

**DIAGNOSTICO DE PUENTES MEDIANTE INSPECCIÓN VISUAL DE PAVIMENTO
FLEXIBLE, CON BASE EN LA COMPARACION DE LA METODOLOGÍA PCI (
PAVIMENT CONDITION INDEX) Y VIZIR**

SANDRA CAMILA COY RAMIREZ
INGENIERIA CIVIL



UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
BOGOTÁ D.C
2016

**DIAGNOSTICO DE PUENTES MEDIANTE INSPECCIÓN VISUAL DE PAVIMENTO
FLEXIBLE, CON BASE EN LA COMPARACION DE LA METODOLOGÍA PCI (
PAVIMENT CONDITION INDEX) Y VIZIR**

SANDRA CAMILA COY RAMIREZ
INGENIERIA CIVIL

OPCION DE GRADO



UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE PAVIMENTOS
BOGOTÁ D.C
2016

Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. JUSTIFICACIÓN	7
3. OBJETIVOS	8
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	8
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
4. ALCANCE	9
5. MARCO TEORICO.....	10
6.1 LOS DAÑOS	10
5.1.1. CLASIFICACION DE LOS DAÑOS.....	10
5.1.2. IMPORTANCIA DE LA CLASE DE DAÑO	11
5.2. METODOLOGIA VIZIR.....	17
5.2.1. CLASIFICACIÓN Y CUANTIFICACION DE LOS DAÑOS	17
5.2.2. DETERMINACION DEL ÍNDICE DE DETERIORO SUPERFICIAL “IS”	18
5.2.3. ALGUNOS DAÑOS DE IMPORTANCIA NO CONTEMPLADOS POR EL SISTEMA	19
5.2.4. APLICACIÓN DEL INVENTARIO DE FALLAS DEL PAVIMENTO.....	23
5.3. PCI (Pavement Condition Index).....	23
5.3.1. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO.....	24
5.3.2. UNIDAD DE MUESTREO	25
5.3.3. CALCULO DEL PCI DE LAS UNIDADES DE MUESTREO.....	26
6.3.4. CÁLCULO DEL PCI DE UNA SECCIÓN DE PAVIMENTO	28
6. VENTAJAS DE LAS METODOLOGIAS PCI Y VIZIR	28
6.1. METODOLOGIA PCI.....	28
6.2. METODOLOGIA VIZIR.....	29
7. LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	29
8. TRABAJO DE CAMPO.....	31
9. EVALUACION POR LA METODOLOGIA PCI	31
7.1 PUENTE CALLE 170 CON AUTOPISTA NORTE (SENTIDO OCCIDENTE – ORIENTE)	32
9.1.1. Inventario de Fallas.....	32
9.1.2. Determinación del PCI.....	32
9.2. PUENTE AVENIDA AMERICAS POR AVENIDA NQS (COSTADO SUR)	34
9.2.1. Inventario de Fallas	34
9.2.2. Determinación del PCI.....	35

10. EVALUACION METODOLOGIA VIZIR	36
10.1. PUENTE CALLE 170 CON AUTOPISTA NORTE (SENTIDO OCCIDENTE – ORIENTE)	36
8.2 PUENTE AVENIDA AMERICAS CON AVENIDA NQS	39
11. COMPARACION METODOLOGIA PCI – VIZIR	41
12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42
13. REFERENCIAS	44

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Causas y Soluciones a los Daños Más Frecuentes	15
Tabla 2 Niveles de Gravedad de los Daños del Tipo A	21
Tabla 3 Niveles de Gravedad de los Daños del Tipo B	22
Tabla 4 Rangos de Calificación del VIZIR	23
Tabla 5 Rangos de Calificación del PCI	24
Tabla 6 Longitudes de Unidades de Muestreo Asfálticas	25
Tabla 7 Formato Para la Obtención del Máximo Valor Deducido Corregido	28
Tabla 8 RANGOS DEL PCI.....	31
Tabla 9 Tipo de Fallas Calle 170 con Autopista Norte (Sentido occidente - Oriente).....	32
Tabla 10 Determinación del PCI.....	32
Tabla 11 preclasificación por estado superficial	33
Tabla 12 estado superficial	33
Tabla 13 Tipo de Fallas Avenida Américas por Avenida NQS (costado Sur).....	35
Tabla 14 Determinación del PCI.....	35
Tabla 15 Preclasificación Por Estado Superficial	35
Tabla 16 Estado Superficial	36
Tabla 17 Estado Actual del Puente Av. Américas Sobre Av NQS Costado Sur.....	36
Tabla 18 Tipología de fallas Puente calle 170	37
Tabla 19 Rango De calificación VIZIR.....	38
Tabla 20 Resultado Vizir Puente Calle 170 Con Autopista Norte.	38
Tabla 21 Tipología de fallas Av. Américas Con NQS	39
Tabla 22 Rango De calificación VIZIR.....	40
Tabla 23 Resultado Vizir Puente Av americas con Av NQS	40
Tabla 24 Comparación Metodología PCI-VIZIR Puente calle 170	41
Tabla 25 Comparación Metodología PCI-VIZIR puente Av americas	41

