiento de Comités de Calidad.
- j) Establecimiento de una cultura de servicio a los clientes.

1.2.3. El proceso de evolución de las entidades.

El proceso de evolución de las entidades encargadas de la conservación de carreteras en la última década ha experimentado un gran cambio debido al desarrollo tecnológico y a la falta de recursos para mantener las redes de carreteras en niveles óptimos de servicio. Sin duda el futuro traerá nuevos desafíos, ¿Hacia dónde?

Con respecto a esta evolución A.P. Talvitie del Banco Mundial ha identificado esta evolución en 5 etapas:

- **Etapa 1.** Organizaciones tradicionales para la construcción y conservación, las cuales tienen ingerencia en el ámbito nacional o estatal, empleando gran número de personal.
- **Etapa 2.** Identificación de la participación cliente – proveedor. En el cual se da énfasis a la eficiencia de la ejecución de obras y servicios. Iniciándose un proceso de contratación de trabajos. En este caso la organización tradicional tiende a ser reemplazada en la fijación de políticas por una Secretaría del Transporte.
- **Etapa 3.** Separación de los papeles de cliente y proveedor. Se asigna a diferentes entidades con una tendencia a una mayor efectividad, presionándose a favor de la separación cliente – proveedor. En esta etapa los proveedores tradicionales de servicios públicos son transformados en empresas del estado, apareciendo un consejo o directorio de administración del financiamiento.
- **Etapa 4.** Privatización de las entidades productoras de obras y servicios. Las entidades gubernamentales son transformadas ya sea en corporaciones o empresas públicas, incluso privatizadas mediante la venta o transferencia de actividades a la iniciativa privada, apareciendo con ello un financiamiento dedicado a las carreteras.
- **Etapa 5.** La entidad cliente se transforma en empresa del estado. La entidad se convierte en propietaria de las carreteras en representación del estado y los administra como una corporación estatal.

A su juicio el señor Talvitie considera una sexta etapa que se muestra en la gráfica en la cual implica alguna forma de privatización de parte o de toda la red vial.

La gestión vial y los organismos viales a través del mundo se encuentran actualmente entre las fases I y IV de las cinco etapas de Talvitie, dependiendo de la orientación específica del gobierno en el proceso de reforma. Sin embargo, la tendencia ha sido avanzar hacia la fase IV.

Cada país ha adoptado diferentes métodos de reforma y se ha movido a diferente velocidad, pero casi todos han seguido la secuencia sin omitir etapas.

Tavitie cree que el debate se centra hoy en los beneficios y desventajas de continuar hacia las fases IV, V y posiblemente aun hacia la VI. Las complejas implicaciones políticas que involucran los mayores cambios como la introducción de un fondo dedicado a carreteras y la fijación clara de la propiedad de las carreteras en manos de un organismo cliente (agencia vial) han aminorado el paso de la reforma.

En la siguiente figura se presentan las etapas en la evolución de las agencias viales.

Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Fase 5	Fase 6
<i>Departamento de obras públicas</i>	<i>Identificación cliente – proveedor</i>	<i>Separación cliente – proveedor</i>	<i>Transformación del proveedor en empresa</i>	<i>Transformación del cliente en empresa</i>	<i>Privatización del cliente</i>



Participación decreciente del gobierno

Bajo estas consideraciones es claro que en México este proceso involucra hoy en día una composición mixta de estas etapas, administrándose la conservación mediante una secretaría nacional o estatal, organismos públicos descentralizados nacionales o estatales, consejos de administración (fiduciarios) y entidades de la iniciativa privada.

1.3. Las entidades viales del futuro.

La evolución de la administración de las entidades encargadas de la conservación de carreteras es el propósito fundamental dentro de este sector en la última década.

Los beneficios de esta evolución son reconocidos actualmente por muchos países, dando origen a la implementación de acciones en este campo, principalmente formulando objetivos para aumentar la eficiencia en un entorno restrictivo de financiamiento para una adecuada conservación, por lo que la participación de la iniciativa privada se ha incrementado de manera importante.

1.3.1. Aspectos a considerar.

A grandes rasgos y no de forma excluyente o limitativa, los aspectos a considerar por las entidades viales del futuro, se enfocarán hacia:

- Financiamiento
- Tecnología
- Planificación

Depende de cada país y de sus condiciones y capacidades el grado de profundidad en que se deberán tratar cada uno de los aspectos o sobre la necesidad de considerar algún otro.

1.3.1.1. Financiamiento.

Una red de carreteras como una red de energía o cualesquier otra red depende para su buen funcionamiento del nivel óptimo de servicio de sus ramales, troncales y principales. En el caso de México, las carreteras estatales, la red básica federal y los ejes prioritarios. Por lo que se infiere que este nivel óptimo de servicio depende de un adecuado nivel de conservación.

Bajo la idea anterior la red puede considerarse como un todo y por ende financiarse con cualquier fuente de recursos que por lo general proviene de un presupuesto gubernamental, o con la posibilidad comercial de generar sus propios ingresos.

Dado que en el pasado el financiamiento proveniente de recursos gubernamentales ha demostrado en muchos países ser un esquema deficiente, en donde la carencia de recursos se vuelve un mal endémico. Nos referiremos a la posibilidad comercial de generación de ingresos. Para lo cual se tendrá que analizar la red en función de:

- Rentabilidad de sus tramos.
 - Tramos rentables.
 - Tramos no rentables.
- Potencial de rentabilidad.
 - Pago justo de los usuarios.
 - Pago de los beneficiarios de la red.

Una vez realizado el análisis de la red, es obligado valorizar los factores de cobro directo relacionados con:

- Eficiencia en el cobro directo.
- Posibilidad de privatización.
- Cobro por congestión.
- Cobros por acceso y uso directo.
- Cobro a usuarios comerciales y no comerciales.
- Cobro por deterioro en función del peso del vehículo.
- Tarifas para los diferentes vehículos pesados.
- Cobros por el uso o explotación del derecho de vía.

Las posibilidades de financiamiento una vez analizada la red y valorizado el potencial del cobro deberán ser enfocadas a un financiamiento tipo:

- Recursos gubernamentales
- Recursos provenientes de fondos viales.
- Recursos por concesión.
- Recursos por peaje sombra.
- Recursos por uso o explotación del derecho de vía.

En donde la legislación, entorno social, ambiental y la capacidad del gobierno tanto en traspasar el riesgo a un inversionista privado, como la garantía del pago futuro en el caso del peaje sombra deben ser aspectos relevantes a la hora de planificar el financiamiento de la red.

En cualesquier caso el balance de todos los aspectos tratados con anterioridad es obligado.

En México se está estableciendo un mecanismo financiero basado en una mezcla de fuentes de financiamiento provenientes tanto de recursos gubernamentales, concesiones y últimamente incorporando esquemas de un fondo vial y peaje sombra.

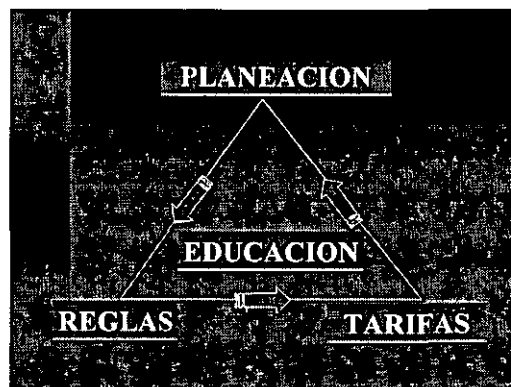
1.3.1.2. Tecnología.

Los vertiginosos cambios tecnológicos en: equipos, materiales, sistemas de gestión y automatización permitirán en el futuro una mayor optimización de las redes de carreteras, lo cual representará nuevos desafíos en aspectos políticos, sociales, ambientales y de legislación. Por lo que la capacitación de los futuros ingenieros, técnicos y administradores en conservación de carreteras será un tema a considerar por las entidades viales del futuro.

1.3.1.3. Planificación.

El Dr. R. J. Dunlop señala a la planificación como uno de los aspectos más significativos en el desarrollo de la red de carreteras, en donde el uso del suelo ha quedado en manos de los inversionistas, lo que ha ocasionado una fuerte presión en el desarrollo vial al propiciar la sobrecarga de las redes de carreteras existentes.

Por lo que sugiere reconsiderar el papel de la planificación y ponerla a la cabeza, colocando el establecimiento de reglas y la estructuración de tarifas como se ilustra en la siguiente figura.



En este esquema la capacitación juega un papel preponderante dentro del proceso. Preponderando que la estructura de tarifas refleje los costos reales de la infraestructura vial.

1.4. Políticas para el desarrollo futuro.

Antes de desarrollar una visión y estructura la entidad vial del futuro deberá considerar los factores coyunturales exógenos, los cuales pueden generar restricciones en el accionar de estas entidades. Factores como:

- El papel individual del vehículo.
- Las emisiones.
- Niveles de ruido producidos por el tránsito.
- Seguridad.
- Combustibles futuros.
- Congestión.
- Uso del suelo.
- Desarrollo económico.
- Cambios tecnológicos.

1.4.1. Opciones de financiamiento.

Sin duda en el futuro surgirán nuevas opciones en para el financiamiento de la conservación de carreteras posiblemente a través de la bolsa de valores, o mecanismos mixtos gobierno – iniciativa privada – usuarios directos. Pero para todos ellos la recuperación de la inversión deberá ser clara, mediante opciones como:

- Establecer tarifas como en las telecomunicaciones. Mayores precios a mayor consumo, lo cual permitirá la competencia justa con otras modalidades del transporte.
- Aplicación de precios promedios a toda la red. Esto involucra subsidios cruzados entre las áreas rurales y urbanas.
- Aplicación de precios promedios a toda la red. Con un precio extra a las carreteras congestionadas o poco rentables.

1.5. Tendencias.

El banco mundial señala las siguientes tendencias que de alguna u otra forma las entidades viales están tomando en la administración de las carreteras:

- La reinvención del gobierno. Enfocándose en la reestructuración de las entidades del transporte de propiedad pública, privatizándolas cuando es posible y en otros casos comercializándolas / concesionándolas, para subordinar la disposición de los servicios del transporte a las reglas del mercado.
- Administrar las carreteras como negocios.
- Para el caso de los caminos rurales, existen varios proyectos innovadores los cuales tienen el objetivo establecer acuerdos institucionales sustentables para su administración y financiamiento.
- La administración a nivel federal y estatal esta siendo encargada a entidades con mas autonomía, las cuales operen como una extensión de las Secretarías del ramo. Regularmente bajo un convenio anual de desempeño.
- Se toman acciones para fortalecer las entidades de carreteras de gobiernos locales para asegurar que sean conservadas de forma regular. La idea de una entidad central que las administre en representación de los gobiernos locales, está propiciando soluciones de descentralización de comités de servicios compartidos.
- Carreteras con alto volumen de tránsito (arriba de 10,000 a 15,000 vehículos día), son convertidas en carreteras de cuota para generar recursos adicionales. Pueden operar como carreteras libres o como parte de una red. Administradas por: entidad gubernamental, autoridad separada, concesiones privadas con o sin propiedad. El 2% de las carreteras en el mundo operan bajo este esquema.
- La escasez de recursos fiscales motiva a los gobiernos a buscar nuevos mecanismos de financiamiento. Algunos países han decidido poner sus carreteras sobre una base de tarifa servicio, en donde los usuarios pagan una tarifa extra (generalmente en un incremento a la gasolina), formando un fondo administrado por un comité de usuarios y representantes de la comunidad de negocios.
- La planeación y la administración de las carreteras, esta siendo separada de la ejecución de los trabajos de conservación, ya sea por contrato del diseño y los

trabajos a una empresa privada o a través de su transmisión a otro organismo, el cual actúa entre ambos bajo un acuerdo contractual.

- Se presta más atención a los puntos de vista de los usuarios, ya sea a través de encuestas, consultas o bien mediante el establecimiento de un consejo público privado. Tales consejos asesoran al secretario o a la administración de las carreteras o bien pueden actuar como administraciones con capacidad ejecutiva.
- Se pone más atención a los impactos adversos, tanto de las carreteras como del tránsito, particularmente a lo relacionado con los accidentes y el medio ambiente. En el caso de los accidentes la tendencia es el establecimiento de una entidad nacional coordinadora dentro de la secretaría del ramo y el involucramiento de las compañías de seguros.

En el caso del medio ambiente es obligatorio en todos los proyectos presentar un análisis de su impacto ambiental, el cual es presentado en consulta pública.

- Hay un movimiento gradual de los contratos de conservación basados en el cumplimiento de especificaciones, hacia el uso de contratos por desempeño. Al mismo tiempo, diferentes tipos de conservación (rutinaria y periódica) son combinados en uno solo para varias carreteras.

1.6. Desafíos.

- Muchas carreteras de cuota y concesiones de conservación, se encuentran en serias dificultades económicas. Esta situación parece deberse a expectativas poco realistas por parte del gobierno en relación con cuales costos pueden ser razonablemente financiados a través de cuotas cuando los volúmenes de tránsito están por debajo de los 15,000 vehículos por día.

Las asociaciones público – privadas, en donde el gobierno acepta claramente que algún costo tenga que ser soportadas por el gobierno, parece que trabajan mejor.

- Algunos países tienen estrategias y políticas claras para las carreteras de cuota. Se han fijado el objetivo de desarrollar una red de carreteras de cuota, los ingresos son parcial o completamente mancomunados para permitir subsidios cruzados y los niveles de las cuotas son fijados para maximizar los ingresos.

El sector privado participa en estas redes mediante las estructuras establecidas por el gobierno. Otros países sin estrategias y políticas claras, solo consiguen fragmentar la red, cubriendo solo aquellas carreteras con altos volúmenes de tránsito y con una gran variación del nivel de las cuotas.

- Existe la preocupación si a largo plazo las concesiones de la conservación permitirán la consolidación de la industria de construcción de carreteras. Los pequeños contratistas pueden quedar fuera del negocio provocando la consolidación de un pequeño número de grandes empresas de operación de carreteras.

Lo anterior puede reducir la competitividad y, a largo plazo, esto podría reflejarse en un incremento de los costos

- Todavía no queda claro como los fondos comerciales para la administración de carreteras. Pocos han sido establecidos bajo la forma de empresas públicas (por ejemplo: como un fondo separado de administración bajo un comité con el poder de fijar las cuotas, sujeto solamente a una posición secretarial “ no objeción”)

Estos fondos son muy nuevos y no queda claro como vayan a operar en la práctica a futuro.

2. UN ENFOQUE A LOS SISTEMAS DE ADMINISTRACIÓN DE PAVIMENTOS

Sistemas de administración de pavimentos

Concepto general

No basta diseñar y construir adecuadamente una carretera, tenemos que asegurar que el comportamiento en su vida útil este dentro de las consideraciones de diseño y que las modificaciones realizadas durante la construcción sean valorizadas adecuadamente.

Por esta razón para el seguimiento de un diseño se debe contar con herramientas capaces de informarnos en todo momento del comportamiento de un pavimento. Estas herramientas hoy en día son conocidas como Sistemas de Administración de Pavimentos (Figura 7), los cuales nos permiten contar con la información necesaria del comportamiento para programar y planificar las estrategias a seguir para mantener una red de carreteras en niveles de servicio adecuados, fortaleciendo así el desarrollo integral de una nación.



Figura 7

Los componentes básicos de un Sistema de Administración de Pavimentos están dados en las etapas de:

- Conservación.
- Rehabilitación.
- Evaluación.
- Investigación.

Por sí solos estos componentes no significan mucho. Cuando se interactúan (Figura 8) nos permiten dar el seguimiento adecuado al comportamiento de un diseño.

La importancia de la conservación

La conservación es un factor importante dentro de este sistema. En el proceso de diseño consideramos un nivel determinado de conservación (Figura 9) suponiendo tiempos en la vida útil del pavimento en los cuales se tendrán que realizar trabajos por la aparición de los primeros deterioros.

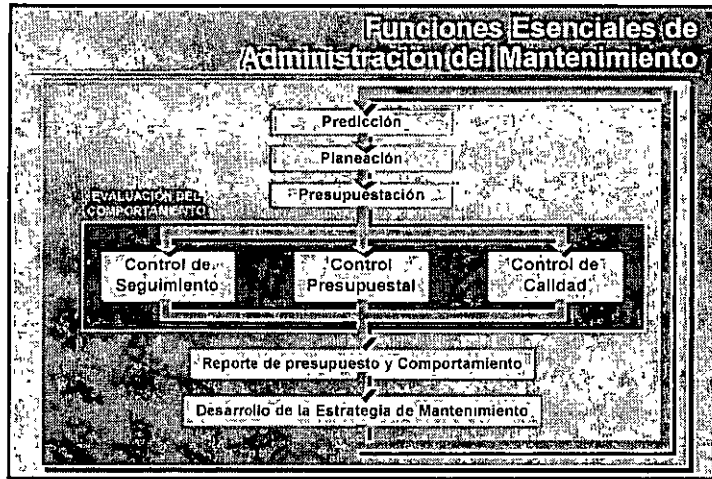


Figura 8

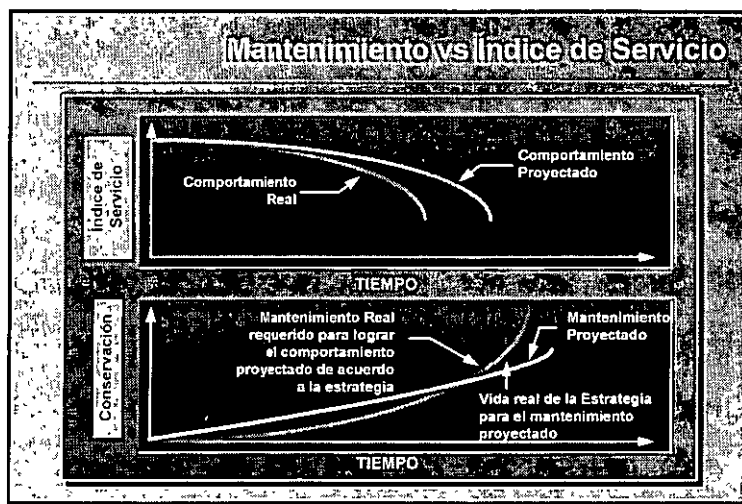


Figura 9

Estos deterioros, al aumentar, nos llevarán a consideraciones de rehabilitación (Figura 10).

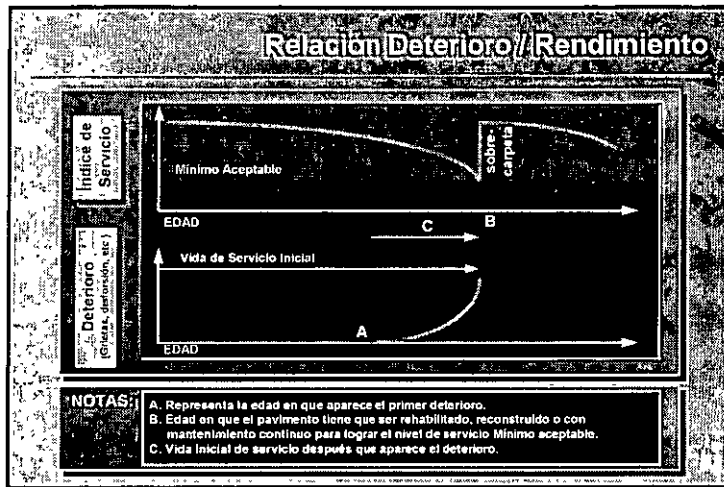


Figura 10

En el mismo diseño se establecieron los niveles mínimos aceptables; los cuales deben ser evaluados constantemente (Figura 11) a efectos de realizar los trabajos necesarios en el tiempo requerido.

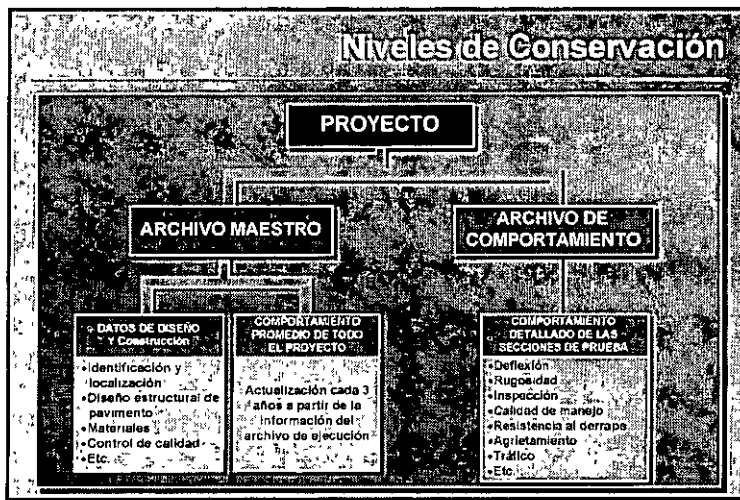


Figura 11

La Figura 12 presenta un sistema tentativo para el manejo de los niveles de administración en la conservación. En ella podemos observar el flujo de la información a través de la administración central, regional y de campo.

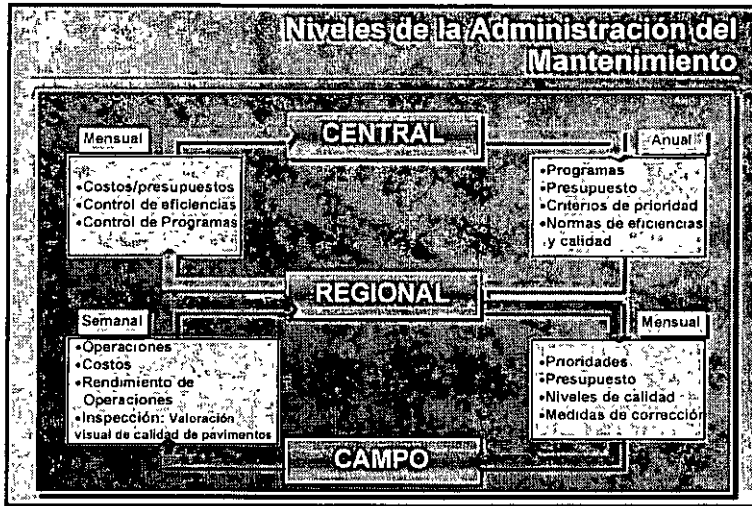


Figura 12

La falta de un adecuado nivel de conservación nos llevará invariablemente a pérdidas importantes de infraestructura (Figura 13) y aumentos indiscriminados de costos (Figura 14). Recordemos que cuando un camino cae a niveles de servicio muy bajos por el alto grado de deterioro de su superficie de rodamiento, el costo para llevarlo a un nivel adecuado de servicio será mayor que el costo de una rehabilitación. Propiamente estamos hablando de una reconstrucción. Situación que muchas veces es aún más costosa que la construcción inicial.