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 TIPO DE DAÑOS	13
Ilustración 2 TIPO DE DAÑOS	14
Ilustración 3 Determinación del Índice de Deterioro Superficial, “Is”	19
Ilustración 4 Formato Inventario de daños	25

Ilustración 5 Puente Autopista norte con calle 170 (sentido occidente –oriente) Fuente: Google Earth.....	30
Ilustración 6 Puente Avenida Américas por Avenida NQS (Costado Sur), Fuente: Google Earth.....	30
Ilustración 7 Estado Actual del Puente de Calle 170 con Autopista norte (Sentido Occidente - Oriente) Piel de Cocodrilo	34
Ilustración 8 Estado Actual del Puente de Calle 170 con Autopista norte (Sentido Occidente - Oriente) Grieta de reflexión de juntas.....	34
Ilustración 9 Determinación de Índice superficial VIZIR puente calle 170.....	37
Ilustración 10 Determinación de Índice superficial VIZIR puente Av americas Con NQS.....	39

INDICE DE ANEXOS

Anexo No. 1 Localización de los puentes o sector de análisis
Anexo No. 2 Formatos de inspección visual del pavimento
Anexo No. 3 Resultados del PCI- programa UNALPCI
Anexo No. 4 Registro Fotográfico

1. INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Bogotá las condiciones de la infraestructura necesaria para brindar movilidad, seguridad y comodidad a peatones y conductores, como elementos básicos de las corrientes de tráfico, son insuficientes, ante el progresivo crecimiento que registra actualmente la ciudad.

La conservación de los puentes es una necesidad básica tanto para la seguridad del tráfico vehicular como para el adecuado nivel de servicio durante la vida útil de las estructuras.

Los puentes constituyen un punto vital de la infraestructura de la ciudad y van acumulando daños durante su vida, su mantenimiento y conservación requieren una atención especial desde el punto de vista de la funcionalidad y de la seguridad. Esto obliga a llevar a cabo inspecciones técnicas de carácter periódico así como las reparaciones que procedan con la finalidad por una parte de evitar riesgos que pueden provocar accidentes con posibles daños a las personas y bienes y por otra parte para mantener las condiciones adecuadas de uso, minimizando los costos asociados a la conservación y aumentando su vida útil.

Con el trabajo de grado y el diagnóstico visual de puentes vehiculares se busca mantener la calidad del servicio de los puentes que se encuentran en la ciudad, para ello, es necesario fortalecer la ejecución de las actividades de mantenimiento de la infraestructura física de carácter preventivo y correctivo que garantice las condiciones físicas apropiadas de los mismos.

2. JUSTIFICACIÓN

Este trabajo de grado tiene como objeto de realizar la inspección visual a los puentes Calle 170 con autopista (Sentido occidente – oriente) y Avenida Américas por Avenida NQS (Costado Sur), mediante la comparación de la metodología PCI y VIZIR, con el fin de atender los problemas existentes en aquellas estructuras que presentan daños puntuales o locales en algunos de sus segmentos, dando prioridad a las que se encuentran ubicadas sobre la Malla Vial Primaria de Atención de Emergencias, para que de esta manera se optimice su funcionamiento sin la necesidad de llegar a tener que hacer intervenciones profundas o mantenimientos correctivos; ayudando con esto en el mejoramiento de la movilidad de la ciudad permitiendo así contar con estructuras de funcionamientos óptimos sobre los corredores viales más importantes de la ciudad.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar el diagnóstico visual correspondiente a los puentes Calle 170 con autopista (sentido occidente – oriente) y Avenida Américas por Avenida NQS (Costado Sur), caracterizando el estado superficial de los puentes en estudio, mediante la recopilación de inventario de fallas y evaluando el tipo de severidad en la que se encuentran los daños presentes; con el fin de determinar el índice de estado superficial del pavimento de acuerdo a lo indicado en la metodología PCI y VIZIR.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Describir la metodología PCI y VIZIR, y a su aplicación en puentes.
2. Definir el estado actual del pavimento de los puentes Calle 170 con autopista (sentido occidente – oriente) y Avenida Américas por Avenida NQS (Costado Sur),
3. Evaluar la severidad de los daños encontrados por cada metodología.
4. Sectorizar de acuerdo a la clasificación resultante.
5. Procesamiento mediante la determinación del PCI en la herramienta computacional UNALPCIA.
6. Realizar la comparación y conclusiones entre las dos metodologías.

4. ALCANCE

Este trabajo se desarrollará mediante un inventario manual e inspección visual de la superficie del pavimento flexible, teniendo en cuenta los tipos de daño que se pueden presentar en éste y llevando un registro en los formatos adecuados a la metodología francesa VIZIR y la norteamericana PCI.

Se evaluaron los puentes Calle 170 con autopista (sentido occidente – oriente) y Avenida Américas por Avenida NQS (Costado Sur), Esto permite dar una calificación sobre el tramo objeto de estudio y poder obtener conclusiones certeras acerca del estado actual y comparación de las dos metodologías.

5. MARCO TEORICO

6.1 LOS DAÑOS

Los daños en los pavimentos informan sobre su condición y las causas posibles de la misma. El inventario de los daños de un pavimento representa una información fundamental en el proceso de evaluación del estado del pavimento. Existen múltiples catálogos de daños que presentan metodologías para establecer un diagnóstico sobre la patología de los pavimentos; algunos tienen sistemas de calificación cuantitativa del estado del pavimento permitiendo establecer índices. Al establecer los tipos de daños se pueden determinar las causas posibles y las soluciones para la condición de deterioro.

Los daños se pueden jerarquizar de acuerdo con la prioridad de la reparación y con su efecto sobre la comodidad y seguridad para el usuario y sobre el estado del pavimento, lo cual permite planificar los recursos y las soluciones.

La información obtenida de los inventarios permite establecer tramos homogéneos de la vía de acuerdo con el estado del pavimento y la solución de construcción, y calcular las cantidades de obra correspondientes a los trabajos de reparación. Los daños tienen causas posibles que deben confirmarse para determinar las reparaciones necesarias.

Para realizar un buen inventario de daños se requiere un catálogo de daños que permita realizar una evaluación del estado del pavimento en forma repetible y reproducible.

5.1.1. CLASIFICACION DE LOS DAÑOS

El daño de un pavimento es una condición o un conjunto de condiciones generadas por el tránsito, el medio ambiente, la construcción o los materiales que afectan las características funcionales o estructurales del mismo. Se pueden presentar una causa o una combinación de ellas como origen del daño. La gran mayoría de los daños evolucionan en su nivel de severidad convirtiéndose en otros de mayor importancia para los usuarios o para la estabilidad estructural del pavimento.

La naturaleza del pavimento determina los tipos de daños que se presentan ligados a la estructura o a la funcionalidad.

Se pueden realizar diferentes clasificaciones respecto a los daños según el parámetro u objetivo elegido.

- a. Una clasificación consiste en dividirlos en funcionales o estructurales. Los primeros son aquellos que afectan la seguridad o comodidad del usuario de la vía y los otros deterioran la capacidad estructural del pavimento.
- b. Según el origen, causa inicial o principal, se tienen los generados por repetición de las cargas vehiculares (tránsito) y otros producidos por factores ambientales, diseño, construcción o materiales.
- c. Según la forma o geometría del área deteriorada se pueden clasificar en fisuras o grietas (aisladas o interconectadas) y en deformaciones (transversales o longitudinales).
- d. Según la capa en la cual se localizan o se inician los daños se presentan daños superficiales, de interfase capa granular – capa cementada, capas granulares o subrasante.

Las fallas o daños se identifican por la apariencia o aspecto del área deteriorada, buscando que el término usado genere una imagen fácilmente identificable. En algunos casos se abusa de términos cuyo significado es de aplicación local lo cual dificulta el uso de la información de un inventario de daños. Para obtener una información transportable lo mejor es utilizar un catálogo de daños de amplia difusión, el cual incluya la descripción de cada daño acompañada de fotografías y establezca niveles de severidad y forma de medirlos. Un buen catálogo de daños debe contener un sistema de calificación del estado del pavimento en función del tipo, severidad y magnitud en forma objetiva y no sólo descriptiva o subjetiva.

En la mayoría de los catálogos de daños las áreas deterioradas se agrupan en las siguientes clases de acuerdo con el tipo de pavimento:

- a. **Flexibles.** Grietas o fisuras, deformaciones longitudinales o transversales, huecos, parches y deficiencias de textura superficial.
- b. **Rígidos.** Agrietamientos, desniveles, daños de junta y deficiencias de textura superficial.