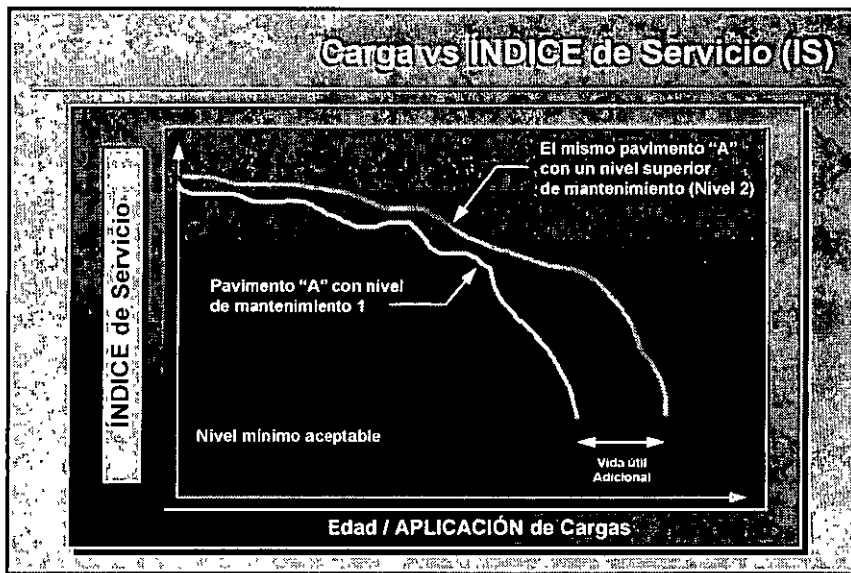


Figura 13

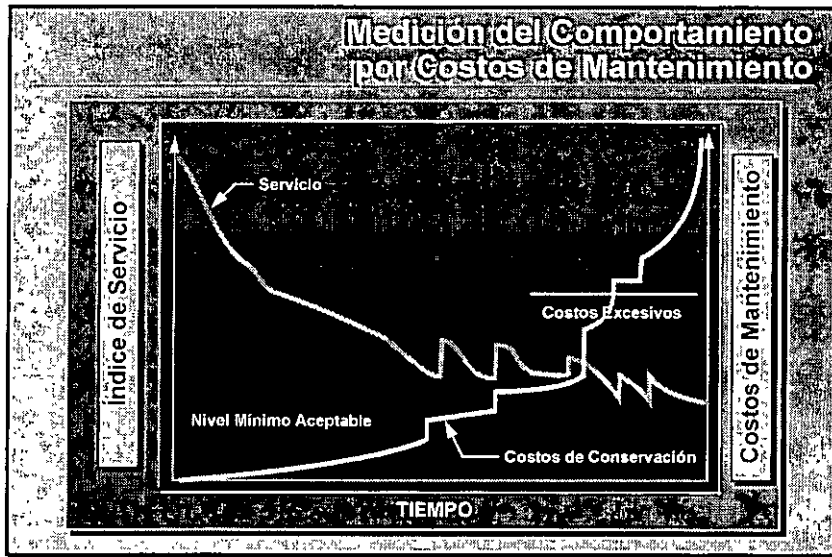


Figura 14

La rehabilitación como una herramienta estratégica

A semejanza de la conservación, la rehabilitación de un pavimento se lleva a cabo cuando las consideraciones del diseño se acercan a sus niveles máximos y mínimos contemplados (Figura 15). Su ocurrencia en el tiempo puede ser diferida cuando se tienen niveles de conservación adecuados. Su importancia estriba en que es la última llamada de atención al aumento de los costos de conservación y a la posible pérdida del pavimento. La aplicación de una rehabilitación en el tiempo adecuado redundará en beneficios por el aumento en la vida útil del pavimento.

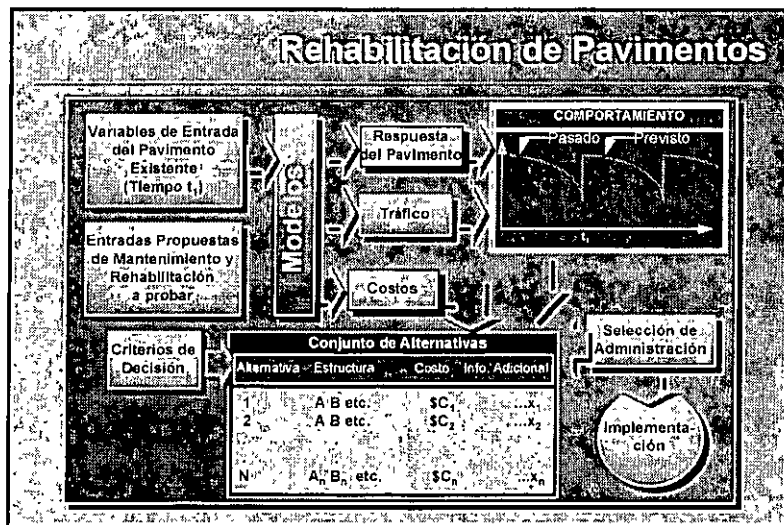


Figura 15

Evaluación

Es el termómetro por medio del cual podemos detectar cómo se está comportando un diseño (Figura 16) a través de la medición de la temperatura de varias variables como la capacidad estructural, el índice de deterioro, el índice de servicio, la seguridad y el costo de conservación. Sus datos analizados en las etapas de conservación y rehabilitación nos permiten programar y planificar los trabajos necesarios.

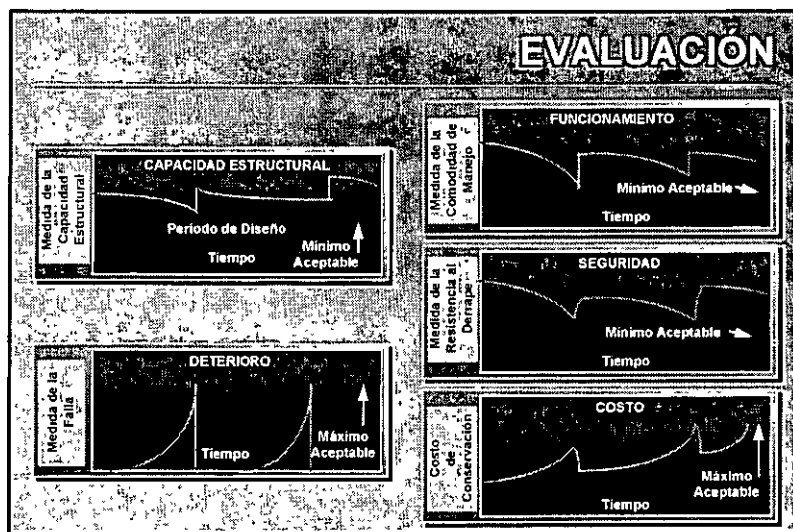


Figura 16

Planeación

Es la resultante del análisis de las etapas de Conservación, Rehabilitación y Evaluación. A través de ella podemos optimizar el comportamiento de un diseño (Figura 17) y planificar que los trabajos se realicen con la calidad, en el tiempo y con el costo adecuado en una red de caminos (Figura 18).

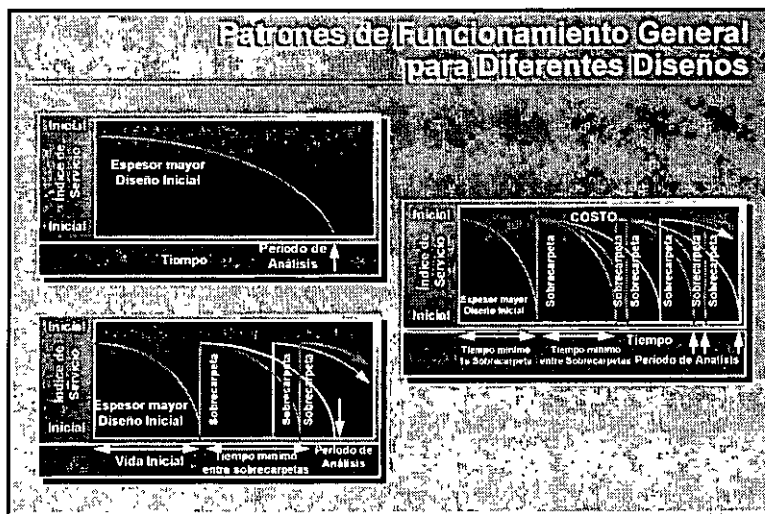


Figura 17

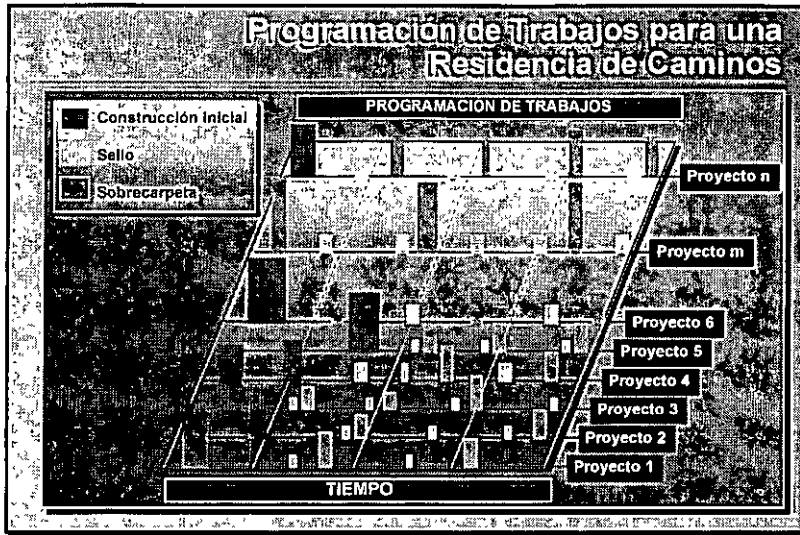


Figura 18

Investigación

Etapa considerada como de retroalimentación. Su función principal es valorizar las causas probables de un comportamiento no adecuado de un diseño. Su campo de acción se amplía cuando a través de ella se realizan estudios de nuevos materiales, técnicas de construcción, etc.

3. PROCEDIMIENTOS DE CONSERVACIÓN DE CARRETERAS.

Introducción.

En este tema trataremos los aspectos básicos sobre la conservación de carreteras, para tal fin hemos dividido en temas en 5 subtemas de la siguiente manera:

- **Pavimentos Flexibles**
- **Pavimentos Rígidos**
- **Caminos Rurales**
- **Maquinaria de Conservación**
- **Conclusiones**

En el caso de los subtemas de pavimentos flexibles, rígidos y caminos rurales, comenzaré con una breve descripción de las principales características del mantenimiento preventivo, para seguir con una presentación general de aspectos importantes, identificación de deterioros y algunas técnicas para su reparación. Además cuando se trate el subtema de los pavimentos rígidos ampliaré un poco más el concepto presentando la caracterización de los materiales que usualmente son empleados en este tipo de pavimentos.

El subtema de maquinaria de conservación es tratado a través de una presentación en ppt. presentando las fotografías de los equipos en uso de última tecnología y la tendencia futura en el desarrollo de alguno de ellos.

Concluiré el tema con dos presentaciones en ppt. que he elaborado a título personal en las que pongo de manifiesto la necesidad de aplicar las nuevas tendencias en la conservación de carreteras como son:

- Reforzamiento de los programas de capacitación,
- Establecimiento de sistemas enfocados a la calidad,
- Aplicación de conceptos como el del mantenimiento preventivo,
- Aplicación de conceptos como la gestión global de activos,
- Ejecución de estudios periódicos para determinar el desempeño tanto del pavimento como de los elementos que componen la carretera, y
- El uso de sistemas de gestión de la conservación.

Finalmente incluyo en este subtema de conclusiones como ayuda tecnológica un archivo PDF. con el diccionario de términos técnicos de la APIARC y un glosario de términos usados en pavimentos de concreto hidráulico.

Opciones de Conservación Recomendadas para Minimizar Costos de Transporte en Carreteras Pavimentadas.

TRÁFICO PROMEDIO DIARIO (NÚMERO DE VEHÍCULOS)	CONDICIÓN INICIAL DE LA CARRETERA^A	CONSERVACIÓN RECOMENDADA
Menos de 200	Bueno a pobre	Bacheo sólo hasta que el nivel de rugosidad alcance niveles muy altos (8.5 IRI) y el volumen de tránsito

		se haya elevado lo suficiente (ADT>200) para garantizar la reconstrucción del pavimento.
200 a 500	Bueno a suficiente	Bacheo y sobrecarpetas (por ejemplo, 40 milímetros de concreto asfáltico cuando la rugosidad alcance de 4.2 a 5.0 IRI) Bajo restricciones de presupuesto, los tratamientos superficiales pueden ser sustituidos por una sobrecarpeta
	Pobre	Reconstrucción inmediata del pavimento ^b .
500 a 1,000	Bueno	Bacheo más sobrecarpetas periódicas (40 milímetros de concreto asfáltico en 3.5 a 4.2 IRI).
	Suficiente	Lo mismo que el anterior pero con una sobrecarpeta inicial de mayor espesor (80 milímetros de concreto asfáltico) en casos de pavimento débil.
	Pobre	Reconstrucción inmediata del pavimento ^b .
1,000 a 2,000	Bueno a suficiente	Bacheo más sobrecarpetas periódicas (40 milímetros de concreto asfáltico en 3.5 IRI). Donde el pavimento existente sea débil, la sobrecarpeta inicial debe ser de mayor espesor (80 mm.) El sellado periódico de la superficie resulta económico en pavimentos con buena capacidad de carga y en buenas condiciones.
	Pobre	Reconstrucción inmediata del pavimento ^b .
Más de 2,000	Bueno	Bacheo más sellado periódico de la superficie (cuando el 25% del área presente daño) además de sobrecarpetas periódicas (40 Mm. en 3.5 IRI).
	Suficiente	Bacheo más sobrecarpetas periódicas (40 mm. de concreto asfáltico en 3.5 IRI). Cuando el pavimento existente sea débil estructuralmente, la sobrecarpeta inicial debe ser de mayor espesor (80 mm.)
	Pobre	Reconstrucción inmediata del pavimento ^b

a. Bueno = Menos que 3.5 IRI; Suficiente = 3.5 a 5.8 IRI; Pobre = Más de 5.8 IRI

b. Alguna previsión para bacheo y conservación de emergencia debe ser realizada para mantener la carretera con un buen nivel de servicio durante el período de reconstrucción.

Deterioro en Pavimentos Flexibles y Opciones de Tratamiento Preventivo de Conservación.

Prescripción de tratamientos de conservación preventivos.

CATEGORÍA DEL DETERIORO	TIPO DE DETERIORO	ACCIONES POTENCIALES
Agrietamiento	Agrietamiento por fatiga	No es candidato para Conservación Preventiva
	Agrietamiento por bloque (bajo a moderado)	Tratamiento en frío, riego de sello, sobrecarpeta delgada en caliente
	Agrietamiento en esquinas	Tratamiento de grietas
	Agrietamiento longitudinal	Tratamiento de grietas
	Agrietamiento reflejado en juntas	Tratamiento de grietas
	Agrietamiento transversal	Tratamiento de grietas
Bacheo y Baches Abiertos	Bache/bache deterioro	Pavimentos con bacheo extensivo no son buenos candidatos para Conservación Preventiva
	Baches abiertos	Pavimentos con baches abiertos no son buenos candidatos para conservación preventiva
Defectos Superficiales	Roderos- Densificación del pavimento	Rellenar los roderos con sello microsuperficial o riego de sello en línea, después con tratamiento en frío delgado o riego de sello
	Roderos- Concreto asfáltico de baja estabilidad.	La Conservación Preventiva no reparará el problema
	Arriñonamiento	Pavimento inestable, no es candidato para Conservación Preventiva
	Llorado	Sello con arena, riego de sello, sobrecarpeta de poco espesor
	Agregado pulido	Riego de asfalto, sobrecarpeta delgada en frío, sobrecarpeta delgada en caliente
	Desprendimiento de material	Riego de asfalto, sobrecarpeta delgada en frío, sobrecarpeta delgada en caliente

La extensión de la vida de servicio por la aplicación de un tratamiento preventivo de conservación, depende de la tasa de deterioro del pavimento. La condición del pavimento posiblemente sea el factor más importante para el logro del beneficio máximo de un tratamiento de conservación preventivo.

Un ingeniero debe evaluar un camino a semejanza de cómo un médico diagnostica a un paciente. Cada paciente tiene diferentes características, y el médico prescribe un medicamento para que se adecuado para un individuo en particular. Similarmente, el

ingeniero debe seleccionar un tratamiento de conservación preventivo que sea adecuado la condición única del pavimento.

Por ejemplo el Departamento de Carreteras de Michigan prescribe tratamientos preventivos de conservación en base a evaluaciones de la condición del pavimento, no por programa de aplicación en un tiempo dado.

En la siguiente tabla se presentan las ganancias en la vida de servicio de los pavimentos para varios tratamientos de conservación preventivos.

Ganancia en la extensión de vida de servicio por tratamientos preventivos.

Tratamiento	Tipo de Pavimento	Extensión de la vida de Servicio (años) ^a
Rellenado de grietas.	Flexible	Por arriba de 2
	Compuesto	Por arriba de 2
Sellado de grietas.	Flexible	Por arriba de 3
	Compuesto	Por arriba de 3
	Rígido	Por arriba de 3
Riego de sello sencillo.	Flexible	3 a 6
	Compuesto	N/D ^b
Riego de sello doble capa	Flexible	4 a 7
	Compuesto	3 a 6
Slurry seal	Flexible	N/D ^b
	Compuesto	N/D ^b
Microsurfacing (una capa)	Flexible	3 a 5 ^c
	Compuesto	N/D ^b
Microsurfacing (capas múltiples)	Flexible	4 a 6 ^c
	Compuesto	N/D ^b
Sobrecarpetas ultradelgadas- (20-mm)	Flexible	3 a 5 ^c
	Compuesto	3 a 5 ^c
Sobrecarpetas (40-mm)	Flexible	5 a 10
	Compuesto	4 a 9
Fresado con sobrecarpeta (40-mm)	Flexible	5 a 10
	Compuesto	4 a 9
Resellado de juntas.	Rígido	3 a 5
Reparación de desportillamientos.	Rígido	Por arriba de 5
Reparación profunda	Rígido	3 a 10
Fresado con diamante	Rígido	3 a 5 ^c

Ganancia en la extensión de vida de servicio por tratamientos preventivos.

Tratamiento	Tipo de Pavimento	Extensión de la vida de Servicio (años)^a
Recolocación de pasajuntas.	Rígido	2 a 3 ^c
Rehabilitación	Rígido	7 a 15 ^c

Notas

^aEl rango de tiempo es el beneficio dado al pavimento por la extensión de su vida de servicio, no la longevidad anticipada del Tratamiento.

^bNo existen suficientes datos disponibles para determinar el valor de la extensión de vida..

^cSe requiere información adicional para cuantificar con mas exactitud la extensión de la vida

4. EVALUACIÓN DE LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS.

Introducción.

Cuando comentamos o hablamos sobre el tema de la evaluación de carreteras regularmente nos referimos a la evaluación de los pavimentos.

Los pavimentos constituyen el tópico central del objetivo de las carreteras, sirven y son el único contacto físico con el usuario y su condición o estado los afectan de diversas formas: económicamente, en su seguridad y en la escala social. Su condición también impacta al desarrollo económico, ya sea de un país o de una cierta área geográfica. De ahí la importancia de su evaluación.

Lo anterior no significa que los demás elementos que integran una carretera no requieran ser evaluados, desde luego que sí, pero regularmente esta evaluación se lleva a cabo en términos de los sistemas de gestión que se apliquen para tal fin y en donde la evaluación de los pavimentos es una parte muy importante de los mismos.

En este tema por consiguiente nos referiremos a la evaluación de los pavimentos para conocer su condición o estado en términos de su desempeño durante su vida útil, de proyecto o dentro de cierto periodo determinado conforme a los sistemas de gestión. Este desempeño se evalúa en función del confort de manejo medido a través del Índice de Servicio vs. Tiempo, como se muestra en la siguiente figura.



Sobre esta idea hablaremos de:

- Que evaluar.
- Cuando Evaluar.
- Con qué evaluar. En términos de equipos y procedimientos.
- Usos de los datos de la evaluación.

La condición y desempeño de los pavimentos es un tópico central que concierne a la gestión de los pavimentos porque la mayoría de los ingenieros que los diseñan y el personal que los conserva deben considerar la condición del pavimento en sus actividades.

Por mucho el mayor grupo interesado es el compuesto por los usuarios de la carretera que transitan sobre el pavimento. Cada usuario califica la condición del pavimento ya sea

conciente o inconcientemente cada vez que el o ella manejan un vehículo de motor, un vehículo de pista o durante el despegue o aterrizaje en una aeronave.

Existen muchas razones importantes para evaluar la condición y desempeño de un pavimento y las metodologías para llevarlo a cabo. Los nombres aplicados a este proceso de evaluación son variados, y muchas de las definiciones no son muy claras. Términos como: Índice de serviciabilidad, evaluación de la condición, calificación de suficiencia, calificación de desempeño y otras son a menudo usadas de manera intercambiable por ingenieros, técnicos y abogados.

Las definiciones de tales términos, sin embargo, no son precisas y difieren dependiendo de las diversas partes interesadas. Es importante tener un uso mas preciso de los términos y definiciones; por ello en este tema estaremos usando los términos comúnmente aceptados en nuestro país y en aquellos casos en donde algún proceso no este definido, usaremos el término comúnmente aceptado internacionalmente.

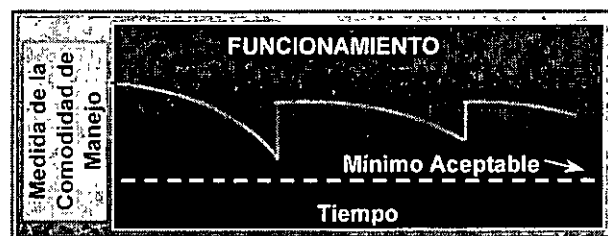
La condición de un pavimento siempre ha tenido una preocupación central en la gestión de pavimentos. Preguntas tales como: ¿si el contratista realizo un adecuado trabajo de construcción o mantenimiento?, ¿si la carretera necesita conservación?, ¿si el pavimento requiere reconstruirse?, o bien ¿si el pavimento requiere de la construcción de una sobrecarpeta, están directamente relacionadas con la condición del pavimento, ya sea la actual o la esperada en el futuro.

Desempeño del pavimento.

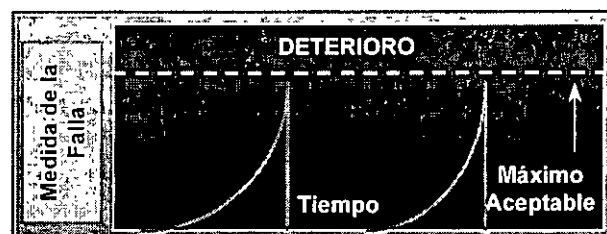
Para evitar confusiones en la evaluación de los daños en pavimentos, en cuanto a magnitud o severidad en el deterioro, pérdida de su desempeño, valor de la carretera, seguridad y costo del usuario, los ingenieros en carreteras han establecido como criterio, la evaluación ciertos parámetros indicativos de magnitud de daño, los cuales al ser medidos proporcionan curvas de comportamiento en el tiempo mediante las cuales se puede determinar si los parámetros evaluados se encuentra dentro de los estándares establecidos o por debajo de ellos.

Los parámetros más comunes para la evaluación del desempeño involucran las siguientes mediciones:

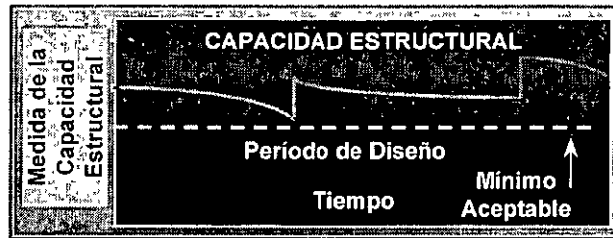
- Desempeño del pavimento. Valorizado a través del Índice de Servicio, el cual puede ser medido ya sea por calificaciones subjetivas (calificación actual, ISA, IRI, etc.)



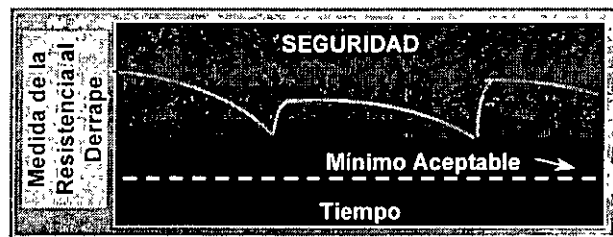
- Nivel de deterioro. Magnitud y severidad de los deterioros.



- Costo del usuario. Relación confort de manejo contra desempeño del pavimento.
- Capacidad estructural. Capacidad del pavimento para soportar las cargas inducidas por el tránsito.



- Seguridad. Rugosidad del pavimento en condición de presencia de agua.



- Costo de mantenimiento. Incremento o disminución de este costo.

Objetivos de la Evaluación de Pavimentos.

La evaluación de pavimentos proporciona la información para los programas de inversión y mantenimiento, fases dentro del sistema de administración de pavimentos mediante las cuales se determinan las diferencias en secciones de pavimentos y por esta razón se identifican las necesidades de rehabilitación.



En el caso de pavimentos nuevos, la información procedente de la evaluación sirve como retroalimentación para el

diseño y la construcción de pavimentos. Es por esta razón que la evaluación es esencial para una buena administración de pavimentos. Ya que está íntimamente ligada con todas las fases: inversión/programación, diseño, construcción, mantenimiento e investigación.

El nivel o el grado de detalle en la frecuencia en las mediciones de evaluación dependen de cada situación en particular y de los requisitos del departamento encargado de una red de carreteras.

La medición de las características de un pavimento y la evaluación de los datos tienen como propósito los siguientes objetivos:

- Verificar si la función y el comportamiento esperado se ha logrado.
- Proporcionar la información para la planeación de la rehabilitación.
- Proporcionar la información para mejorar las técnicas de diseño, construcción y mantenimiento.

Principales tipos de evaluación

Pueden existir un gran número de factores que afectan en forma sencilla o combinada la velocidad de deterioro de un pavimento, consecuentemente afectando el servicio que presta a los usuarios. Estos factores generalmente pueden ser englobados en las siguientes clases:

- Factores del tráfico
- Factores de clima y/o medioambiente
- Espesor de las capas de la estructura del pavimento
- Características de las diferentes capas que constituyen el pavimento y las características de la subrasante.
- Factores de construcción
- Factores de mantenimiento

A pesar de que no se puede tener control sobre todos los factores mencionados con anterioridad, éstos deben ser considerados dentro de un sistema de administración de pavimentos.

Los efectos de estos factores se presentan en diversas formas de deterioro, tales como el decremento en la capacidad estructural por efecto de las cargas aplicadas al pavimento, el incremento en la rugosidad, deterioros del tipo (agrietamiento, desintegración, distorsión) y el decremento en la resistencia al derrapamiento.

Desempeño y evaluación

El desempeño de un pavimento es una función de su relativa habilidad para servir al tránsito sobre un periodo de tiempo (Highway Research Board, 1962). Originalmente la relativa habilidad de un pavimento para servir al tránsito fue determinada de manera bastante subjetiva a través de inspecciones visuales y por la experiencia.

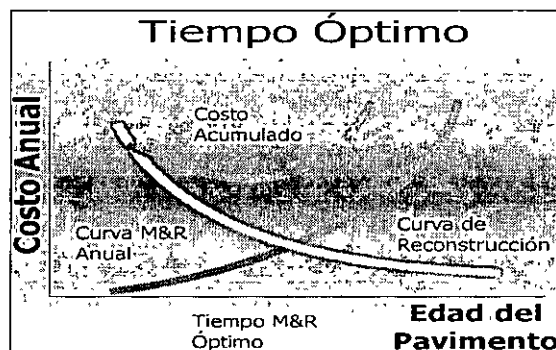
Sin embargo, la experiencia es difícil de transferir de una persona a otra, y las decisiones individuales de datos similares a menudo suelen ser inconsistentes.

A finales de los años 50's, sistemas objetivos de medición (tales como: medidores de la rugosidad y equipos para medir la deflexión y la resistencia al derrapamiento) comenzaron

a aparecer y con los cuales se podía cuantificar la condición y el desempeño del pavimento.

Estos sistemas, junto con las evaluaciones visuales de deterioros, fueron usados como ayuda en la toma de decisiones para la conservación y rehabilitación. Con el paso del tiempo han sido refinados y actualizados para proporcionar resultados rápidos y objetivos para (Hicks and Mahoney, 1981):

- **Establecer las prioridades de mantenimiento.** Datos de condición tales como: rugosidad, deterioro y deflexión son usados para establecer los proyectos que más requieren conservación y rehabilitación. Una vez identificados, los proyectos en la condición mas pobre (baja clasificación) serán evaluados estrechamente para determinar las estrategias de **reparación**.
- **Determinar las estrategias de conservación y rehabilitación.** Datos de las observaciones visuales son usados para desarrollar un plan de acción anual en el que las estrategias (bacheo, tratamientos superficiales, sobrecarpetas, reciclados, etc.) son las más apropiadas para una determinada condición de pavimento.
- **Predecir el desempeño del pavimento.** Datos, como la rugosidad, la resistencia a la fricción, el deterioro o una evaluación combinada, son proyectada hacia el futuro para asistir en la preparación de presupuestos de largo plazo o para estimar la condición de los pavimentos en una red de carreteras para un presupuesto dado como fijo.



Como ya mencionamos con anterioridad la determinación del desempeño de un pavimento se determina mediante la evaluación de:

- Rugosidad.
- Deterioro de la superficie.
- Resistencia a la fricción.
- Evaluación de la capacidad estructural.

Rugosidad.

La rugosidad de un pavimento es generalmente definida como una expresión de irregularidades en la superficie del pavimento que afecta adversamente la calidad de manejo e un vehículo (y desde luego al usuario). La rugosidad es una importante característica del pavimento porque esta afecta no solo la calidad de manejo pero también el costo de demora del vehículo, el consumo de combustible y el costo de mantenimiento.

El Banco Mundial encontró que la rugosidad de una carretera es el primer factor de análisis y posición en donde se involucra la calidad de la carretera versus el costo del usuario (UMTRI, 1998).

Medición.

Hoy en día, la rugosidad es típicamente cuantificada usando alguna forma de ya sea de el Valor Presente de Serviciabilidad (Present Serviciability Rating, PSR), (mejor conocido en nuestro país como Índice de Servicio, IS), del Índice Internacional de Rugosidad (International Roughness Index, IRI) u otro tipo de Índice en donde el IRI ha tomado predominancia.

Índice de Servicio. (IS)

La prueba de caminos de AASHO (Highway Research Board, 1962) desarrollo una definición de la serviciabilidad del pavimento, el Índice de Servicio (IS), que está basado en la observación individual. El IS es definido como: "El juicio de un observador en cuanto a la capacidad actual de un pavimento para servir al tránsito en su significado de servir" (Highway Research Board, 1962).

Para generar los valores originales los observadores en la Prueba de Caminos de AASHO manejaron alrededor de los tramos de prueba y calificaron el manejo usando la escala cuantitativa mostrada en la siguiente figura.

Acceptable?

Si

No

Sin decisión

5 - Muy Buena

4 - Regular

3 - Buena

2 - Pobre

1 - Muy Pobre

0 -

Identificación de la sección _____ Calificación _____

Valuador _____ Fecha _____ Tiempo _____ Vehículo _____

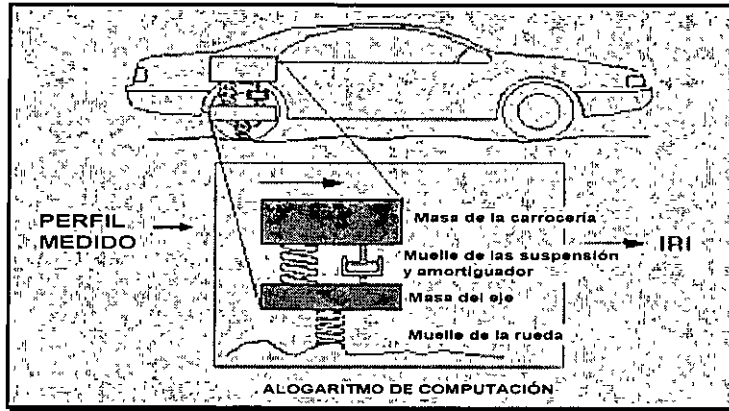
Formato de Evaluación del IS

Esta escala subjetiva varía de 5 (excelente) a 0 (esencialmente impasable). Debido a que el IS esta basado en las interpretaciones de la calidad de manejo de un pasajero, generalmente refleja la rugosidad del camino porque en gran parte determina la calidad de manejo.

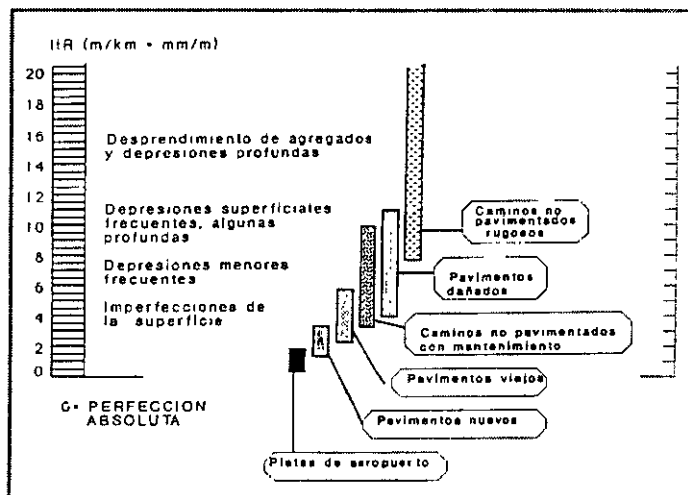
Índice Internacional de Rugosidad. (IRI)

El Índice Internacional de Rugosidad fue desarrollado por el Banco Mundial en los años ochentas (UMTRI, 1998). El IRI es usado para definir las características del perfil de viaje longitudinal en la rodada y constituye una medida estandarizada de la rugosidad.

Las unidades comúnmente recomendadas son metros por kilómetro (m/km) o milímetros por metro (mm/m). El IRI está basado en el promedio de la pendiente rectificada (ARS por sus siglas en inglés), la cual es una proporción de los movimientos acumulados de la suspensión de un vehículo estándar (en pulgadas, milímetros, etc.) dividida por la distancia de viaje del vehículo durante la medición (kilómetros, millas, etc.).



El IRI es entonces igual al promedio de la pendiente rectificada (ARS) multiplicada por 1000. La escala de los valores de inicio y fin del IRI, se presenta en la siguiente figura.



Escala de valores del IRI

Correlaciones entre el IS y el IRI.

Se han desarrollado varias correlaciones entre el IS y e IRI. En este tema presentaremos solo dos. La primera reportada en 1986 por Paterson.

$$PSR = 5e^{-0.18(IRI)}$$

En donde: IS = Índice de Servicio

IRI = Índice Internacional de Rugosidad

La segunda fue reportada en 1992 en un estudio auspiciado por el departamento de carreteras de Illinois por Al-Omari y Darter:

$$PSR = 5e^{-0.26(IRI)}$$

En donde: IS = Índice de Servicio

IRI = Índice Internacional de Rugosidad

Técnicas de Medición

Los equipos para la evaluación de la rugosidad pueden ser clasificados en cuatro grandes categorías como se describe en la siguiente tabla.

Equipos para la medición de la Rugosidad

Equipo / Técnica	Complejidad
a) Evaluación con barra y nivel	Los mas simples
b) Dipstick	
c) Perfilógrafos	Simple
d) Medidores de la Rugosidad del camino denominados tipo de respuesta	Complejos
e) Dispositivos de dibujo del perfil	Mas complejos

a) Evaluación con barra y nivel

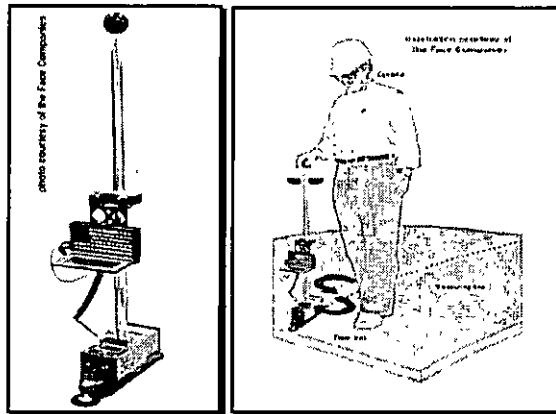
Las evaluaciones llevadas a cabo por una brigada de estudio pueden proporcionar una medición precisa del perfil del pavimento. El uso de este tipo de estudios para grandes proyectos es sin embargo impráctico y de costo prohibitivo.

b) Dipstick.

El perfilógrafo Dipstick puede ser usado para recolectar una cantidad relativamente pequeña de mediciones del perfil del pavimento. Este equipo consiste de un inclinómetro unido a una caja soportada por dos patas separadas 30.5 mm. Con dos pantallas digitales, una en cada punto del equipo. Cada pantalla lee la elevación de una pata relativa a la elevación de la otra pata.

El operador camina con el equipo hacia abajo para colocarlo en la sección previamente marcada para la medición sobre el pavimento, alternadamente pivoteando el equipo con referencia a cada pata. Las lecturas son registradas secuencialmente a medida que el operador transversa la sección.

El equipo registra de 10 a 15 lecturas por minuto. Un programa de cómputo analiza y proporciona un perfil exacto dentro de un rango de ± 0.127 mm. El Dipstick es comúnmente usado para medir un perfil de calibración para equipos más complejos.



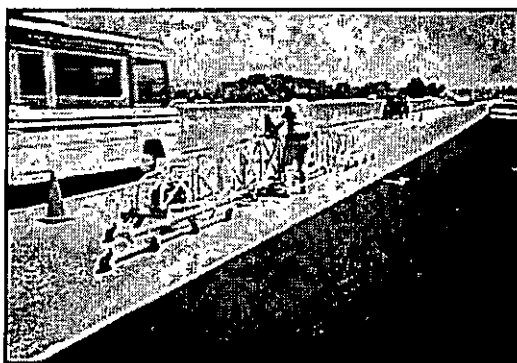
Dipstick 2000 Operation del Dipstick

c) Perfilógrafos.

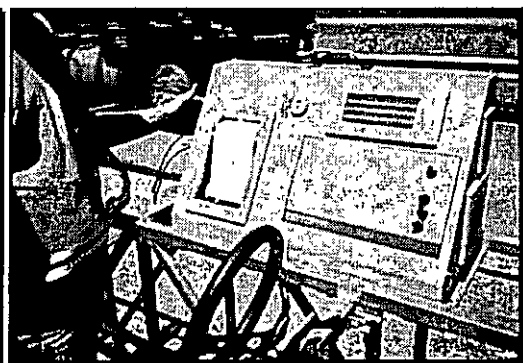
Los perfilógrafos han estado disponibles desde hace bastantes años y existe una variedad de diferentes formas, configuraciones y marcas. Debido a su diseño no son prácticos para la evaluación de la condición en redes de caminos. El uso mas común hoy en día es para la evaluación de la construcción de pavimentos rígidos, su control y aceptación.

Las mayores diferencias de entre los perfilógrafos involucran la configuración de sus ruedas y la operación de los procedimientos de medición de cada equipo.

Los perfilógrafos tienen una rueda sensible, montada para proporcionar un movimiento vertical libre al centro de un marco. La desviación en comparación con plano de referencia establecido desde el marco del perfilógrafo, es registrada (automáticamente en algunos modelos) en una gráfica de papel proveniente del movimiento de la rueda de sensibilidad. Los perfilógrafos pueden detectar muy ligeras desviaciones u ondulaciones hasta de 6 m. de longitud.



Perfilógrafo



Registro de datos

d) Medidores de la Rugosidad del camino del tipo de respuesta.

La tercera categoría de equipos para la evaluación de la rugosidad son los del tipo de respuesta, comúnmente llamados "medidores del camino". Estos equipos son adecuados para la evaluación de rutina de una red de caminos y proporcionan una representación adecuada de su condición. Los resultados pueden proporcionar a los administradores una indicación general de la condición de la red para efectos de las necesidades de conservación.

Estos equipos miden los movimientos verticales relativos del eje trasero de un automóvil o de un eje de un remolque con respecto a su marco. Los medidores son instalados en vehículos con un transductor de desplazamientos en el cuerpo del vehículo, localizado entre la mitad del eje y el cuerpo de un automóvil o remolque.

El transductor detecta incrementos pequeños del movimiento relativo del eje con respecto al cuerpo del vehículo o remolque. Los resultados consisten de una gráfica del movimiento relativo actual del eje cuerpo en contra del tiempo de viaje.

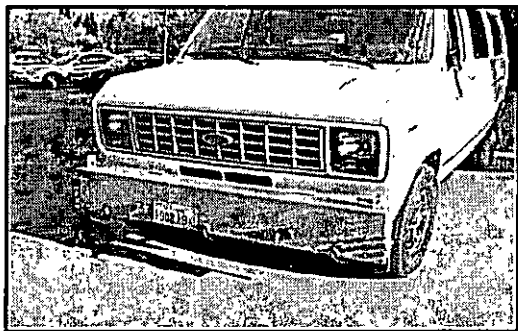
La desventaja de este tipo de equipos es que la medida del movimiento del eje contra el tiempo depende de la dinámica particular del vehículo de medición, la cual resulta en dos efectos no deseados (UMTRI, 1998):

- *Los métodos de medición de la rugosidad no han sido estables con el tiempo.* Las medidas hechas el día de hoy con este tipo de equipos no pueden ser comparadas con certidumbre con las realizadas años antes.
- *Las mediciones de la rugosidad no han sido transportables.* Las mediciones de estos equipos hechas por un sistema son raramente reproducidas por otro.

Debido a estos dos efectos, los equipos de dibujo del perfil están siendo más populares.

e) Equipos de dibujo del perfil.

Estos equipos son usados para proporcionar exactas, escalas y completas reproducciones del perfil del pavimento dentro de un cierto rango. Están disponibles en diversas formas y pueden ser usados para calibrar los equipos de "tipo de respuesta". Los equipos pueden ser bastante costosos y complejos.



Perfilógrafo de Dakota del Sur.

Tres tipos genéricos de sistemas de dibujo de perfil son usados hoy en día:

- *De borde recto.* Sistema más simple de equipos de dibujo del perfil. Modificaciones a estos equipos como el montarlos en una rueda, dan como resultado un perfilógrafo.
- *Sistemas de baja velocidad.* Sistemas de baja velocidad como el perfilógrafo CHLOE se mueven sobre planos de referencia. El CHLOE es un remolque largo remolcado a velocidades de entre 3 a 8 kilómetros por hora. La baja velocidad es

necesaria para prevenir cualquier medida de respuesta dinámica durante las lecturas. Unos pocos departamentos de carreteras utilizan este equipo para efectos de calibrar sus Perfilógrafos del "tipo de respuesta".

- *Sistemas inerciales de referencia.* Equipos mas sofisticados para el dibujo del perfil usan el sistema inercial de referencia. Estos equipos miden y computan el perfil longitudinal a través de la creación de una referencia inercial usando acelerómetros colocados en el cuerpo del vehículo de medición para medir el movimiento del cuerpo del vehículo. El desplazamiento relativo entre el acelerómetro y el perfil del pavimento es medido ya sea con un sistema de sensor de contacto o de no contacto.

Los primeros equipos usaron el sistema de medida del tipo de contacto con el pavimento para medir el perfil. Algunos sistemas de contacto han sido usados y son todavía usados. El Laboratorio de Investigación de Caminos de Francia desarrollo el perfilógrafo longitudinal ANALIZER (APL) EN 1968.

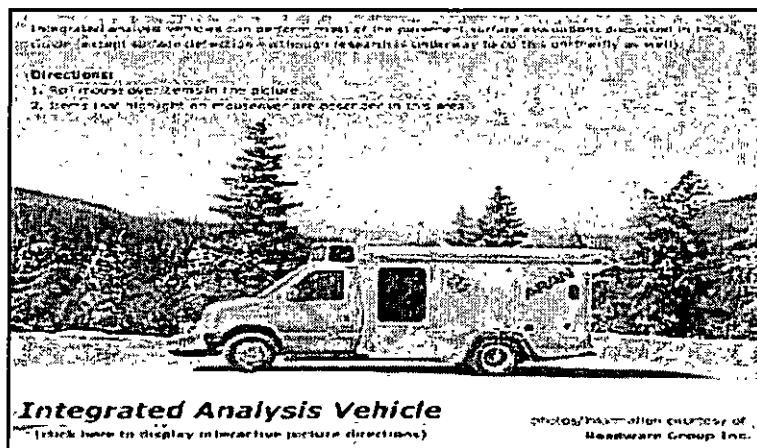
Los sistemas usados hoy en día en los Estados Unidos son instalados frecuentemente en camionetas tipo Van, en las cuales están las microcomputadoras y otros dispositivos de manejo de datos e instrumentos de procesamiento. Los equipos mas antiguos usan equipos de contacto, mientras que los modelos mas recientes usan sistemas de no contacto con el pavimento.

Los sistemas de no contacto usan sondas, ya sea acústicas o de luz para medir diferencias en la superficie del pavimento. Por ejemplo el perfilógrafo del estado de Dakota del Sur simultáneamente colecta tres perfiles ultrasónicos, uno para cada rodada y uno para la línea del centro.

Estos perfiles son usados para calcular (por computadora) una medida matemática de la rugosidad y un estimado de las deformaciones permanentes (roderas) a intervalos específicos a lo largo de la carretera.

Un sistema modificado del mismo perfilógrafo de Dakota del Sur combina los tres sensores ultrasónicos con dos sensores láser, uno para cada rodada, para mediciones simultaneas del mismo camino a través de dos tipos diferentes sensores bajo condiciones idénticas.

Sistemas de Perfilógrafos con unidades integradas de análisis pueden de manera continua colectar una amplia variedad de datos a la velocidad del flujo del tránsito, tales como:



- Perfil transversal y roderas.

- Grado de curvatura y pendiente transversal.
- Textura del pavimento.
- Condición del pavimento y deterioros.
- Coordinación de datos vía GPS.
- Vista panorámica del derecho de vía en video.
- Video del pavimento.
- Localización de aspectos específicos.

Resumen de equipos de medición.

A continuación se presenta una tabla con los equipos para la medición de la rugosidad que son usados hoy en día, en donde se incluyen datos como: principios de medición, costo relativo, grado de exactitud y la tendencia de su uso actual o futuro.