5.1.2. IMPORTANCIA DE LA CLASE DE DAÑO

Como los daños afectan al usuario y a la estructura del pavimento se pueden jerarquizar por su importancia respecto a la prioridad de su

reparación (Usuario) y su información respecto a la condición estructural del pavimento.

- a. Prioridad de la reparación: Huecos, desprendimiento / desintegración, piel de cocodrilo, grietas parabólicas, grietas en bloque, grietas de borde, grietas de reflexión de junta, grietas transversales, grietas longitudinales, desnivel carril - berma, parche, depresión, ondulación, desplazamiento, ahuellamiento, exudación y pulimento de agregados.
- b. Condición estructural del pavimento: Piel de cocodrilo, ahuellamiento, huecos, parches, grietas en bloque, grietas longitudinales y otros.

Se puede observar que el ahuellamiento, el cual representa el resultado de la repetición de las deformaciones verticales y se usa en algunos métodos de diseño como parámetro de diseño, aparece en los últimos lugares de la lista de los daños que afectan al usuario lo cual manifiesta el concepto de serviciabilidad que debe predominar en la operación de las carreteras.

Se consideran como daños causados principalmente por el tránsito: La piel de cocodrilo o grietas de fatiga, parches, pulimento de agregados, huecos, bombeo o expulsión de agua y ahuellamiento.

En la tabla *No.1* se pueden ver las causas más comunes y las soluciones más frecuentes de los daños.

Para la clasificación de los tipos de daños en los pavimentos flexibles nos basaremos en las metodologías VIZIR y PCI.

Ilustración 1 TIPO DE DAÑOS

<p>PIEL DE COCODRILO</p>	<p>GRIETAS EN BLOQUE</p>
	
<p>GRIETAS DE BORDE</p>	<p>FISURAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES</p>
	
<p>PARCHES</p>	<p>BACHES</p>
	

Ilustración 2 TIPO DE DAÑOS

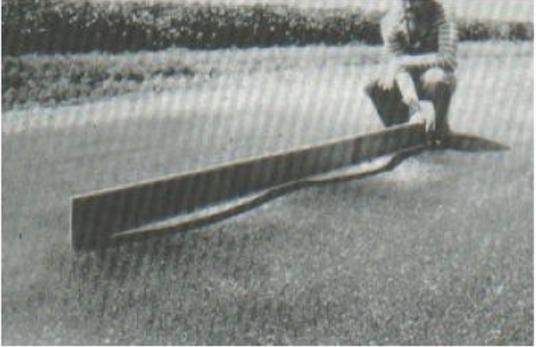
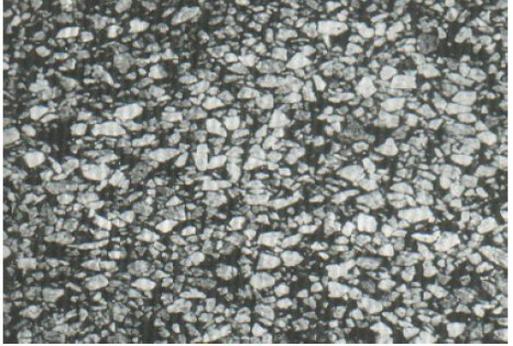
AHUELLAMIENTO	EXUDACIONES
	