Equipos de evaluación de la rugosidad (from FHWA, 1989)

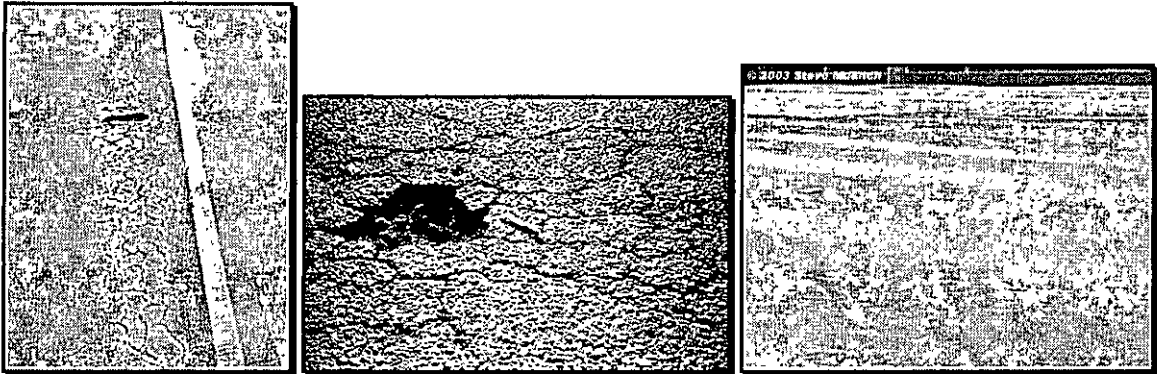
Tipo	Principio de Medición	Costo	Costo relativo de Evaluación (Red)	Grado relativo de Exactitud	Fecha aproximada de desarrollo	Extensión de su uso actual	Uso proyectado
Dipstick	Mediciones diferenciales directas	Bajo	Impractico	Muy Alto	1980s	Uso limitado para calibración	Mismo del uso actual
Perfilógrafos	Registro directo del perfil	Bajo	Impractico	Medio	1960s	Uso extensivo para aceptación de construcción	Mismo del uso actual
Rogúmetro BPR	Dispositivo de respuesta	Bajo	Bajo	Medio	1940s	Limitado	Ninguno
Mays Meter	Vehículo de respuesta	Bajo	Bajo	Medio	1960s	Extensivo	Decreciendo Continuamente
Perfilógrafo de Dakota del Sur	Registro directo del perfil	Medio	Bajo	Alto	1980s	Creciendo	Incrementándose rápidamente
Perfilógrafos de contacto	Registro directo del perfil	Alto	Medio	Muy Alto	1970s	Limitado	Decreciendo
Perfilógrafos de no contacto	Registro directo del perfil	Alto	Medio	Muy Alto	1980s	Medio	Incrementándose Continuamente

Deterioros de la superficie.

Los deterioros de la superficie son "Cualquier indicación de lo pobre o desfavorable desempeño del pavimento o señales de inminente falla; cualquier desempeño insatisfactorio del pavimento próximo a la fatiga" (Highway Research Board, 1970). Las formas de deterioro de la superficie pueden ser en términos generales clasificadas dentro de los siguientes tres grupos:

- *Fractura*. Esta puede ser en la forma de agrietamiento (en pavimentos flexibles y rígidos) o desportillamiento como resultado de cargas excesivas, fatiga, cambios térmicos, daños por humedad, derrapamiento o contracción.
- *Distorsión*. Esta se presenta en la forma de deformación (roderas, corrugaciones y arriñonamiento), los cuales pueden ser el resultado de: cargas excesivas, desplazamientos, densificación, consolidación, ondulaciones o por la acción de los ciclos de deshielo.
- *Desintegración*. Esta se presenta en la forma de: Pérdida de agregado, desprendimiento de agregado o desportillamiento, como resultado de la pérdida de adherencia, reactividad química, abrasión del tránsito, degradación de los agregados, deficiente consolidación/compactación o envejecimiento del asfalto.

Por lo tanto los deterioros de la superficie serán de alguna manera relacionados con la rugosidad (a mayor agrietamiento, distorsión y desintegración, el pavimento será más rugoso) además la integridad estructural (el deterioro de la superficie puede ser una señal de impedimento o de la presencia de problemas estructurales).



Medición.

La medición del deterioro puede ser, ya sea, subjetiva u objetiva. Un ejemplo simple de una medición subjetiva puede ser la calificación de alto, medio o bajo, basándose en una breve inspección visual. Las mediciones objetivas, las cuales generalmente son más costosas de realizar, usan diferentes tipos de equipos automatizados de detección de deterioros.

Técnicas de medición.

Las técnicas de medición son mayormente visuales. Las técnicas antiguas empleaban equipo de individuos, quienes manejaban a través de cada kilómetro de pavimento a ser medido. Las velocidades eran usualmente bastante lentas (del orden de 16 km/hr) y las medidas fueron hechas visualmente.

Los métodos actuales registran la superficie del pavimento en imágenes de video a la velocidad del flujo del tránsito usando equipos especiales instalado en camioneta tipo Van. Esto se hace con equipos de cámaras de alta resolución

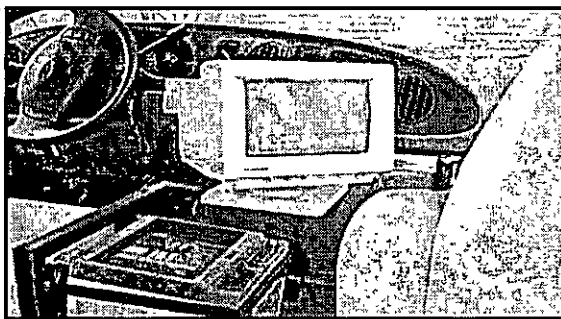
La evaluación es realizada ya sea manualmente a través de analizar el video en estaciones de trabajo diseñadas especialmente para este tipo de trabajos o automáticamente a través de un software dentro de un sistema de cómputo.

Las ventajas de estos métodos actuales son (Sivaneswaran and Pierce, 2001):

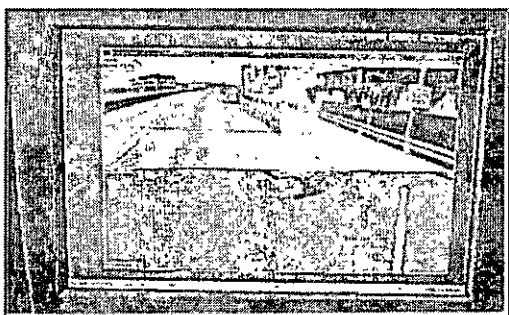
- *Seguridad.* Los datos son colectados a la velocidad del flujo del tránsito de la carretera, eliminando la necesidad de manejar a bajas velocidades o sobre el acotamiento.
- *Datos precisos y completos de los deterioros.* Cada deterioro junto con su extensión, severidad y localización es identificado y almacenado en una base de datos. El sistema es también menos propenso a errores de calificación.
- *Un control de calidad más efectivo.* Una posición centralizada de evaluación y menos datos subjetivos permiten un control de calidad mucho mejor.
- *Más eficiente colección de datos.* Datos sobre deterioros de la superficie, roderas y rugosidad son colectados al mismo tiempo usando los mismos datos de colección del vehículo.
- *Imágenes de video y digitales* están disponibles para otros usuarios. Están disponibles para el personal encargado del mantenimiento y de puentes y en el futuro podrán estar disponibles en Internet.



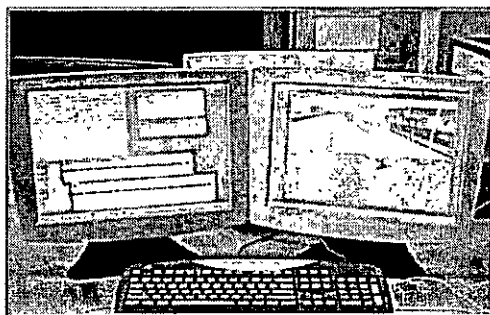
Van para la evaluación de la calificación de la condición del pavimento del Departamento de Carreteras de Washington



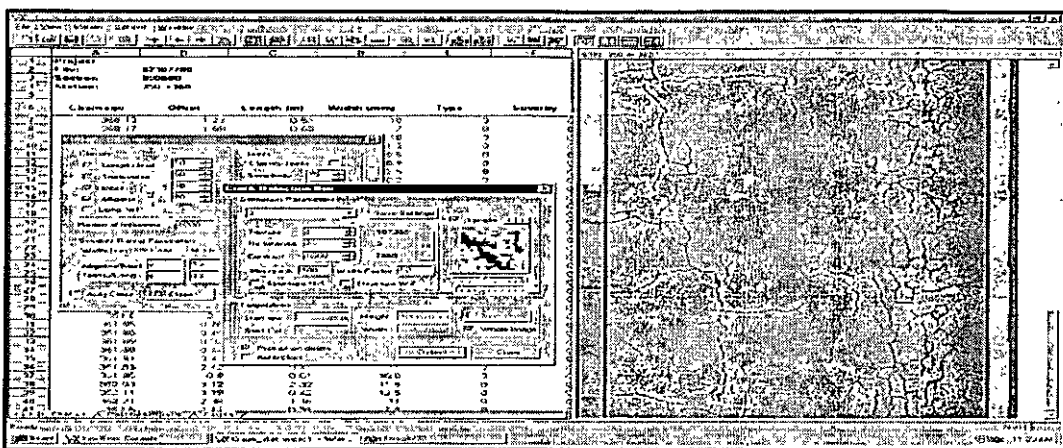
Interior de la Van



Imágenes de video de la calificación de la condición del pavimento



Estación de trabajo de la calificación de la condición del pavimento



Vista de la pantalla de un sistema computarizado automático para la detección de agrietamientos.

Las unidades integradas de análisis pueden coleccionar los datos de los deterioros de la superficie del pavimento de la forma que se describió con anterioridad y también datos sobre una variedad de otras características a la velocidad del flujo de tránsito de la carretera, tales como:

- Perfil transversal y roderas.
- Grado de curvatura y pendiente transversal.
- Textura del pavimento.
- Coordinación de datos via GPS.
- Vista panorámica del derecho de vía en video.
- Video del pavimento.
- Localización de aspectos específicos.

Resistencia a la fricción.

La Resistencia a la fricción es la fuerza desarrollada cuando una llanta que es impedida de rotar es deslizada a lo largo de la superficie del pavimento (Highway Research Board, 1972). La resistencia a la fricción es un parámetro de evaluación importante debido a:

La resistencia a la fricción es la fuerza desarrollada cuando un neumático que se previene de rotar resbala a lo largo de la superficie del pavimento (Highway Research Board, 1972). La resistencia a la fricción es un parámetro importante de la evaluación del pavimento porque:

- Una inadecuada resistencia a la fricción conducirá a incidencias más altas de accidentes relacionados con este parámetro.
- La mayoría de las agencias tienen la obligación de proveer a los usuarios un camino que sea "razonablemente" seguro.
- Las medidas de la resistencia a la fricción se pueden utilizar para evaluar varios tipos de materiales y de prácticas de la construcción.

La siguiente tabla muestra algunos números típicos de la resistencia a la fricción (cuanto más alto es el SN, es mejor).

Numero de deslizamiento	Comentarios
<0 30	Tomar medidas para corregir
≥0 30	Aceptable para caminos de bajo volumen de tránsito
0.31 – 0.34	Evaluar el pavimento frecuentemente
≥0 35	Aceptable para caminos altamente transitados

Valores típicos de los números de deslizamiento

(Jayawickrama et al., 1996)

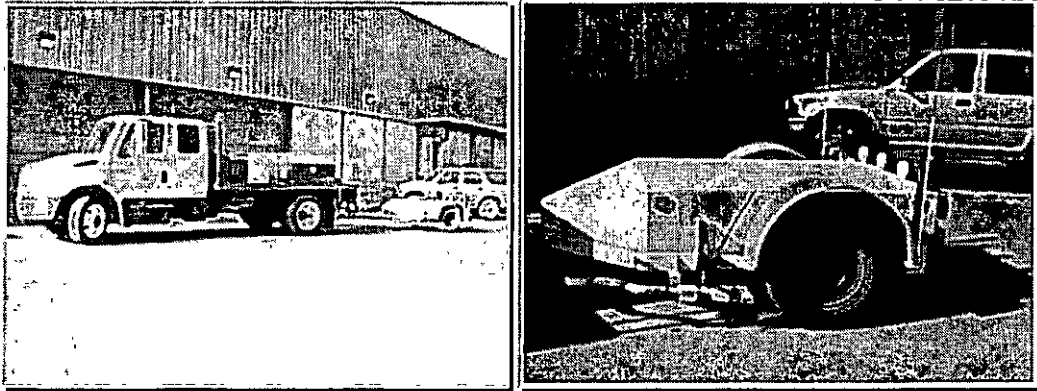
Técnicas de medición

La evaluación de la resistencia a la fricción puede llevarse a cabo con diferentes equipos y de diferentes maneras. Los más comunes son:

a) Equipo de rueda bloqueada.

Los métodos más comúnmente usados para la medición de la resistencia a la fricción usan alguna forma del equipo de rueda bloqueada. Básicamente, este método usa una rueda bloqueada que se desliza a lo largo de la superficie a medir. Un sistema típico de medición del tipo de rueda bloqueada debe contar con:

- Un vehículo de prueba con una o más ruedas de prueba incorporadas hacia o como parte de un remolque.
- Un neumático estándar para el uso en la rueda de la prueba. El neumático estandarizado de la prueba, es un neumático sin tubo, inclinación-capas G78x15 con siete surcos circunferenciales, está especificado por AASHTO M 261 o ASTM E 501. Un neumático más nuevo, sin surcos, parece también estar ganando aceptación.
- Especificando el neumático estándar de la prueba, el tipo y el diseño del neumático son eliminados como variables en la medición de la resistencia a la fricción del pavimento.
- Medios de transportar el agua (generalmente 750 a 1900 litros) y el dispositivo necesario para entregarla delante de la rueda de prueba a la velocidad de la prueba.
- Un transductor asociado a la rueda de prueba que detecta la fuerza desarrollada entre la rueda de prueba que se desliza y el pavimento.
- Equipo del condicionamiento de la señal electrónica para recibir la señal de salida del transductor y para modificarla según lo requerido.
- Un equipo de lectura de salida apropiado analógico y/o digital para registrar ya sea la magnitud de la fuerza desarrollada o del valor calculado del número de deslizamiento resultante. (SN).



Equipo de rueda bloqueada

Para tomar una medida, el vehículo (o el remolque) se lleva a la velocidad de prueba deseada (típicamente 64 km/hr) y al agua se rocía delante del neumático de prueba para crear una superficie mojada del pavimento. El sistema de frenos del neumático de la prueba entonces actúa para trabar el neumático de prueba.

Los dispositivos de medición, miden la fuerza de la fricción que actúa entre el neumático de prueba y el pavimento y muestra el resultado como número deslizamiento (SN).

Las especificaciones para las pruebas con equipos de rueda bloqueada son:

- AASHTO T 242: Características de la fricción de superficies pavimentadas usando un neumático a capa completa
- ASTM E 274: Resistencia a la fricción de superficies pavimentadas usando un neumático de capa completa

b) Equipo de rueda de giro.

El equipo de rueda de giro se basa en la misma técnica básica que el equipo de rueda bloqueada, pero funciona de una manera opuesta. Para el equipo de rueda de giro, el vehículo (o el remolque) se lleva a la velocidad de prueba deseada (típicamente 64 km/hr) entonces la una rueda bloqueada de prueba se baja a la superficie del pavimento.

El sistema de frenos de la rueda de prueba se libera y a la rueda de prueba se le permite girar a la velocidad de crucero normal previsto para hacer contacto con el pavimento.

Matemáticamente, la fuerza de la fricción en la interfase del neumático/pavimento en todo momento corresponde a aquella que sería presente si la rueda de prueba bloqueada fuera tirada a lo largo del pavimento a la velocidad de prueba (Wambold et al., 1990).

El equipo de rueda de giro ofrece dos ventajas sobre el equipo de rueda bloqueada:

- No es necesaria la medida de fuerza, la fuerza puede ser computada sabiendo el momento de inercia de la rueda de prueba y de su aceleración rotatoria (Wambold et al., 1990). Los dispositivos de medición de fuerza de rueda bloqueada son costosos.
- Menor desgaste del neumático de la prueba debido a que está en contacto con el pavimento mientras que está trabado por un tiempo mucho más corto que el probador bloqueado de la rueda,

c) Equipo de medición de la textura de la superficie.

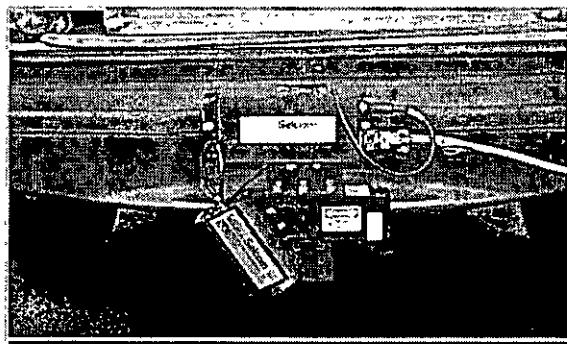
Debido a que la resistencia a la fricción del pavimento está íntimamente relacionada con la macrotextura, algunos métodos buscan medir la macrotextura del pavimento y entonces correlacionarla con resistencia a la fricción como medida realizada por algún otro método más tradicional.

La medida superficial más simple de la textura es la prueba del parche de arena (ASTM E 965)

La prueba es realizada en una superficie seca del pavimento vertiendo una cantidad conocida de arena sobre la superficie, extendiéndola, en un patrón circular con una regla. A medida que la arena se extiende, llena los puntos bajos en la superficie del pavimento.

Cuando la arena no se puede extender más lejos, el diámetro del círculo resultante es medido. Este diámetro entonces se puede correlacionar con la profundidad media de la textura, la cual, se puede correlacionar con la resistencia a la fricción. Para carreteras con alto volumen de tránsito se requiere una profundidad de la textura de cerca de 1.5 milímetros.

El láser o el equipo de proceso avanzado de imagen es capaz de determinar la macrotextura superficial desde un vehículo que se mueve a las velocidades de recorrido normales. Tal es el caso particular del analizador de la superficie de la carretera (ROSAN)



Prototipo del equipo ROSAN

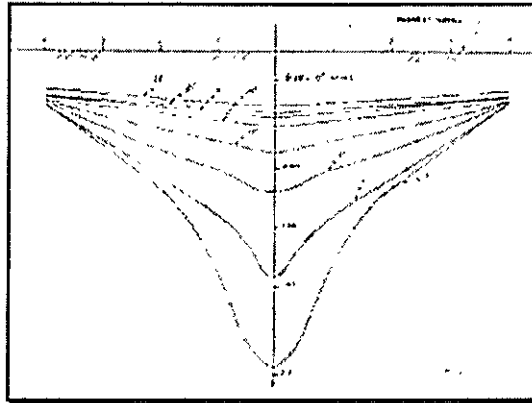
Varios equipos para la medición de la textura del pavimento por este método han sido desarrollados por el laboratorio del análisis de la superficie del pavimento del centro de investigación de Turner Fairbanks de la Federal Highway Administration de los Estados Unidos.

El ROSAN se puede utilizar para medir textura, la segregación de los agregados, estrías, juntas, y escalonamiento de losas (FHWA, 2001).

La única desventaja a este método es que el macrotextura superficial de un pavimento no determina enteramente su resistencia a la fricción. Por lo tanto, la correlación entre la macrotextura y la resistencia superficial a la fricción, es a menudo difícil de extrapolar hacia cualquier especificación de uso general.

Deflexión.

Las medidas de la deflexión superficial del pavimento son los medios principales para evaluar la transferencia de carga a la estructura de un pavimento rígido o flexible Aunque otras medidas pueden ser realizadas para reflejar (a un cierto grado) la condición estructural de un pavimento.



Bulbo de deflexión

La medida de la deflexión superficial, es un método importante de la evaluación del pavimento porque la magnitud y la forma de la deflexión del pavimento es una función del tráfico (tipo y volumen), de la sección estructural del pavimento, de la temperatura y de la humedad que afectan a la estructura del pavimento.

Las mediciones de la deflexión pueden utilizar métodos de regresión para determinar la resistencia a la flexión (rigidez) estructural del pavimento y el módulo resiliencia de la subrasante. De esta forma, muchas de las características de un pavimento pueden ser determinadas midiendo su deflexión en respuesta a carga. Aún más, las medidas de la deflexión del pavimento son no destructivas.

Medición.

La deflexión superficial de un pavimento es medida como una distancia de deflexión vertical de la superficie del pavimento como resultado de una carga aplicada (estática o dinámica). Los equipos tecnológicamente más avanzados registran esta desviación vertical en localizaciones múltiples, las cuales proporcionan una caracterización más completa de la deflexión del pavimento.

El área de la desviación del pavimento debajo y acerca a la aplicación de la carga se conoce como el "bulbo de la deflexión".

Técnicas de medición

Existen tres grandes categorías de equipos para la medición no destructiva de la deflexión:

- a) Deflexiones estáticas.
- b) Deflexiones en estado fijo.
- c) Deflexiones por impacto de una carga (FWD).

El principio general es aplicar una carga de magnitud conocida a la superficie del pavimento y analizar la forma y la magnitud del bulbo de la deflexión para determinar la capacidad de carga de la estructura del pavimento.

a) Equipo para la medición estática de la deflexión.

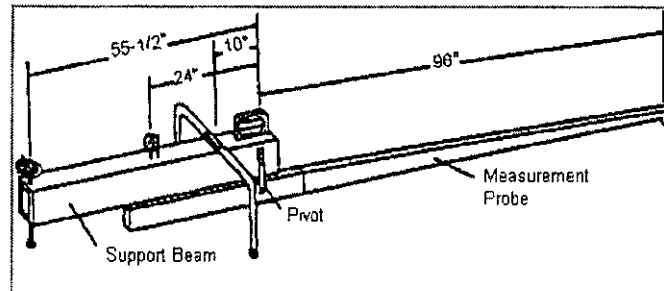
➤ Viga Benkelman

La viga Benkelman, fue desarrollada por la Asociación de Organizaciones de Carreteras de los Estados Occidentales (WASHO) en 1952, es un EQUIPO simple que funciona PO

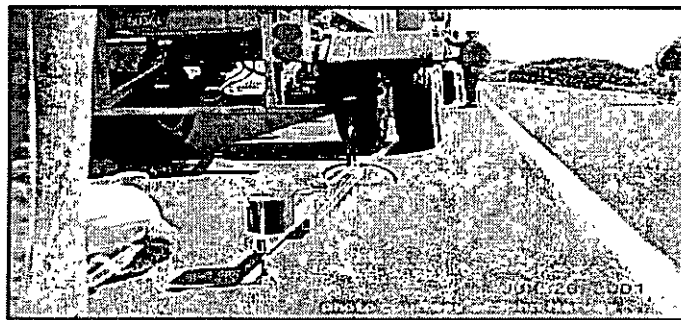
el principio del brazo de palanca. La viga de Benkelman se utiliza con un camión generalmente cargado a 80 kN (18.000 libras) en un eje sencillo con neumáticos duales inflados a una presión de entre 480 a 550 kPa (70 a 80 PSI).

La medida es hecha colocando la punta de la viga entre los neumáticos duales y medir el rebote de la superficie del pavimento cuando el camión se aleja.

La viga Benkelman es un equipo de bajo costo pero lento en cuanto a operación, dependiente de mano de obra intensiva y no proporciona un bulbo de deflexión.



Vista esquemática de la viga Benkelman



Medición de deflexión con viga Benkelman

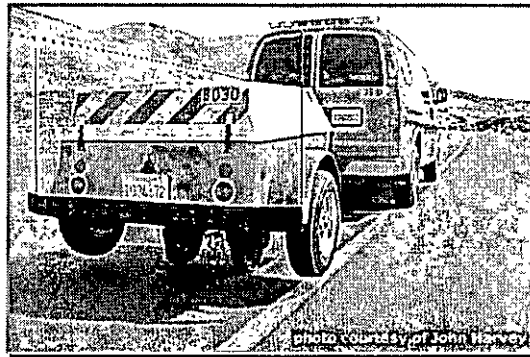
La descripción del método de prueba con la Viga Benkelman se encuentra descrito en las especificaciones:

- AASHTO T 256: Medidas de la deflexión del pavimento.
- ASTM D 4695: Medidas generales de la deflexión de un pavimento.

b) Equipo para la medición de la deflexión en estado fijo.

La medida de la deflexión con equipo en estado fijo mide la deflexión dinámica de un pavimento producida por una carga oscilante. Estos equipos consisten en un generador dinámico de fuerza (que produce la carga oscilante), un instrumento que mide el movimiento (medir la carga oscilante), una unidad de calibración y varios aparatos de medición de la deflexión (transductores, acelerómetros, sismómetros, etc.).

La ventaja principal de este equipo sobre el equipo de medición estática es que pueden medir un bulbo de la deflexión. Los equipos más comunes son el Dynaflect y el Road Rater.



Dynaflect

El equipo esta inmóvil cuando las medidas se toman con el generador de fuerza (contador giratorio de pesos) encendido y los sensores de medición de la deflexión (transductores) bajados a la superficie del pavimento. En la figura que se presenta a continuación se muestra un diagrama de la fuerza típica de salida de este equipo.

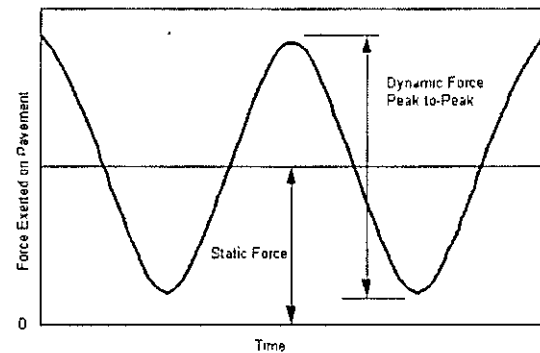
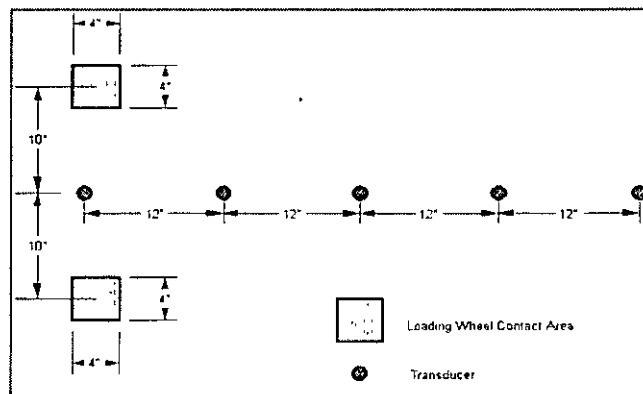


Diagrama de salida de la fuerza del Dynaflect.

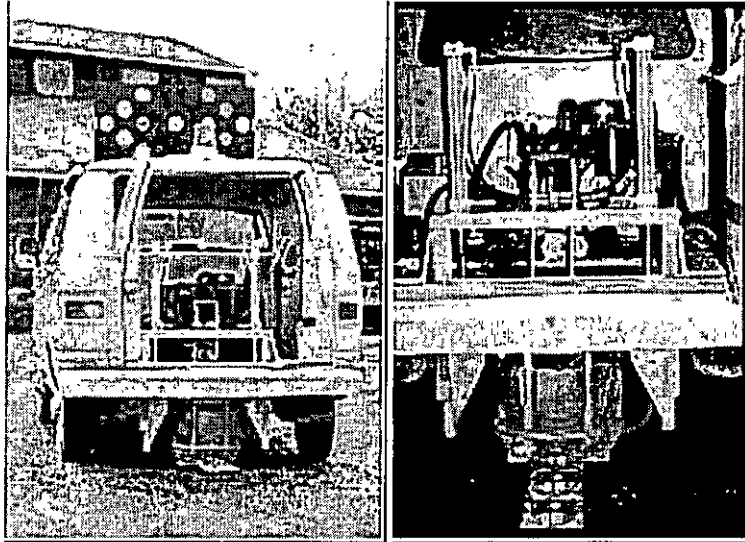
En la siguiente figura se presenta la figura de posición del equipo y el espaciamiento de los transductores.



Localización del equipo Dynaflect durante la medición

y la posición de los transductores

El Road Rater es también un equipo muy popular para la medición de la deflexión en estado fijo. Debe estar inmóvil alo momento de la prueba y opera en forma muy similar que el Dynaflect



Road Rater

La descripción del método de prueba de estos equipos, se encuentra descrito en las especificaciones

- AASHTO T 256: Medidas de la deflexión del pavimento.
- ASTM D 4695: Medidas generales de la deflexión de un pavimento.

c) Deflexiones por impacto de una carga

Todos los equipos de medición por impacto de carga entregan una carga transitoria de impulso a la superficie del pavimento. La respuesta subsecuente del pavimento (bulbo de la deflexión) es medida por una serie de sensores. El tipo más común de equipo es el deflectógrafo descendente de peso (FWD).

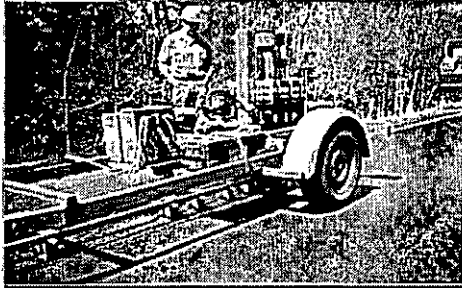
El FWD puede ser acoplado a un vehículo o a un remolque y está equipado con un peso y de varios sensores del tipo de transductores de velocidad. Para realizar una prueba, el vehículo se pone en posición de medición y el plato de carga (peso) colocado en la localización deseada.

Seguidamente los sensores se bajan a la superficie del pavimento y se deja caer el peso. Se pueden realizar pruebas múltiples en la misma localización usando diferentes alturas de caída del peso (ASTM, 2000).

La ventaja de un equipo de medición de respuesta a la carga por impacto sobre un equipo de medición de la deflexión en estado fijo, es que la medida se realiza más rápidamente, la carga de impacto puede ser variada fácilmente y simula con más exactitud las cargas transitorias del tránsito.



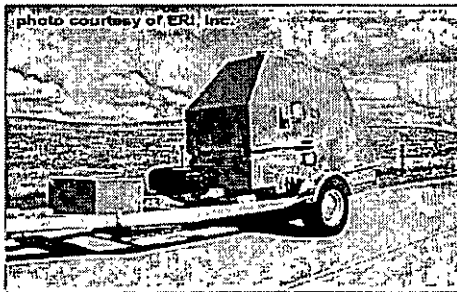
FWD Mecanismo de carga de impulse y sensores



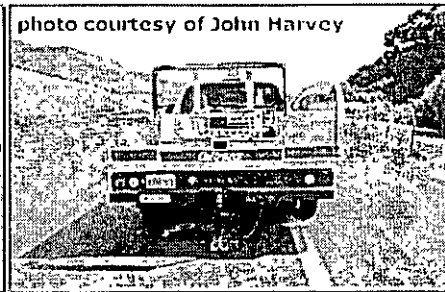
FWD



Dynatest 8000 FWD



KUAB FWD

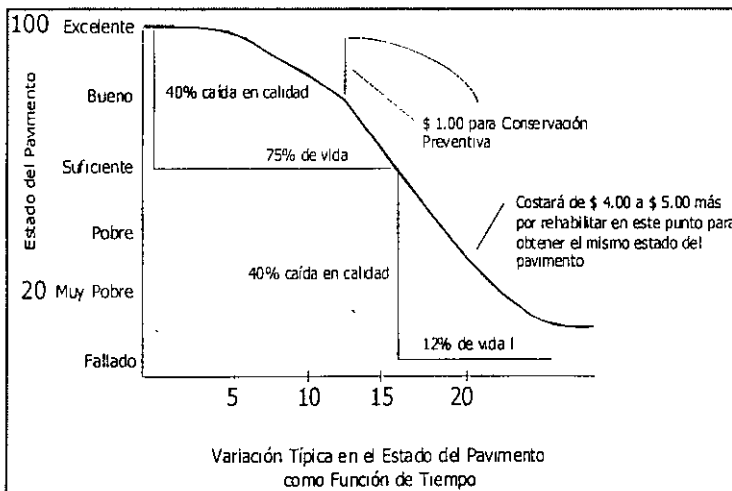


JILS FWD

La descripción del método de prueba de este equipo, se encuentra descrito en la especificación

- ASTM D 4694: Método de prueba estándar para la medición de Deflexiones con Falling Weight.

Sistemas de calificación de la condición.



Basados en las medidas de rugosidad, deterioro superficial, resistencia a la fricción y de la deflexión, se puede asignar un valor que refleja la condición total del pavimento. Este valor, a veces llamado Índice de la condición del pavimento, cuantifica el desempeño total de un pavimento y se puede utilizar como herramienta de ayuda para administrar los pavimentos de una red de carreteras.

Hay que ser muy cuidadosos al elegir la escala de valores del

Índice de condición, los Índices de condición del pavimento pueden ser utilizados para (Deighton, 1998):

- *Inductor de tratamiento.* Por ejemplo, una vez que el Índice de condición de un pavimento alcance cierto nivel, se puede programar para mantenimiento o rehabilitación.
- *Determinar la extensión y el costo de la reparación.* Un Índice de condición del pavimento es una representación numérica de su condición total y se puede utilizar para estimar la extensión del trabajo de la reparación y del costo probable.
- *Determinar un Índice de la condición de la red.* Combinando los Índices de condición del pavimento para una red de caminos, puede ser obtenido un solo Índice que dé una idea general de la condición de la red.
- *Permitir la comparación de varios pavimentos.* Puesto que un Índice de condición del pavimento considera todos los tipos de evaluaciones del desempeño del pavimento puede ser utilizado para comparar dos o más pavimentos con diferentes problemas bajo una misma plataforma.

Un índice de Condición del pavimento es simplemente la escala, o serie de números, usada para describir una condición del pavimento. Los índices típicos de la condición del pavimento se pueden basar en una escala de 0 a 5 o quizás 0 a 100. El índice apropiado de la condición del pavimento depende de los objetivos del sistema se utiliza para administrar una red de pavimentos (sistema de gestión de pavimentos)

Índice de Serviciabilidad Presente.

El Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) está basado en la prueba original del Present Serviciability Rating (PSR) de AASHO. Básicamente, el PSR era un grado de la calidad de manejo que requería un panel de observadores manejar un automóvil sobre el pavimento en cuestión. Puesto que este tipo de Índice no es práctico para la evaluación de grandes redes de pavimentos, una transición a un sistema basado que no considerara dicho panel era necesaria.

Para la transición de una medida de la serviciabilidad PSR (panel) a una medida de la serviciabilidad PSI (ningún panel requerido), un panel de evaluadores durante 1958 a 1960 clasificó varios caminos en los estados de Illinois, Minnesota, e Indiana para la obtención de un PSR. Esta información fue correlacionada con varias medidas del pavimento (tales como variación del perfil, agrietamiento, etc.) para desarrollar ecuaciones para la determinación del PSI.

Además, a los evaluadores se les pidió proporcionaran una opinión de si un pavimento específico con determinado PSR era "aceptable" o "inaceptable" como carretera primaria. Así, aunque la medición del PSI se basa en el mismo sistema de escala de calificación de 5-puntos que la medición del PSR, éste va más allá de un gravamen simple evaluación de la calidad de manejo

Cerca de la mitad del panel de evaluadores encontró un valor del PSR de 3.0 como aceptable y un valor de PSR de 2.5 como inaceptable. Tal información fue útil para la selección de un valor terminal (o falla) de la serviciabilidad (PSI), parámetro que se definió de entrada para las ecuaciones de los diseños empíricos de la estructura de un pavimento

Es interesante observar que las opiniones originales de los evaluadores de la prueba de AASHO están basadas en la dinámica de manejo de un automóvil; no está claro si estos niveles también son aceptados para los camiones.

El funcionamiento del pavimento puede entonces definirse como "la tendencia de la serviciabilidad de un... (segmento del pavimento) con el aumento del número de aplicaciones de ejes" (Highway Research Board, 1962). La siguiente figura muestra este concepto.

Otros sistemas de calificación de la condición.

Un método común para evaluar los pavimentos es establecer un sistema de valor nominal de la condición del pavimento que asocie deducción (penalización) de puntos para un tipo de deterioro específico en cuanto a severidad y extensión. Estos puntos pueden sumarse y posteriormente restarse de cierto límite superior o valor máximo (100 en el caso del estado de Washington) para dar valor nominal total de la condición estructural de un pavimento.

Las ecuaciones que describen cómo convertir la severidad y extensión de un cierto tipo de deterioro a un número de índice, o valor, varían de entidad a entidad y pueden resultar algo complejas.

Para manejar una red de pavimentos (sea para una población, una ciudad, un municipio o un estado), debe haber algunos recursos para comparar un pavimento con el siguiente. Así, los sistemas de gerencia de los pavimentos usualmente implementan algún tipo de índice de la condición del pavimento. Éstos índices consideran generalmente los tipos de evaluación del pavimento presentados en este tema.

Los índices de la condición pueden ser subjetivos u objetivos y pueden variar en complejidad, no obstante deben ser relevantes, confiables, comprobables y apropiados (Deighton, 1998).

La evaluación en México.

En nuestro país la evaluación de pavimentos comienza con la determinación del tipo, severidad y extensión de los deterioros y evaluando el Índice de Servicio bajo el método establecido por la AASTHO, posteriormente se comienza a evaluar la condición de la capacidad estructural de pavimento mediante el uso de la Viga Benkelman.

Sin embargo estas aplicaciones no son aplicadas de manera sistemática como herramienta de programación y ni siquiera como medida de la calidad de los trabajos. Esta situación básicamente se da por la carencia de fondos establecidos para estudios de desempeño de los pavimentos.

En 1972 la entonces SOP publica la metodología para la "Aplicación de los conceptos de calificación y comportamiento de pavimentos a la reconstrucción y conservación de carreteras", en la cual se involucra el concepto de sección, los instructivos para calificar la superficie de rodadura de los caminos y para programar la reconstrucción con base en el comportamiento de los mismos, además se presenta de manera fotográfica y descrita las fallas en los pavimentos flexibles.

Desde entonces paso a paso la evaluación de pavimentos ha venido cobrando mas importancia y con la aparición del programa de autopistas concesionadas en 1989 se implementa como herramienta para medir el desempeño de estas tan importantes vías de comunicación a través de la medición del IRI y la profundidad de roderas y la valorización de la condición del camino mediante la metodología denominada "Calificación Actual".

Mas adelante con la introducción de los pavimentos de concreto hidráulico en nuestro país su aplicación se extiende a la medida de la calidad de producto terminado,

introduciéndose por primera vez la medición del perfil con un perfilógrafo del tipo California y la medición del coeficiente de fricción con equipo Mu Meter.

Hoy en día a raíz de la actualización de las normas y especificaciones de la SCT, del nuevo programa de autopistas concesionadas y de la concesión de la conservación mediante esquemas del tipo "Proyectos para la Prestación de Servicios" comúnmente conocidos como PPS, la evaluación de pavimentos es usada como medida de la calidad de proceso terminada, como criterio de desempeño y como herramienta para determinar las acciones de mantenimiento y rehabilitación de nuestras carreteras mediante equipos de alta tecnología como los descritos en este tema y mostrados en la presentación de power point anexa.

NOTA: COLOCAR LA PRESENTACIÓN DE PP EQUIPOS DE EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS.

Sin duda el constante desarrollo tecnológico en los equipos de evaluación traerá beneficios al mantenimiento y rehabilitación de las carreteras. Hoy vemos en nuestro país operar equipos de radar, de GPS, perfilógrafos de alto rendimiento, así como equipos de video para el levantamiento de deterioros.

Evaluación de Caminos rurales.

Los caminos rurales son importantes para todos los aspectos del desarrollo económico y social de las comunidades rurales. Estudios recientes de los elementos principales que componen los caminos rurales llevados a cabo por el Banco Mundial demostraron que con mucha frecuencia no se puede alcanzar un mantenimiento sostenible para este tipo de caminos.

Los problemas incluyen políticas y coordinación inadecuadas, atención excesiva a las mejoras del camino sin la disposición para el mantenimiento, y el seguimiento inadecuado de los resultados obtenidos. Modificar esta situación requiere cambios importantes en la estrategia para su gestión.

Los caminos rurales sirven más que a funciones regionales o nacionales a distritos, zonas o a actividades locales relacionadas con dar acceso al transporte. Muchos de estos caminos tienen una superficie de tierra o de grava y se caracterizan por la presencia de bajos volúmenes de tráfico motorizado, el cual es excedido a veces por la circulación de peatones, bicicletas y paso de animales de carga.

La responsabilidad del financiamiento y de la administración a menudo se divide entre agencias a diferentes niveles: estatal nacional, regional y local, e involucra a diversas Secretarías de Estado, dependiendo de las acciones y áreas de de influencia. Así pueden ser trabajos públicos, agricultura, desarrollo rural o bien al gobierno local.

Los caminos rurales son activos públicos importantes, con una longitud total que en la mayoría de los países es de cerca de cinco o más veces la longitud de la red de caminos interurbana. Proporcionan ventajas económicas y sociales importantes mejorando el acceso a los mercados, granjas, trabajos, educación y servicios médicos. Las deficiencias en la red de camino rural son a menudo un constreñimiento significativo en el desarrollo rural.

El informe del Banco Mundial antes citado, también demostró que muchos programas de caminos rurales en el pasado no podían demostrar en qué medida los objetivos y las metas habían sido logradas. Limitando así la responsabilidad de los participantes en su gestión y limitando las oportunidades de aprendizaje y experiencia como herramienta de mejora continua.

Este tipo de problemas se presenta en parte porque los objetivos del desarrollo y las ventajas previstas de los programas enfocados a los caminos rurales fueron definidos muy vagamente, no expresándose en términos de indicadores cuantificables.

La situación anterior motivó al Banco Mundial a recomendar el uso de los criterios de priorización por medio de los cuales se incluyera la participación local en la toma de decisiones, sin que esta participación imposibilitara una definición clara de los objetivos de los programas establecidos para los caminos rurales, o el cálculo de ventajas previstas según los criterios seleccionados.

En donde se posible, los beneficios económicos se deben calcular usando medidas del costo de operación vehicular o el aumento de la producción de los diferentes actores que participan en la economía. Cuando lo anterior no sea factible, ni apropiado, los beneficios se podrían reflejar por los cambios en indicadores tales como:

- Número de la gente servida por los caminos transitables.
- Tiempo del recorrido a un centro importante.
- Costo local de una lista definida de mercancías.
- Frecuencia de visitas por servicios a la salud o de otros servicios a las comunidades locales
- Número de la gente con la electricidad y a servicios telefónicos
- Días por año con el acceso vehicular.

Además de los problemas mencionados con anterioridad, la dificultad para dar un seguimiento al desempeño de los caminos rurales, se hace manifiesta en virtud de la dificultad de mantener datos confiables sobre la condición de camino, el tráfico, y su serviciabilidad

Debido a que existen realmente pocos ejemplos exitosos de seguimiento y evaluación de caminos rurales, se requiere de una cierta experimentación para encontrar métodos de seguimiento y evaluación factibles y sostenibles que encajen con las capacidades locales y proporcionen indicadores significativos del nivel de servicio y de la disponibilidad del camino a través del año.

Durante la etapa del diseño de los proyectos se pueden crear los incentivos necesarios para fortalecer el seguimiento de su desempeño, aunado a lo anterior se pueden programar visitas de evaluación anuales y considerar auditorías independientes tendientes verificar informes sobre una base de la muestra.

El caso Kenia

Desde hace casi 20 años Kenia ha recibido donaciones de organismos multilaterales internacionales en apoyo a sus vías de acceso rurales y a programas de menor importancia. Estableciendo desde 1991 un amplio programa conjunto con auditorías independientes para operar un sistema eficiente de evaluación, fijado responsabilidades y definiendo un valor del dinero para estos programas.

Las auditorías anuales financieras y técnicas han sido realizadas por Price Waterhouse Kenia con el apoyo de un subcontratista de ingeniería de la región. Aparte de confirmar el gasto eficaz y la disuasión en el uso erróneo de los recursos económicos, las intervenciones han destacado las prácticas financieras y técnicas específicas que podrían ser mejoradas, poniendo en práctica las medidas correctivas necesarias.

A un costo de alrededor de 2 por ciento del programa de trabajos, las intervenciones son consideradas por los organismos donantes y el propio gobierno de Kenia como altamente productivas y acertadas.

Las evaluaciones o los informes post proyecto a la terminación del proyecto, deben presentar la evidencia empírica de la calidad del servicio del camino por el tiempo, entre la terminación de los trabajos y el reporte, acompañada por una descripción de cómo la calidad del servicio fue determinada y de lo que podría ser el margen posible de error.

Las afirmaciones sobre los beneficios del proyecto e índices económicos sobre la tasa interna de retorno deben ser corroborados contra la confiabilidad y alcance de los datos de seguimiento relevantes. Si la calidad del camino no se pudo establecer satisfactoriamente, esta situación debe ser mencionada en la evaluación del desempeño del camino.

Lo que realmente cuenta para las economías rurales y sus beneficiarios no es el potencial del mantenimiento del camino, sino la condición actual de este.

Mantenimiento rural sostenible.

Si bien como hemos expresado en este punto de evaluación de caminos rurales a la fecha no se cuenta con una metodología bien identificada para su evaluación y el seguimiento de su desempeño, si podemos aplicar algunos criterios tendientes a desarrollar un modelo que con el paso del tiempo pueda ser efectivo para estos fines.

Las recomendaciones al respecto se basan en 10 puntos a seguir, los cuales a continuación transcribimos:

1. Estrategia.

- Involucra a todas las agencias y organizaciones relevantes.
- Clarifica la propiedad y las responsabilidades.
- Identifica a la institución focal para la coordinación de la política y la ayuda local
- Define el nivel de financiamiento y determina el balance entre construcción/mantenimiento.
- Determina la capacidad de financiar, gestionar y de seguimiento al mantenimiento.
- Prepara los planes para la capacidad de construcción del mantenimiento.

2. Definir la "red prioritaria" de los caminos que se mantendrán por las agencias de caminos y el gobierno local, y estimular los esfuerzos de la comunidad para mantener los caminos que no se contemplaron dentro de la red prioritaria.

3. Primera prioridad: mantener los caminos de la red prioritaria que sean funcionalmente importantes y que actualmente se encuentren en condiciones razonablemente buenas.

4. Incorporar el mantenimiento rutinario y periódico como componente específico con rendimientos mensurables. Aprovisionar los trabajos de mantenimiento de emergencia.

5. Involucrar a los representantes locales en la determinación de prioridades, apoyándolos con datos técnicos y asesoramiento de expertos técnicos sobre limitaciones, ventajas y la rentabilidad de alternativas.

6. Evaluar los proyectos en el contexto de todo el presupuesto con que se cuenta para todos los caminos de un distrito o región.

7. Seleccionar los estándares apropiados del diseño, las especificaciones y las metas de desempeño de acuerdo con las restricciones del presupuesto. Enfatizar la función (confiabilidad y durabilidad) sobre los estándares fijados para el ancho del camino y la velocidad de los vehículos.
8. Tanto como sea posible, considerar métodos innovadores para desarrollar la capacidad para un mantenimiento eficaz, utilizar los métodos con base en mano de obra, pequeños contratistas y uso de equipo local.
9. Identificar los indicadores para el seguimiento del servicio del camino, y considerar auditorías independientes.
10. Asegurar la participación completa del sector de caminos en los proyectos de caminos rurales iniciados por otras agencias como pueden ser agricultura o de desarrollo rural.

Finalmente en el caso de México a través de los años han existido diversas áreas y organismos dentro de la actual SCT que se han encargado de la construcción, conservación y gestión de nuestros caminos rurales.

Hoy en día la Unidad de Infraestructura Carretera para el Desarrollo Regional dependiente de la Dirección General de Construcción de Carreteras Federales de la SCT tiene a su cargo la coordinación a nivel federal con los gobiernos de los estados el apoyo para la construcción y mantenimiento de los caminos rurales de México.

También a través de la SEDESOL y otras Secretarías de Estado el gobierno federal apoya diversas actividades relacionadas con los caminos rurales. Estableciéndose un Programa de Caminos Rurales y Alimentadores de la SCT.

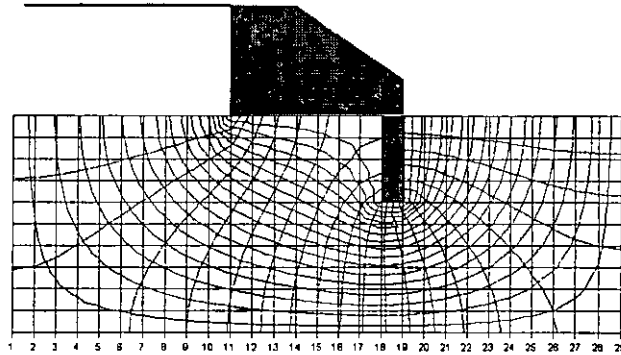
5. UN ENFOQUE A LA GESTIÓN DE CALIDAD TOTAL EN LA CONSERVACIÓN DE CARRETERAS.

Antecedentes históricos.

La creación en 1925 de la Comisión Nacional de Caminos respondió a la demanda en la construcción de carreteras, la tecnología empleada era muy deficiente. Las nuevas carreteras muchas veces seguían los mismos trazos de los caminos de herradura y otras veces solo se modificaba el alineamiento.

Regularmente se empleaban préstamos laterales para la construcción de la rasante. Se desconocían los fundamentos del comportamiento de materiales y solo se seguían criterios empíricos ganados por la experiencia en otros países.

La Mecánica de Suelos solo existía de manera teórica sustentada en los principios de Terzaghi y necesitarían pasar varios años antes de que fuera aplicada de una manera práctica. Se le daba poca importancia a la calidad de los materiales. Estos eran seleccionados a criterio del encargado de la obra. Por estas épocas solo existía un Laboratorio de Control de Calidad en la ciudad de México.



Se enviaban a este Laboratorio muestras muy esporádicamente para tener idea de las características de los materiales que se estaban empleando, las cuales sufrían la influencia de un deficiente muestreo y luego de la problemática para su envío, debido a la carencia de medios adecuados de comunicación.

En los Estados Unidos de Norteamérica surgen las primeras sociedades especializadas en la materia: la Asociación Americana de Carreteras de los Estados (AASHO), hoy AASHTO (Asociación Americana de Carreteras de los Estados y Oficiales del Transporte), la Sociedad Americana de Pruebas de Materiales (ASTM) y el Instituto del Asfalto.

Así mismo nacen los primeros Departamentos de Carreteras, siendo los más destacados por las investigaciones que realizan para fundamentar las técnicas modernas de construcción y control de calidad de los materiales el Texas y California.

En México en 1927, se publican las primeras Especificaciones de Caminos, que en su mayor parte estaban basadas en las de los Estados Unidos, por lo que su aplicación a nuestras carreteras no era del todo adecuada a nuestras condiciones.

Fue hasta 1934 cuando en la ciudad de México se formó el primer laboratorio de la Dirección Nacional de Caminos, en donde se comenzaron a capacitar a los primeros laboratoristas que se harían cargo de los laboratorios de campo. Sin embargo estos laboratorios solo podían ejecutar pruebas muy sencillas, principalmente de materiales de pavimentación.

En 1940 se establecen los primeros laboratorios de Mecánica de Suelos. En 1942 se crea para dar servicio a los trabajos de construcción y conservación de carreteras, así como a puentes y edificios y otro tipo de obras, el Departamento de Investigación y Laboratorios de la SOP.

Como consecuencia del desarrollo del país, se incrementó la construcción de vías terrestres. Fomentando las disciplinas de ingeniería y apremiando la necesidad de estudios, y sistemas de control de calidad de manera oportuna. Esto originó la creación en 1953 de la Dirección General de Proyectos y Laboratorios.

Hasta 1957, y después de años de experiencia, se publicaron las Especificaciones Generales de Construcción de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas (SCOP), la cual llevó a cabo el control de calidad en carreteras y aeropistas hasta 1972.

Como consecuencia de las políticas descentralización, en 1972 se crean los Centros SCT en las capitales de los estados. Asignándoles las tareas de supervisión a través de las Unidades Generales de Servicios Técnicos, en donde se agruparon los laboratorios

regionales existentes. Como dependencia normativa y coordinadora de estas unidades se crea la Dirección General de Servicios Técnicos.

Criterio de calidad.

El control de calidad es un proceso mediante el cual se alcanza una norma preestablecida en un sistema productivo. Debe ser un proceso dinámico y oportuno que permita la rápida retroalimentación de resultados, a fin de ir corrigiendo los desvíos y mantener al producto o servicio dentro de los márgenes aceptables por la norma.

En el caso de los trabajos de conservación, es sólo la empresa que los ejecuta la que cuenta con toda información y con todos los mecanismos que le permiten realizar el control de calidad; la intervención del cliente no puede tener la misma eficacia por no tener acceso a toda la información necesaria para llevarla a cabo, ni el mando directo sobre los mecanismos de control.

El criterio de calidad considerado entonces por la SCT, tenía su fundamento en la normas de 1957, las cuales consideraban que la responsabilidad de la calidad de los proyectos correspondía a las empresas encargadas de la ejecución de las obras y a la SCT la verificación conforme al proyecto.

Sin embargo esta situación en la realidad no era así, y las empresas constructoras dejaron en manos de la secretaría el control de calidad, lo que genera una situación viciosa porque le restaba responsabilidad. Además, a menudo, por estar fuera la secretaría del proceso productivo, los resultados de las pruebas eran inoportunos y ya no se traducían en cambios del proceso productivo y sí solamente en conflictos de carácter contractual.

Desafortunadamente este sistema resultaba a que en ocasiones la secretaría debía terminar por aceptar obras de calidad inferior a la deseada. La SCT realizaba directamente el control de calidad a través de sus laboratorios.

La SCT en este sentido no escapó al carácter paternalista del Estado Mexicano, teniendo que comenzar a ejecutar directamente las obras, tanto en construcción como en conservación, estudios, proyectos y aún el control de calidad, aunado a lo anterior, el poco desarrollo tecnológico no permitió la creación de empresas dedicadas a estos menesteres, por lo que no se pudo consolidar una mercado atractivo para este tipo de empresas.

Por otra parte la falta de recursos limitaba grandemente la eficiencia por lo que la centralización fue la marca para el desarrollo económico de aquellos tiempos.

Cuando sobrevino el crecimiento de la economía nacional, la SCT fue retirándose de estas actividades para dar paso a las empresas privadas, primero en la construcción y posteriormente en las actividades de consultoría, estudios, proyectos, para finalizar con la supervisión de obras.

Situación actual.

A partir de la creación de los Centros SCT, se han delegado las funciones hacia los Centros, dándose las condiciones para la aplicación de la normativa de responsabilizar a las empresas a responsabilizarse por las obras o servicios que le son contratadas.

Este proceso ha sido lento debido a la reticencia al cambio, internamente dentro de la SCT existen corrientes que estiman que la SCT debe ser la encargada del control de calidad de las obras y de las pruebas a través de sus propios laboratorios

Lo anterior también es válido para las empresas constructoras que por comodidad y ahorro mal entendido, esperan que la SCT controle los procedimientos constructivos.

El cambio en la práctica solo podrá darse con el tiempo y acciones de capacitación y concientización de las partes involucradas dentro de la nueva política del Gobierno Federal tendiente a la modernización sustentada en privatizar las actividades que realizaba el estado, dejando solo aquellas orientadas a la normatividad, coordinación y fomento.

Ante esta situación la SCT ha venido sufriendo un adelgazamiento de su personal, que aunado a los rezagos de los tiempos de crisis económicas, la obliga a realizar un esfuerzo mayor para superar los rezagos, actualizar su equipamiento y establecer programas de capacitación para sus ingenieros y técnicos, lo cual implicará un cambio conceptual y operativo de la SCT.

Perspectivas.

Es evidente por las situaciones descritas en el punto anterior que la SCT requiere actualizar y modernizar los sistemas de procedimientos de control de calidad, partiendo de la base de que se requiere que las obras alcancen los estándares de calidad fijados en los proyectos. Para ello se necesita trabajar sobre dos vertientes: control de calidad y verificación de este control.

Por otra parte, la calidad como proceso sistemático debe quedar a cargo de las empresas constructoras de de servicios, a fin de que estas puedan corregir oportunamente los desvíos con respecto a los estándares fijados en los proyectos y alcances de los servicios en materia de calidad. La función de la SCT en este caso será la realizar una verificación de que el control sea el adecuado para las características de las obras y servicios.

Esta función se establecerá como proceso puntual y aleatorio con fines de aceptación y pago, sin influir en el proceso productivo.

Políticas.

La SCT a través de la Subsecretaría de Infraestructura y las Direcciones que la componen han venido estableciendo un plan de trabajo para fomentar este cambio tomando acciones en cuanto a:

- a) La reorganización de sus laboratorios bajo un esquema de verificación y control de calidad. Descentralizando funciones hacia los Centros SCT en la materia, dejando al laboratorio central para la realización de pruebas que por su complejidad y equipo de alto costo no pueden realizarse en los laboratorios de los centros y para la realización de estudios de investigación aplicada a nuevos materiales y equipos
- b) Actualización de la normativa, mediante una nueva versión de la misma, actualizando e incorporando los nuevos desarrollos tecnológicos en materia de materiales, procedimientos constructivos y aseguramiento de la calidad.
- c) Cambios en los procedimientos de las licitaciones tanto para la construcción de nuevas carreteras como para la conservación de las existentes, bajo esquemas novedosos de concesiones, los cuales se han venido utilizando en otros países con éxito. Tal es el caso de las licitaciones para nuevas concesiones y los esquemas PPS para la conservación.
- d) Incorporación del concepto de sistemas de calidad tipo ISO en las licitaciones de concesiones de construcción y conservación. Aplicando conceptos de

aseguramiento de la calidad mediante criterios de desempeño, lo que obliga a los contratistas a hacerse responsables de la calidad de los proyectos en los que participan.

- e) Establecimiento de programas de capacitación como la maestría en vías terrestres para los ingenieros de la SCT a cargo del Centro de Educación Continua de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

Sin embargo estos programas no serán suficientes si la SCT no aplica para si misma un Sistema de Calidad Total en donde todas las partes involucradas dentro de la Subsecretaría de Infraestructura actúen sobre un objetivo común, la calidad y el servicio al cliente. Interactuando en sus diferentes áreas hacia el logro de este objetivo.

Este Sistema de Calidad Total deberá incluir a los Institutos de investigación públicos y privados como entes de desarrollo y apoyo tecnológico, a los contratistas y empresas de servicios para la integración y complementación del proceso y formulación de las bases de datos de la obras y servicios en los que participan y así poder establecer el proceso de mejora continua.

Por último y no de menor importancia son los programas de concientización del personal de la SCT, para que participen activamente dentro de este proceso.

Orientación acerca del enfoque basado en procesos para los Sistemas de Gestión de la Calidad.

Las nuevas Normas ISO 9000:2000 promueven la adopción de un enfoque basado en procesos cuando se desarrolla, implementa y mejora un sistema de gestión de la calidad (SGC).

El enfoque basado en procesos está reflejado en la estructura de la Norma ISO 9004:2000 Sistemas de gestión de la calidad. Directrices para la mejora del desempeño, y también en la Norma ISO 9001:2000 Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos. La estructura de "20 elementos" de la Norma ISO 9001:1994 ha sido reemplazada por un sistema de gestión de la calidad basado en procesos, el cual se muestra a continuación, esquemáticamente, en la Figura 1.

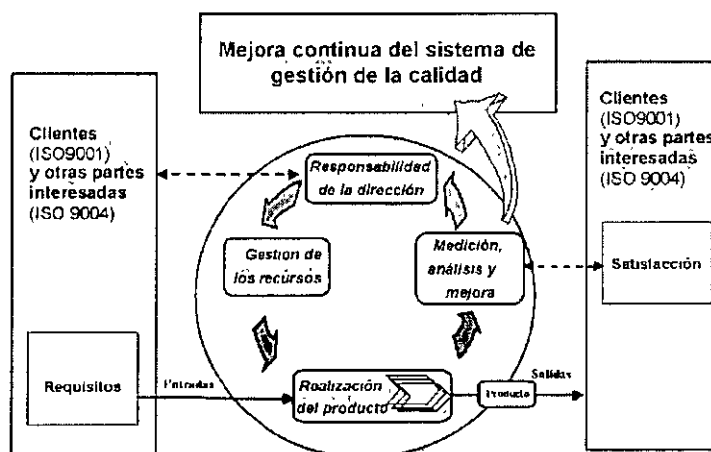


Figura 1 - Modelo de un sistema de gestión de la calidad basado en procesos
(Tomado de la Norma ISO 9000:2000)

La figura No.1 busca explicar, en un lenguaje sencillo, qué se entiende por un proceso, cómo los procesos pueden interaccionar dentro de un sistema, y cómo el ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA) puede usarse para gestionar esos procesos.

Comprensión del enfoque basado en Procesos.

Uno de los ocho principios de gestión de la calidad sobre los que se basa la serie de Normas ISO 9000:2000 se refiere al "Enfoque basado en procesos", de la siguiente forma:

Enfoque basado en procesos: Un resultado deseado se alcanza más eficientemente cuando las actividades y los recursos relacionados se gestionan como un proceso.

La norma ISO 9000:2000 apartado 3.4.1 define un "Proceso" como:

"Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados."

NOTA 1 Los elementos de entrada para un proceso son generalmente resultados de otros procesos.

NOTA 2 Los procesos de una organización (3.3.1) son generalmente planificados y puestos en práctica bajo condiciones controladas para aportar valor."

Los elementos de entrada (entrada) y los resultados (salida) pueden ser tangibles o intangibles. Ejemplos de entradas y de salidas pueden incluir equipos, materiales, componentes, energía, información y recursos financieros, entre otros.

Para realizar las actividades dentro del proceso tienen que asignarse los recursos apropiados. Puede emplearse un sistema de medición para reunir información y datos con el fin de analizar el desempeño del proceso y las características de entrada y de salida.

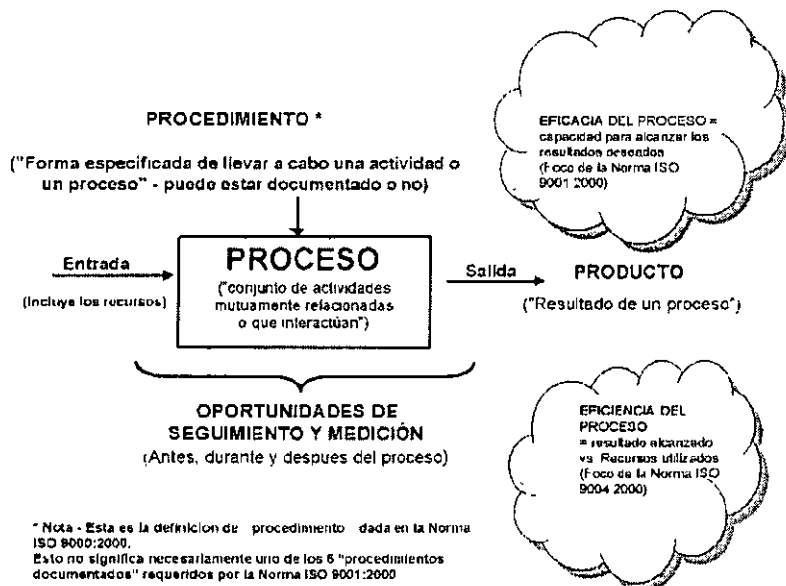


Figura 2 - Representación esquemática de un proceso

La Norma ISO 9001:2000 enfatiza la importancia para una organización de identificar, implementar, gestionar y mejorar continuamente la eficacia de los procesos que son

necesarios para el sistema de gestión de la calidad, y para gestionar las interacciones de esos procesos con el fin de alcanzar los objetivos de la organización.

La norma ISO 9004:2000 guía a la organización más allá de los requisitos de la Norma ISO 9001:2000 al centrarse sobre las mejoras del desempeño. La Norma ISO 9004 recomienda una evaluación de la eficiencia, así como de la eficacia de los procesos.

La eficacia y eficiencia del proceso puede evaluarse a través de los procesos de revisión internos o externos y valorarse en una escala de madurez. Estas escalas se dividen en grados de madurez desde un "sistema informal" hasta "el de mejor desempeño en su clase".

Una ventaja de este enfoque es que los resultados pueden ser documentados y seguidos en el tiempo hasta alcanzar las metas de mejora. Se han desarrollado numerosas tablas de grados de madurez para diferentes aplicaciones. Uno de estos modelos se incluye en el Anexo A Directrices para la auto-evaluación de la Norma ISO 9004:2000.

El ciclo P-H-V-A y el enfoque basado en Procesos

El ciclo "Planificar-Hacer-Verificar-Actuar" fue desarrollado inicialmente en la década de 1920 por Walter Shewhart, y fue popularizado luego por W. Edwards Deming. Por esa razón es frecuentemente conocido como "Ciclo de Deming".

Existe una extensa literatura sobre el ciclo PHVA en numerosos idiomas, y se invita a los usuarios de la familia de Normas ISO 9000:2000 a consultarla para comprender más a fondo el concepto.

El concepto de PHVA es algo que está presente en todas las áreas de nuestra vida profesional y personal, y se utiliza continuamente, tanto formalmente como de manera informal, consciente o subconscientemente, en todo lo que hacemos.

Cada actividad, no importa lo simple o compleja que sea, se enmarca en este ciclo interminable:

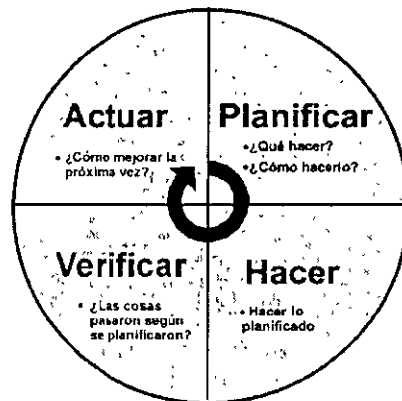


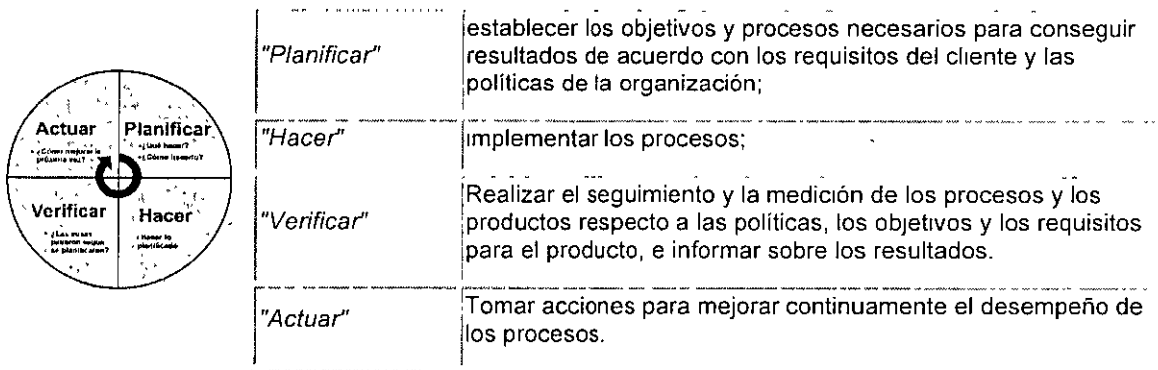
Figura 3: El ciclo "Planificar-Hacer-Verificar-Actuar"

Dentro del contexto de un sistema de gestión de la calidad, el PHVA es un ciclo dinámico que puede desarrollarse dentro de cada proceso de la organización, y en el sistema de procesos como un todo. Está íntimamente asociado con la planificación, implementación, control y mejora continua, tanto en la realización del producto como en otros procesos del sistema de gestión de la calidad.

El mantenimiento y la mejora continua de la capacidad del proceso pueden lograrse aplicando el concepto de PHVA en todos los niveles dentro de la organización.

Esto aplica por igual a los procesos estratégicos de alto nivel, tales como la planificación de los sistemas de gestión de la calidad o la revisión por la dirección, y a las actividades operacionales simples llevadas a cabo como una parte de los procesos de realización del producto.

La Nota en el apartado 0.2 de la Norma ISO 9001:2000 explica que el ciclo de PHVA aplica a los procesos tal como sigue:



Comprensión del enfoque de Sistema para la Gestión

Un segundo principio de gestión de la calidad importante que está íntimamente vinculado con el enfoque basado en procesos es el Enfoque de sistema para la gestión, el cual establece que "Identificar, entender y gestionar los procesos interrelacionados como un sistema, contribuye a la eficacia y eficiencia de una organización en el logro de sus objetivos".

Los procesos raramente ocurren en forma aislada. La salida de un proceso normalmente forma parte de las entradas de los procesos subsecuentes, como se muestra en la Figura 4.



Figura 4 Cadena de procesos interrelacionados

Dentro de este contexto, el sistema de gestión de la calidad comprende un número de procesos interrelacionados. Los procesos necesarios para el sistema de gestión de la calidad no sólo incluyen los procesos de realización del producto (aquellos que directamente contribuyen a realizar el producto o a la provisión del servicio), si no también a numerosos procesos de gestión, seguimiento y medición, tales como los procesos de gestión de recursos, comunicación, auditoría interna, revisión por la dirección, entre otros.

Esto puede verse esquemáticamente en la Figura 5, la cual proporciona con mayor detalle la clase de procesos que típicamente integran el sistema de gestión de la calidad,

distribuidos entre los capítulos 4 a 8 de la Norma ISO 9001:2000 y de la Norma ISO 9004:2000.

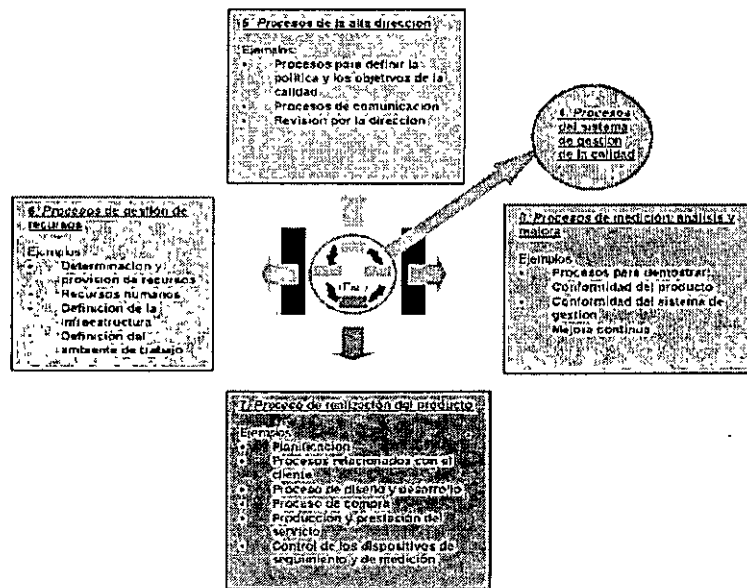


Figura 5 - Representación esquemática de los procesos típicos de la gestión de la calidad
Relacionados con la Figura 1

Las interacciones entre los procesos de una organización frecuentemente pueden ser complejas, resultando en una red de procesos interdependientes. La entrada y salida de estos procesos frecuentemente pueden estar relacionadas tanto con los clientes externos como con los internos.

En la Figura 6 se muestra un ejemplo de una red de procesos que interactúan. El modelo de la red de procesos ilustra que los clientes juegan un papel significativo en la definición de requisitos como elementos de entrada. La retroalimentación de la satisfacción o insatisfacción del cliente por los resultados del proceso es un elemento de entrada esencial para el proceso de mejora continua del SGC.

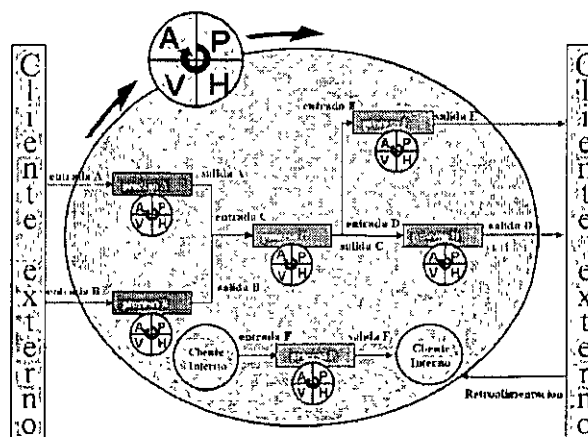


Figura 6: Típica Red de procesos que interactúan

Nótese que el ciclo PHVA puede ser aplicado tanto a cada proceso individual como a la red de procesos como un todo. Algunos de los procesos importantes del sistema de gestión de la calidad pueden no tener una interacción directa con el cliente externo; Por ejemplo, el proceso "F" de la Figura 6 puede ser un proceso de auditoria interna, revisión por la dirección, mantenimiento, o formación.

Implementación del enfoque basado en procesos de acuerdo con los requisitos de la Norma ISO 9001:2000

El apartado 0.2 en la introducción de la Norma ISO 9001:2000 establece, refiriéndose al enfoque basado en procesos:

"Un enfoque basado en procesos, cuando se utiliza dentro de un sistema de gestión de la calidad, enfatiza la importancia de:

- a) La comprensión y el cumplimiento de los requisitos,
- b) La necesidad de considerar los procesos en términos que aporten valor,
- c) La obtención de resultados del desempeño y eficacia del proceso, y
- d) La mejora continua de los procesos con base en mediciones objetivas."

En el apartado 2.3 de la Norma ISO 9000:2000 se proporciona orientación adicional.

Dentro del contexto de la Norma ISO 9001:2000, el enfoque basado en procesos incluye los procesos necesarios para la realización del producto, y los otros procesos necesarios para la implementación eficaz del sistema de gestión de la calidad, tales como el proceso de auditoria interna, el proceso de revisión por la dirección, el proceso de análisis de datos y el proceso de gestión de recursos, entre otros.

Todos los procesos pueden gestionarse utilizando el concepto PHVA.

Los requisitos para estos procesos se especifican en los siguientes capítulos de la Norma ISO 9001:2000:

- 4 Sistema de gestión de la calidad
- 5 Responsabilidad de la dirección
- 6 Gestión de los recursos
- 7 Realización del producto
- 8 Medición, análisis y mejora

Los requisitos generales para un sistema de gestión de la calidad se definen en el apartado 4.1 de la Norma ISO 9001:2000. A continuación se dan algunas orientaciones sobre lo que una organización puede preguntarse para alcanzar el cumplimiento de estos requisitos, aunque se enfatiza que éstas son sólo ejemplos, y no deberían interpretarse como la única manera de cumplir con ellos:

- a) Identificar los procesos necesarios para el sistema de gestión de la calidad y su aplicación a través de la organización.
 - ¿Cuáles son los procesos necesarios para nuestro sistema de gestión de la calidad?
 - ¿Quiénes son los clientes de cada proceso (internos y externos)?

- ¿Cuáles son los requisitos de estos clientes?
- ¿Quién es el "dueño" del proceso?
- ¿Se contrata externamente alguno de estos procesos?
- ¿Cuáles son los elementos de entrada y los resultados de cada proceso?

b) Determinar la secuencia e interacción de estos procesos.

- ¿Cuál es el flujo global de nuestros procesos?
- ¿Cómo podemos describirlo? (¿mapas de proceso o diagramas de flujo?)
- ¿Cuáles son las interfaces entre los procesos?
- ¿Qué documentación necesitamos?

c) Determinar los criterios y métodos necesarios para asegurarse de que tanto la operación como el control de estos procesos sean eficaces.

¿Cuáles son las características de los productos intencionados y no intencionados?

- ¿Cuáles son los criterios para el seguimiento, análisis y medición?
- ¿Cómo podemos incorporar esto dentro de la planificación de nuestro SGC y de los procesos de realización del producto?
- ¿Cuáles son los aspectos económicos (costo, tiempo, desperdicio, etc.)?
- ¿Qué métodos son apropiados para recopilar los datos?

d) Asegurarse de la disponibilidad de recursos e información necesarios para apoyar la operación y el seguimiento de estos procesos.

- ¿Qué recursos son necesarios para cada proceso?
- ¿Cuáles son los canales de comunicación?
- ¿Cómo podemos proporcionar información externa e interna sobre el proceso?
- ¿Cómo obtenemos la retroalimentación?
- ¿Qué datos necesitamos recopilar?
- ¿Qué registros necesitamos mantener?

e) Realizar el seguimiento, la medición y el análisis de estos procesos.

- ¿Cómo podemos hacer el seguimiento del desempeño del proceso (capacidad de proceso, satisfacción del cliente)?
- ¿Qué mediciones son necesarias?
- ¿Cómo podemos analizar de la mejor manera la información recopilada (técnicas estadísticas)?
- ¿Qué nos dice el resultado de estos análisis?

f) Implementar las acciones necesarias para alcanzar los resultados planificados y la mejora continua de estos procesos.

¿Cómo podemos mejorar el proceso?

- ¿Qué acciones correctivas y preventivas son necesarias?
- ¿Se han implementado estas acciones correctivas/preventivas?
- ¿Son eficaces?

Documentación de los procesos

Los procesos ya existen dentro de la organización y el enfoque inicial debería limitarse a identificarlos y gestionarlos de la manera más apropiada. La Norma ISO 9001:2000 requiere que todos los procesos "necesarios para el sistema de gestión de la calidad" se gestionen según el apartado 4.1 Requisitos generales.

No hay un "catálogo" o una lista de los procesos que deben documentarse. Cada organización debería determinar qué procesos deben documentarse en función de los requisitos de su cliente y de los legales o reglamentarios aplicables, de la naturaleza de sus actividades y de su estrategia corporativa global.

Al determinar qué procesos deberían documentarse la organización podría considerar factores tales como:

El efecto sobre la calidad

- El riesgo de insatisfacción del cliente
- Los requisitos legales y reglamentarios
- El riesgo económico
- La eficacia y eficiencia
- La competencia del personal
- La complejidad de los procesos

Cuando sea necesario documentar los procesos, pueden usarse diferentes medios, tales como las representaciones gráficas, las instrucciones escritas, las listas de verificación, los diagramas de flujo, los medios visuales o los medios electrónicos.

Exposición de conceptos de la administración de la Calidad.

En las obras de ingeniería se recurre sistemáticamente, a acciones que buscan ajustar lo planeado y diseñado en el proyecto a lo físicamente construido. El término calidad, como es sabido tiene varias acepciones, e incluso matices distintos.

Como un marco de referencia, y a fin de centrar las ideas subsecuentes, podemos tomar por ejemplo la definición de calidad que hace ISO 9000: *calidad es la totalidad de característica y cualidad de un producto o servicio que conlleva su habilidad de satisfacer las necesidades previamente establecidas o implícitas.*

Cuando se habla de calidad, sin embargo es necesario tener una visión general de este concepto y su aplicación y expectativas en el producto en general.

En este orden de ideas, es importante diferenciar lo que se entiende por Aseguramiento de la Calidad.

Aseguramiento de la calidad

La calidad se ha convertido en uno de los factores de decisión más importantes del consumidor en la selección entre y servicios que compiten (Montgomery, 1997). La

afirmación anterior no solo aplica para los consumidores individuales sino también para las grandes corporaciones, las organizaciones del gobierno y los ciudadanos que pagan impuestos. Así, la calidad es un factor dominante en la construcción del pavimento.

¿Pero que es "calidad"? En su sentido más amplio, la calidad es un grado de excelencia: la extensión a la cual algo es correspondiente a su propósito. En el sentido estrecho, el producto o la calidad del servicio se define como conformidad con el requisito, la libertad de defectos o de la contaminación, o simplemente el grado de satisfacción del cliente. En la gestión de la calidad, la calidad se define como la totalidad de características de un producto o de un servicio que refiera su capacidad de satisfacer las necesidades indicadas e implicadas (IQA, 2001).

En esta parte del tema se discuten algunos de los aspectos más visibles de la calidad: garantía de calidad, control de calidad, aceptación y aseguramiento independiente. Una discusión más profunda de la calidad como filosofía de la gestión está más allá del alcance de este tema, pero se puede encontrar información adicional en libros, publicaciones e Internet si se desea ampliar los conocimientos al respecto.

La American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y la Federal Highway Administration de los Estados Unidos (FHWA) suscriben definiciones que designan "Aseguramiento de la Calidad" como un término que abarca en un todo, incluyendo "control de calidad", "aseguramiento independiente" y la "aceptación" como tres de sus componentes dominantes).

- a) *Aseguramiento de la calidad.* Todas las acciones planificadas y sistemáticas necesarias para proporcionar la confianza de que un producto o una obra se desempeñarán satisfactoriamente durante su servicio.

El Aseguramiento de la calidad trata el problema global de obtener la calidad de un servicio, de un producto, o de una obra de la manera más eficiente, más económica, y satisfactoria posible.

Dentro de este amplio contexto, el Aseguramiento de la Calidad implica la evaluación continua de las actividades la planificación, diseño, desarrollo de planes y especificaciones, publicando y adjudicando de contratos, construcción, y mantenimiento, y las interacciones de estas actividades.

- b) *Control de calidad.* Aquellas acciones y consideraciones del Aseguramiento de la Calidad necesarias para evaluar la producción y el proceso de construcción de tal forma para controlar el nivel de la calidad que es producido en el producto final. Este concepto del control de calidad incluye el muestreo y la prueba para supervisar el proceso, pero no incluye generalmente la aceptación del muestreo y de las pruebas. También llamado *Control de proceso*.
- c) *Aceptación.* Muestreando, probando, y evaluando los resultados de las pruebas para determinar si o no, la calidad del material o de la construcción obtenido es aceptable en términos de las especificaciones.
- d) *Aseguramiento independiente.* Es una herramienta de gestión que requiere de terceros, no directamente responsables de control del proceso o de la aceptación, para proporcionar una evaluación independiente del producto y/o la confiabilidad de los resultados de las pruebas que se obtuvieron del proceso de control y de las pruebas de aceptación.

Los resultados de las pruebas independientes no deben ser utilizados como base de la aceptación del producto.

Según lo que hasta aquí he definido, el control de calidad, la aceptación y el aseguramiento de la independiente son componentes enteramente separados del Aseguramiento de la Calidad. Pero es difícil, si no imposible, influenciar un componente, solamente con acciones dentro de otro componente.

Por ejemplo, los procedimientos de aceptación son esencialmente métodos de evaluación para determinar, si o no, un proceso en particular está cumpliendo con los estándares de calidad. Como tal, pueden ser usados para aceptar o para rechazar el material basado en su calidad, pero nunca deben ser usados como un método para controlar o mejorar la calidad; la calidad no mejorará necesariamente basándose en incrementar o hacer más rigurosa la evaluación por sí sola.

En pocas palabras, ninguna cantidad de inspección cambia la calidad de un producto o de un servicio (IQA, 2001). El control de calidad (control de proceso) se utiliza para controlar y para mejorar sistemáticamente la calidad. Además, los resultados de las pruebas independientes de aseguramiento no se deben utilizar para la aceptación o el control de calidad. Si es así, las pruebas no son independientes y no deben ser utilizadas como si lo fueran.

5.4.1.1. Control de la calidad

En un amplio sentido, cada organización tiene un programa de control de calidad; de una cierta manera, determinan la producción, la construcción y controlan la calidad del producto final basada en esas evaluaciones. A menudo, este método no se formaliza, sino que existe a un cierto grado en cada organización. Entonces, ¿Qué es control de calidad? y ¿cuál es un programa de control de calidad ideal?

En el sentido más estricto, el control de calidad intenta controlar el nivel de la calidad que es producida en el producto final. Este nivel de la calidad consiste en dos componentes clave:

- a) *Valor objetivo.* Éste es la meta fijada para cierta característica del material. Como un mínimo debe conformarse con las especificaciones y ser alcanzable. Por ejemplo, en un contrato específico la densidad en campo especificada para el concreto asfáltico pudo ser 92 %. Por lo tanto, un contratista puede fijar un valor objetivo en campo de 93%. Este valor cumple (en hecho, se excede) la especificación.
- b) *Variabilidad.* Describe cuánto varía un proceso de producto a producto (o de localización a localización). Un proceso que cumple el valor objetivo en promedio, pero cuyo resultado es altamente variable, resultará zonas del pavimento en donde las características de los materiales no son aceptables.

De esta forma, un programa de control de calidad consiste en: (1) las acciones y las consideraciones necesarias para evaluar los procesos de producción y de construcción y (2) fijando el valor objetivo del producto final, controlando su variabilidad. Para que un programa de control de calidad sea eficaz debe (1) estar basado en acciones y decisiones sobre resultados mensurables y (2) ser estadísticamente válido.

Las acciones y las consideraciones del control de calidad se deben basar en evidencia objetiva y no en la opinión subjetiva. Considerar la diferencia entre cambiar el patrón de compactación basándose en (1) la opinión de un inspector que asegure que la compactación es inadecuada o (2) los resultados consistentemente bajos de la prueba de densidad.

5.4.1.3. Aseguramiento independiente

El aseguramiento independiente es la verificación por terceros (no directamente responsables del control de calidad o aceptación) del producto y/o de la confiabilidad de los resultados de la prueba obtenidos de las pruebas de control de calidad y de las pruebas de aceptación.

Este aseguramiento independiente asegura que (1) los resultados de la prueba de aceptación son exactos y proporcionan una base justa y equitativa para la aceptación de la construcción y (2) la prueba del control de calidad es exacta e indicará correctamente calidad de proceso.

Las pruebas del control de calidad y de aceptación son realizadas a menudo por una multiplicidad de laboratorios (agencia, contratista y de forma independientemente) dentro de un municipio, de una región o de un estado en particular.

Incluso si todas las pruebas se realizan en el mismo laboratorio central, se conducen por lo menos en diversas horas.

Así, el aseguramiento independiente asegura que la variabilidad del muestreo (la variación en características en una muestra de muestra a muestra es atribuible a las variaciones en la técnica de muestreo), probando la variabilidad (la carencia de la capacidad en la repetitibilidad de los resultados de la prueba-operadores, la condición del equipo, la calibración, y el método de prueba, contribuyen a la variabilidad de esta) y las diferencias en estas variabilidades entre los laboratorios en un cierto tiempo, no influyen indebidamente medidas de prueba.

Por ejemplo, la misma muestra probada por diversos laboratorios debe dar aproximadamente el mismo resultado.

5.4.1.4. Conclusión.

En términos simples, la calidad es el grado al cual algo corresponde a su propósito. La garantía de calidad implica esas acciones necesarias para proporcionar la confianza que un producto o una obra corresponde a su propósito.

Estas acciones implican control de calidad, la aceptación o el aseguramiento independiente. El control de calidad (o control de proceso) implica el determinar y ajustar el proceso de production/construcción para controlar el nivel de la calidad que es producida.

La aceptación es un procedimiento formal instituido por una agencia específica, usada para decidir a si el trabajo se debe aceptar, rechazar, o aceptar en un pago reducido.

Finalmente, el aseguramiento independiente proporciona una evaluación del producto y/o la confiabilidad de los resultados de la prueba obtenidos de control de proceso y de la prueba de aceptación. Junto, estos tres elementos forman la base de la garantía de calidad.

Aunque los dos conceptos tienen analogías, normalmente el segundo se asocia con criterio o inspección de aceptación final, y por ende responde más bien a criterios de gestión que a procesos de producción. Si bien tienen distinciones, ambos conceptos se complementan.

Mientras que la primera opción es subjetiva, la segunda opción resulta en una evidencia inequívoca de la cual se pueden tomar acciones confiables. Esto no significa que la experiencia y la maestría no tienen validez, pero preferentemente deben ser usadas para determinar qué medidas hay que tomar y cómo mejorar el proceso. Por ejemplo: un manual de capacitación de Komatsu Ltd. en Japón lo dice esta manera (Walton, 1986):

"El primer paso en control de calidad es juzgar y actuar en base a hechos. Los hechos son datos tales como longitud, tiempo, fracción defectuosa y cantidad de ventas. Las opiniones que no son soportadas por datos son más tendientes a incluir opiniones personales, exageraciones e impresiones equivocadas.

El volumen de los datos no tiene nada que ver con la exactitud del juicio. Los datos sin contexto o los datos incorrectos no sólo son inválidos, sino a veces también son perjudiciales. Por ende es necesario saber la naturaleza de los datos y que también se están levantando datos apropiados."

Puesto que la variabilidad solo puede evaluarse con precisión a través de métodos estadísticos, el control de calidad implica el uso de la estadística. Afortunadamente, la estadística es relativamente clara. Por ejemplo, las gráficas del control se utilizan con frecuencia para analizar los resultados de la producción (producción, densidad, fuerza).

5.4.1.2. Aceptación

La aceptación es un procedimiento formal usado para decidir si el trabajo se debe aceptar, rechazar, o aceptar en un pago reducido (Freeman y Grogan, 1998). Específicamente, es el método de supervisión usado para determinar, si o no, un proceso en particular cumple con las especificaciones de calidad; si no, de todas formas represente una forma de control de calidad.

Los procedimientos de aceptación aceptan o rechazan simplemente las cosas basadas en su calidad; no aseguran estándares de calidad apropiados. De esta forma, nunca deben ser utilizados como un método de control o mejoramiento de la calidad; los controles de proceso se utilizan para controlar y para mejorar sistemáticamente la calidad (Montgomery, 1997).

Los procedimientos de aceptación pueden tomar una de las tres formas siguientes: (Montgomery, 1997):

- a) *Aceptar sin la inspección.* Se utiliza generalmente cuando no hay justificación económica para buscar unidades o material defectuoso.
- b) *100 por ciento de inspección.* Se utiliza generalmente donde los componentes o el material son extremadamente críticos y pasar cualesquiera de los componentes o material defectuoso daría lugar a un costo de falla inaceptablemente alto.
- c) *Muestreo de aceptación.* Se utiliza generalmente cuando hay una cierta justificación económica para buscar el material defectuoso y/o (1) un cierto porcentaje pequeño de material defectuoso es aceptable o (2) no es económico o práctico utilizar 100 por ciento de inspección. El muestreo de aceptación utiliza estadística para estimar la información sobre una cantidad grande de material de una muestra pequeña escogida al azar.

La construcción del pavimento utiliza típicamente el muestreo de aceptación, por consiguiente, muchas especificaciones se basan en la estadística.

Equipo de Laboratorio

En nuestra práctica profesional, frecuentemente la entidad propietaria envía personal supervisor para que verifique toda la secuencia constructiva, utilizando servicios de laboratorio para coadyuvar el criterio de aceptación sólo de manera marginal, a través de servicios externos.

En otros casos, tal entidad desde un inicio opta por contratar los servicios técnicos de campo y laboratorio de una manera integral, a fin de cubrir tanto la supervisión como los ensayos de laboratorio indispensables.

Al igual que en muchas obras de ingeniería del sector público y privado, es común que la entidad propietaria, en este caso la SCT, utilice el primer esquema señalado en el párrafo anterior, confiando a la empresa contratista el control de calidad integral

Es deseable que el propietario del proyecto nunca utilice como criterio de selección de laboratorio sólo el aspecto costoso, pues la calificación de laboratorio y de personal es de primera importancia.

Al momento de decidir la empresa encargada del aspecto de calidad debe contestarse varias preguntas: ¿Qué equipo utilizar? ¿Este último ha sido calibrado y con qué frecuencia? El estado de la instalación, tanto la central o principal como la que se empleará en el sitio de obra. ¿Están todas las normas o estándares disponibles y actualizados? ¿Estos últimos documentos están realmente disponibles para todo el personal?

La entidad encargada del laboratorio en todo caso debe poner atención en que el laboratorio esté. Se debe de preguntar si la acreditación sólo cubre las operaciones normales de laboratorio o si también incluye la supervisión en obras.

El propietario del proyecto, así como la empresa encargada del control de calidad, debe inquirir sobre la clase, y frecuencia de entrenamiento y supervisión que el laboratorio le proporcione al personal de campo, y si esta capacitación será continua o sólo inicial.

El personal citado debe de estar familiarizado con todas las normas y procedimientos, así como con sus cambios, variación en equipos, etc. También deberá demandar que la empresa encargada físicamente del control de calidad promueva visitas periódicas al personal calificado.

5.4.2.1. Pago de servicios.

Dado que el servicio de laboratorio se debe enmarcar dentro de un servicio rigurosamente profesional, los pagos de servicios debe de hacerlos, de preferencia, la entidad propietaria directamente al laboratorio, y no a través de la empresa contratista pues esto último puede generar un conflicto de intereses.

La práctica común de pagar los servicios de laboratorio en rangos fijos o conocidos de ninguna manera incentiva el envío de personal calificado a la obra. Si la empresa encargada del control de calidad recibe muestras de que el pago será el mismo sin importar la calidad de instalaciones y personal, entonces no tendrá el interés de seleccionar al mejor personal para la obra, lo que, sin lugar a dudas, va en contra de los intereses del propietario.

La mejor manera de sentar bases de pago será aquella en que la empresa y la entidad propietaria establezcan un común acuerdo, los rangos racionales de pago por servicio, clasificando claramente el tipo y capacidad de cada técnico de campo que participará en el proyecto.

Segundo, ya que no tienen un fundamento estadístico y el 100% de la conformidad no es posible, usualmente requieren de una "conformidad sustancial", un termino determinadamente vago e indefinido que pueda guiar las disputas o discrepancias.

Finalmente, los sitios de verificación de la calidad de materiales, los cuales son a menudo usados en este tipo de especificaciones, no reflejan la calidad total porque se toman de localizaciones no-al azar, determinadas de manera subjetiva. También por esta misma razón no tiene validez estadística.

A pesar de sus deficiencia, las especificaciones de método se usan todavía extensamente a nivel local de (Vg., municipios, ciudades pequeñas, poblaciones, etc.). En general, esto se debe a que son familiares, simples de escribir y se pueden poner en ejecución con la mínima implicación de la agencia.

Las agencias locales carecen a menudo de la capacidad técnica y los de recursos requeridos para usar especificaciones del tipo estadístico o del tipo garantía.

5.4.2.3. De resultado final.

Son aquellas en las que las características finales del producto son estipuladas, y al contratista se le da una libertad considerable para lograr esas características. En su forma mas basta, especifican un mínimo, máximo o un rango de valores para una determinada característica y basan su aceptación en la conformidad con esta especificación.

Por ejemplo, pueden establecer un mínimo de espesor de capa o un rango en el por ciento de vacíos. Sin embargo, ya que es impráctico medir cada metro cuadrado de pavimento construido, usan métodos estadísticos para estimar la calidad total del material basadas en un número limitado de muestras al azar.

Es por ello que estas especificaciones perfeccionan las especificaciones de método en dos áreas vitales:

Cambian el enfoque del método a la calidad del producto final.

No se atienen a conformidades sustanciales nebulosas, porque definen claramente la aceptación de la calidad.

Hoy en día la mayoría de las agencias o departamentos usan para su contratación especificaciones de resultado final a las cuales se les incorporan algunos elementos de las especificaciones de método (usualmente para cubrirse en contra de fallas prematuras del producto).

A estas especificaciones se les denomina como "especificaciones de aseguramiento de la calidad". Esencialmente, estas especificaciones especifican el resultado final y también especifican ciertos requerimientos mínimos de los métodos de construcción (temperaturas por debajo de las cuales la pavimentación no es permitida, descripciones de las secciones iniciales de prueba, mínimo número de compactadores, etc.)

Las especificaciones de resultado final asignan la calidad de la construcción al contratista, definen el producto final deseado y permiten al contratista una significativa amplitud para lograr el producto final.

Lo anterior conlleva a la innovación, eficiencia y menor costo. Sin embargo, estas especificaciones y sus requerimientos estadísticos a menudo son muy complejos y

Comunicar información concerniente a los productos deseados de un comprador a un vendedor o a un potencial vendedor.

Proporcionar una base para efectos de una licitación para la entrega de productos.

Medir el cumplimiento de contratos.

Por otra parte, existen cuatro tipos de especificaciones que son reconocidas y generalmente usadas por la Industria de la Construcción.

- a) De producto.
- b) De Método.
- c) De resultado final.
- d) De desempeño.

Tipos de especificaciones.

5.4.2.1. De producto.

Son usadas cuando no se puede fácilmente formular una descripción genérica de un producto deseado o de un proceso. Usualmente contienen una cláusula de la forma "o equivalente", la cual permite alguna medida de competencia en la provisión de un producto.

Generalmente se reconoce que estas especificaciones limitan grandemente la competencia, lo cual incurre en el aumento de costos, proporciona poca libertad para la innovación y presenta un riesgo sustancial al propietario en el desempeño del producto.

La mayoría de los departamentos o agencias de carreteras evitan el uso de este tipo de especificaciones.

5.4.2.2. De método.

Delinea una selección específica de materiales y procesos de construcción que deben ser seguidos en la provisión de un producto. En el pasado, muchas especificaciones de construcción fueron escritas de esta manera.

Al contratista se le indicaba que tipo de material producir, que equipo usar y la manera de usarlo en la construcción de una estructura. En un sentido estricto, solo la forma final de la estructura podía ser estipulada (por ejemplo, el espesor de las capas de un pavimento).

Este tipo de especificación permite un mayor grado de competencia que la especificación de producto, pero mientras la estructura es construida de acuerdo a los materiales y métodos estipulados, la agencia sobrelleva la responsabilidad por el desempeño.

Estas especificaciones ampliamente usadas también presentan desventajas claves. Primero, tienden a reprimir la innovación del contratista, ya que en la motivación del contratista solamente se enfoca al cumplimiento de las instrucciones, no existe virtualmente algún incentivo para desarrollar mejores y más eficientes métodos constructivos.

Las visitas del personal profesional deben ser perfectamente estipuladas y controlables, con observaciones firmadas en las bitácoras de campo, para que de preferencia se paguen de forma separada al monto de contrato por brigada.

El personal participante ya clasificado puede participar en más de una etapa o actividad particular del trabajo.

En resumen, los pasos generales para llevar a cabo un control de calidad aceptable son:

- a) Desarrollar un plan general de proyecto.
- b) Realizar juntas previas, a fin de asegurar que todas las partes entienden sus obligaciones contractuales, así como las actividades durante el proceso.
- c) Establecer claramente las actividades del personal.
- d) Seleccionar el personal idóneo por cada actividad
- e) Capacitar al personal para el desarrollo de sus actividades.

Reuniones Previas.

Al igual que en prácticamente todas las obras de ingeniería, en los proyectos carreteros se deben programar reuniones previas entre todas las partes involucradas.

Las personas encargadas e involucradas con los trabajos de control de calidad deben ponerse de acuerdo con las responsabilidades del aseguramiento de calidad en diferentes rubros y logísticas contempladas durante el desarrollo de los trabajos. Al reunirse ambos grupos buscarán no confrontar sus actividades, sino complementarlas.

En este tipo de reuniones se discute quién será el responsable del análisis, aceptación y, en su caso, rechazo de materiales así como obra defectuosa; quién tendrá la autoridad de suspender el trabajo y bajo qué causas; cuáles serán los canales autorizados de comunicación; y sobre quién recaerá la responsabilidad del manejo de la información que se vaya obteniendo, etc.

Este tipo de reuniones, sirve entre otras cosas, para que todos los involucrados en el proyecto, incluyendo a los proyectistas, se enteren de la disponibilidad de materiales que cumplen las normas de calidad estipuladas en el proyecto.

En ocasiones, un ingrediente de las mezclas cumple con las especificaciones de calidad, pero durante el desarrollo de los trabajos el conjunto de participantes se entera de que algún componente no tiene suficiente volumen de calidad, por lo que es tentador utilizar otro material equivalente de naturaleza mediocre

Es común que incluso se desperdicie la calidad individual de los componentes y se base el criterio de calidad exclusivamente en la resistencia obtenible en pruebas de laboratorio preliminares. Esto conlleva el riesgo de que las variaciones en algunos componentes, presenten problemas a futuro, por ejemplo, problemas de reactividad y contaminación en agregados. Igualmente, de manera conjunta se deberán tomar medidas en cuanto a variaciones extremas en las condiciones climáticas, de humedad y de viento.

Especificaciones.

Consideraciones generales

Las especificaciones son usadas para los siguientes tres propósitos primarios:

requieren de recursos muy intensivos para ser usadas por agencias o departamentos muy pequeños.

5.4.2.4. De desempeño.

Son aquellas especificaciones en las cuales el pago del producto es directamente dependiente de su desempeño actual. Típicamente son de garantía o de garantía limitada para el tipo de contratos "diseñar, construir y operar".

Los contratistas son responsables por el desempeño del producto dentro del contexto del cual tiene el control. Al contratista le es dada una gran cantidad de margen para proveer el producto, mientras este se desempeña de acuerdo a los lineamientos establecidos.

En este caso, el contratista asume un riesgo considerable por el nivel de servicio del producto que provee a través del pago recibido o por la provisión de cualesquier mantenimiento necesario o reparación dentro del periodo de garantía.

Especificaciones de garantía.

Son uno de los tipos de especificaciones de desempeño que han empezado a recibir mayor atención. La agencia especifica el desempeño del pavimento sobre un periodo específico que puede ser de entre 2 a 20 años.

Durante este periodo cualesquier defecto atribuido a la construcción es reparado al costo del contratista.

Existen dos tipos básicos de garantías para la construcción de pavimentos, el segundo de los cuales, la garantía por desempeño es a la que típicamente se le conoce como garantía por desempeño (Huber, 2002):

- a) **Materiales y mano de obra.** Casi la totalidad de la construcción de pavimentos con concreto asfáltico es cubierta por una garantía de corta duración (usualmente un año) contra materiales y mano de obra. Si se detecta un problema o defecto dentro del periodo de garantía, la agencia procede a llevar a cabo un análisis para determinar la causa.

Si se determina que la causa es debida al no cumplimiento de la especificación, el problema o defecto es reparado a costo del contratista. De no ser así la agencia absorbe el costo de la reparación. Este tipo de garantía es casi universal, raramente es cobrada y usualmente está cubierta por fianzas a no cargo adicional para el contratista.

- b) **Desempeño.** Este tipo de garantía asigna una larga porción del riesgo por el desempeño del pavimento al contratista. Durante el periodo de garantía la agencia evalúa el desempeño y cualesquier desempeño inaceptable atribuible al contratista es remediado a costo del contratista.

Debido a que el contratista asume un gran riesgo, se le permite tomar el control de la mayoría de los aspectos de la construcción.

Parámetro	Valor del umbral (El contratista debe tomar acción por arriba de este valor)
IRI	2.1 m/km

Manuales de Conservación.

Consideraciones generales.

Los manuales integran un conjunto de instrucciones y explicaciones escritas que cubren distintas materias como pueden ser: política, métodos, planes de cuentas, trabajos de un sistema de contabilidad o de un sistema de cómputo y en este caso para la conservación de las carreteras.

El manual de conservación debe referirse a procedimientos documentados del sistema de la calidad de la conservación de las carreteras. Está destinado a planificar y gestionar el conjunto de actividades que afectan la calidad dentro de la conservación en una organización que se dedica u opera una red de carreteras.

Este manual debe igualmente cubrir todos los elementos aplicables de la norma del sistema de calidad requerida para una organización. También deben ser agregados o referenciados al manual aquellos procedimientos documentados relativos al sistema de la calidad que no son tratados en la norma seleccionada para el sistema de la calidad pero que son necesarios para el control adecuado de las actividades.

Los manuales de conservación son elaborados y utilizados por una organización para:

- a) Comunicar la política de la calidad, los procedimientos y los requisitos de la organización.
- b) Describir e implementar un sistema de la calidad eficaz.
- c) Suministrar control adecuado de las prácticas y facilitar las actividades de aseguramiento.
- d) Suministrar las bases documentales para la buena práctica.
- e) Adiestrar al personal en los requisitos del sistema de la calidad de la conservación.
- f) Presentar el sistema de la calidad para propósitos externos: por ejemplo, demostrar la conformidad con las normas SCT.
- g) Demostrar que el sistema de la calidad de la conservación cumple con los requisitos de la calidad exigidos en situaciones contractuales.

Aunque no hay estructura ni formato requerido para los manuales, existen métodos para asegurar que el tema este orientado y ubicado adecuadamente; uno de éstos sería fundamentar las secciones del manual con los elementos de la norma que rige el sistema. Otro enfoque aceptable sería la estructuración del manual para reflejar la naturaleza de la organización.

Un manual de calidad puede:

- a) Ser una compilación de los procedimientos documentados.
- b) Ser una serie de procedimientos documentados para aplicaciones específicas.
- c) Ser más de un documento o nivel.
- d) Tener un núcleo común con apéndices apropiados.
- e) Tener numerosas derivaciones posibles basadas en las necesidades organizacionales.

La aplicación más común de un manual de conservación es emplearlo para propósitos tanto de gestión de la calidad como de aseguramiento de la calidad. Sin embargo cuando

la organización considere que es necesaria una distinción en su contenido o uso, es esencial que los manuales que describan el mismo sistema de la calidad no sean contradictorios.

Como ejemplo de manual de conservación de carreteras pueden abrir el documento anexo, el cual contiene el Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras elaborado por el Consejo de Ministros de Transporte de Centroamérica.

Tendencias.

La calidad en el mundo día a día va jugando un papel preponderante en todos los ámbitos de nuestras vidas, la conservación no escapa a esta idea.

La globalización entre otras cosas ha permitido el desarrollo de las tecnologías de la información y el uso cotidiano de la computadora y el software que se ha venido desarrollando para diferentes áreas, ya sea del conocimiento, la investigación y en este caso la conservación de carreteras a través del desarrollo de equipos de evaluación, nuevos procedimientos y equipos para la prueba de materiales, sistemas de gestión, nuevos materiales, etc.

Pero lo más importante es que sigue, la respuesta parece estar enfocada a la aplicación de las metodologías usadas en la industria para el aseguramiento de la calidad, las cuales comienzan a permear en la industria de la construcción y desde luego en la conservación de carreteras.

Se trate de la construcción de viviendas, edificios, caminos, represas, muelles o cualquier otro tipo de obra, la industria de la construcción convive en gran medida con elevados niveles de desperdicios, además de tratarse siempre de la producción o reparación de construcciones por valores significativos.

Es por otra parte una actividad signada por las exigencias en materia de calidad y productividad, con elevados riesgos en materia de accidentes de trabajo, y sometida a los vaivenes de la economía y las finanzas.

Es sin lugar a dudas un sector óptimo para la aplicación del Kaizen. Este sistema tiene por objetivo fundamental la mejora continua en todos los aspectos: satisfacción de empleados, obreros y clientes, reducción de costos, niveles de calidad y productividad, tiempos de entrega, reducción en los índices de accidentes, y reducción del plazo de diseño y planificación de obras.

El Kaizen pone fundamentalmente el acento en dos aspectos claves, *la calidad*, entendiéndolo por tal el cumplimiento satisfactorio de los requerimientos de los clientes y consumidores, y *la calidad de vida de trabajo por parte del personal de la empresa*, sean éstos directivos o empleados.

El logro de la calidad, no sólo permite satisfacer plenamente los requerimientos del cliente, sino que posibilita el incremento de la productividad y la correspondiente reducción de costos, permitiendo así la permanencia de la empresa en el mercado, y asegurando de tal modo los empleos y los beneficios para sus accionistas o propietarios.

Por tal razón el Kaizen fija como meta de su estrategia competitiva el logro de CQD, que significa producir bienes y servicios a los menores costos, con la mejor calidad y el menor tiempo de respuesta.

Rodera	9 mm
Coefficiente de Fricción	Promedio de 35 pero ninguna sección única < 25
Agrietamiento Transversal	Severidad 2
Agrietamiento Longitudinal	5.5 m por 152.5 m sección

Para algunas agencias, las garantías representan un avance en materia de especificaciones sobre las especificaciones por resultado final porque estas pueden especificar el desempeño actual del pavimento preferentemente que las características del material que tan solo son indicativas del desempeño del pavimento.

Así, las especificaciones de garantía pueden alinear lo mejor posible las influencias a veces en competencia de incentivos económicos, innovación, requisitos del cliente y de la calidad del pavimento. Esta alineación, cuando es lograda, permite que las fuerzas de la economía del mercado, más bien que las especificaciones por sí solas, conduzcan a la calidad del pavimento.

Hoy en día este tipo de especificaciones son usadas en los Estados Unidos de Norteamérica, Europa y comienzan a ser usadas en México para las concesiones conocidas como Proyectos para la Prestación de Servicios (PPS) para la conservación y mejoramiento de la Red de Carreteras Federales.

Sin embargo es necesario para su mayor efectividad un mejor desarrollo de las pruebas de desempeño, de tal forma que estas puedan con precisión e imparcialmente invocar las cláusulas de garantía

Finalmente cada uno de los diferentes tipos de especificaciones es apropiado para ciertos tipos y tamaños de trabajos. Mientras que las especificaciones de método son todavía adecuadas para trabajos pequeños y para municipios, las especificaciones de resultado final son típicamente usadas en grandes contratos a nivel estatal y federal y las especificaciones de garantía están comenzando a ser usadas para proyectos como los PPS de México.

Especificaciones en México.

En nuestro País la federación a través de la Secretaria de Comunicaciones y transportes es la encargada de desarrollar y publicar las especificaciones de construcción y conservación de la red de carreteras federales. Caso similar es el de los estados y de algunos municipios que a través de su Secretaria de Obras o Departamentos de Construcción elaboran y publican sus especificaciones sobre el particular.

En el caso de las especificaciones de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes, en la actualidad se está en una etapa de transición en donde las especificaciones en todas las áreas están siendo mejoradas y actualizadas por el Instituto Mexicano del Transporte.

Las nuevas especificaciones son del tipo de resultado final y para algunas características se complementan con especificaciones de desempeño como es el caso del Indice Internacional de Rugosidad final, el Coeficiente de Fricción, etc.

Para consultar las especificaciones se puede acceder a:

<http://normas.imt.mx/>

Y, las actividades de grupos pequeños, tales como los Círculos de Control de Calidad. Para la puesta en práctica debe tenerse en cuenta la actividad constructiva específica a la cual se aplicara el Kaizen.

Adicionalmente en los Estados Unidos de Norteamérica y en Europa se están formando Institutos para la aplicación de sistemas y metodologías que usualmente han sido aplicadas en la industria en sus procesos de calidad tales como:

- a) Ingeniería Concurrente.
- b) Construcción esbelta.

En Internet existen diversos sitios sobre el tema si se quiere ampliar el conocimiento. Es mi recomendación que se dé seguimiento a estas nuevas aplicaciones y se aproveche el conocimiento para innovar en los procesos para la conservación de las vías terrestres.

CÁMARA MEXICANA DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN
DELEGACIÓN HIDALGO
DIPLOMADO DE VÍAS TERRESTRES

AGOSTO DE 2007

Inicia 24 de Agosto y finaliza el 3 de Noviembre

Horarios: Vi 18 hrs. a 22 hrs y Sa 8 a 16 hrs.

TEMARIO PROPUESTO				
No.	TEMA	SUBTEMA	FECHAS	HORAS
1	PLANEACION DE CARRETERAS	LOCALIZACION DE TRAZO	24 y 25	2
		ANALISIS DE RUTAS	de agosto	2
		CARTAS GEOLOGICAS		2
	Profesor:	CARTAS EDAFOLOGICAS		2
	Ing. Gilberto Hernández y Espinoza	USO DE GPS		4
	Total			12
2	PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS	TRAZO PRELIMINAR		2
		TRAZO DEFINITIVO	31 de agosto y	2
		CALCULO DE CURVAS HORIZONTALES	1 de septiembre	1.5
		CALCULO DE CURVAS VERTICALES		1.5
	Profesor:	CALCULO DE SECCIONES TRANSVERSALES		2
	Ing. Gilberto Hernández y Espinoza	CALCULO DE CURVA MASA		3
	Total			12
3	DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CARRETERAS Y AEROPUERTOS	ANALISIS DE LOS DIFERENTES METODOS DE DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES	7 y 8	
		METODO DE LA UNAM, DEL CUERPO DE INGENIEROS, DEL INSTITUTO DEL ASFALTO.	de septiembre	8
	Profesor:	DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS		4
	Ing. Miguel Sánchez Mejía			4
	Total			12
4	OBRAS DE DRENAJE MENOR	CALCULO DE AREA HIDRAULICA		4
		CALCULO Y DISEÑO DE ALCANTARILLAS	14 y 15	6
		OBRAS DE DRENAJE COMPLEMENTARIAS	de septiembre	2
	Profesor:	(CUNETAS, CONTRACUNETAS, LAVADEROS,		

DIRECCIÓN:

C. Constructores Hidalguenses s/n.

Col. Presa de Jales Norte, CP 42080.
Atras del AUTO-ZONE.

Tel 771 (71) 427 45 y 369 66
Pachuca Hgo.

VIATICOS:

La CMIC se encargará de solventar los viaticos de los'

profesores al llegar allá y les realizará reservación.

Para gastos de gasolina, pedir factura con el RFC que les envío

en el hotel Emily del Centro, cuya dirección es Plaza Independencia S/N SN

Col. Pachuca De Soto Centro
C.P. 42000, Pachuca, Hidalgo
Tel.(771)715-0849

FECHAS:

El día 15 de Septiembre y 12 de Octubre si se impartirá el diplomado, en caso de no ser así, se nos avisará con anticipacion

	Ing Ferr	Romero Magaña	BORDILLOS.)	
	Total			12
5	CONSTRUCCION DE CARRETERAS		BANCOS DE MATERIALES Y SU TRATAMIENTO	2
			TERRACERIAS	21, 22 y 28, 29
			OBRAS DE DRENAJE	de septiembre
			CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES	3
			(CARPETAS DE CONCRETO ASFALTICO, DE RIEGOS DE SELLO, MEZCLAS EN FRIO)	3
			CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS RIGIDOS	4
			ESTABILIZACION DE SUELOS	4
	Profesor:		ESTABILIZACION DE MATERIALES PARA	4
	Ing. Miguel Sánchez Mejía		PAVIMENTOS	
	Total			24
6	CONSERVACION DE CARRETERAS		IDENTIFICACION DE DETERIOROS DE LOS	4
			PAVIMENTOS	5, 6 y 12
			CALIFICACION DE CARRETERAS	de octubre
			EQUIPOS DE EVALUACION	4
			DE PAVIMENTOS	
			SISTEMAS DE ADMINISTRACION DE	6
	Profesor:		PAVIMENTOS	
	Ing Enrique Dahlhaus Parkman		(SISTER, SIMAP, HDM-4, OTROS).	
	Total			18
7	CONSERVACION DE PUENTES		SISTEMAS DE ADMINISTRACION DE	6
	Profesor:		PUENTES	13 de octubre
	Ing. Ignacio Hernández Quinto			
	Total			6
8	CONTROL DE CALIDAD EN CARRETERAS		NORMAS Y ESPECIFICACIONES	4
			DE LOS AGREGADOS PETREOS	26, y 27
			NORMAS Y ESPECIFICACIONES	de octubre y
			DE LOS MATERIALES ASFALTICOS	2 de noviembre
			PRUEBAS DE LABORATORIO EN MATERIALES	4
			PETREOS Y ASFALTICOS	
	Profesor:		PRUEBAS DE LABORATORIO EN	4
	Ing. Gabriel Gutierrez Rocha		MATERIALES PARA CONCRETOS	
	Total			16
9	SEÑALAMIENTO EN CARRETERAS		SEÑALAMIENTO DE OBRA, SEÑALAMIENTO	4
			DEFINITIVO	3 de noviembre
	Profesor:		DISPOSITIVOS PARA DISMINUCION DE	4
	Ing. Gilberto Hernández y Espinoza		IMPACTOS EN CARRETERAS	
	Total			8
	SUMA DE HORAS			120