DESGASTE	ABULTAMIENTOS
	
CORRUGACIONES	PULIMIENTO DE AGREGADOS
	

Tabla 1 Causas y Soluciones a los Daños Más Frecuentes

CLASE DE DAÑO	CAUSAS POSIBLES	ALTERNATIVAS DE REPARACIÓN
Grietas Pie de Cocodrilo	<ul style="list-style-type: none"> Deficiencia estructural. Excesivos vacíos de aire en la mezcla asfáltica. Propiedades del cemento asfáltico. Desprendimiento del asfalto de los agregados. Deficiencias de construcción. 	<ul style="list-style-type: none"> Riego de sello. Sustitución (excavación y reemplazo en toda la profundidad con mezcla asfáltica en las áreas falladas). Sobre carpetas con espesor variable con o sin tratamiento para control de reflexión de grietas. Reciclado. Reconstrucción.
Grietas Longitudinales	<p>Asociadas a cargas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Deficiencia Estructural. Vacíos excesivos en la mezcla asfáltica. Propiedades del cemento asfáltico. Desprendimiento del asfalto de los agregados. Deficiencia de construcción. <p>No asociadas a las cargas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Cambios volumétricos potenciales de los suelos de la subrasante. Estabilidad de los taludes. Asentamientos de los terraplenes o de los materiales in situ como consecuencia del incremento de las cargas. Segregación debida al equipo de compactación. Mala construcción de la junta. Otras deficiencias constructivas. 	<ul style="list-style-type: none"> Sello de grietas. Riego de sello (aplicado a las áreas con grietas). Sustitución (excavación y reemplazo de las áreas dañadas). Sobre carpeta delgada con tratamiento especial para sellar y minimizar la reflexión de grietas. Aplicación película de asfalto caucho con sello con agregados o sobre carpeta delgada. Escarificación en caliente y sobre carpeta delgada.
Ahueamiento	<ul style="list-style-type: none"> Deficiencia estructural. Diseño de la mezcla asfáltica. Propiedades del cemento asfáltico. Estabilidad de las capas asfálticas. Compactación de las capas. 	<ul style="list-style-type: none"> Fresado en frío incluyendo perfilado, con o sin sobre carpeta. Escarificación en caliente con tratamiento superficial o sobre carpeta delgada. Sustitución (corrugaciones en áreas localizadas).

CLASE DE DAÑO	CAUSAS POSIBLES	ALTERNATIVAS DE REPARACIÓN
Desprendimientos	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo contenido de asfalto. • Excesivos vacíos de aire en la mezcla. • Endurecimiento del asfalto. • Susceptibilidad al agua (stripping). • Características de los agregados. • Dureza y durabilidad de los agregados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Emulsión diluida (pobre) o sello “negro” rejuvenecedor. • Riego de sello con agregados. • Lechada asfáltica (slurry seal). • Sobre carpeta delgada.
Exudación	<ul style="list-style-type: none"> • Alto contenido de asfalto. • Densificación excesiva de la mezcla por el tránsito. • Bajo contenido de vacíos de aire en la mezcla. • Susceptibilidad térmica del asfalto (asfalto blando en altas temperaturas). • Aplicación en exceso de “sello negro” o de rejuvenecedores. • Susceptibilidad al agua de las capas subyacentes estabilizadas con asfalto, unida a la migración de asfalto a la superficie. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sobre carpeta de gradación abierta. • Riego de sello (Bien diseñado, con buen control de calidad durante la construcción). • Fresado en frío con o sin riego de sello o sobre carpeta delgada. • Escarificación en caliente con riego de sello o sobre carpeta delgada. • Calentamiento superficial y cilindrado con aplicación de agregado grueso.
Grietas Transversales	<ul style="list-style-type: none"> • Endurecimiento del cemento asfáltico. • Rigidez (stiffness) de la mezcla. • Cambios volumétricos en la base y/o la sub-base. • Propiedades inusuales de la subrasante. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sello de grietas. • Riego de sello. • Sobre carpeta con tratamiento especial para el sello de las grietas y minimizar la reflexión de las mismas. • Aplicación de película de asfalto- caucho con sello con agregados o sobre carpeta delgada. • Escarificación en caliente con sobre carpeta delgada.
Rugosidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Presencia de daños físicos (agrietamiento, ahuellamiento, corrugaciones, parches, huecos, etc.). • Cambios volumétricos en los terraplenes o en las subrasantes. • Construcción no uniforme. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sobre carpeta. • Reciclado en frío con o sin sobre carpeta. • Escarificación en caliente con sobre carpeta especial para áreas con corrugaciones). • Reciclado (planta central o in situ).

Referencia: Capítulo 8. “Los daños y los índices de condiciones” Luis Carlos Vásquez Varela, 2002

5.2. METODOLOGIA VIZIR

Es un sistema de fácil aplicación, que establece una distinción clara entre fallas estructurales y funcionales. El método clasifica los deterioros de los pavimentos asfálticos en dos grandes categorías, A y B, cuya identificación y niveles de gravedad se presentan en las tablas.

Las degradaciones del Tipo A caracterizan una condición estructural del pavimento. Se trata de degradaciones debidas a insuficiencia en la capacidad estructural de la calzada. Estos daños comprenden las deformaciones y los agrietamientos ligados a la fatiga del pavimento.

Las degradaciones del tipo B, en su mayoría de tipo funcional, dan lugar a reparaciones que generalmente no están ligadas a la capacidad estructural de la calzada. Su origen se encuentra más bien en deficiencias constructivas y condiciones locales particulares que el tránsito ayuda a poner en evidencia.

5.2.1. CLASIFICACIÓN Y CUANTIFICACION DE LOS DAÑOS

Los daños del tipo A caracterizan una condición estructural del pavimento, sea que ella este ligada a las condiciones de las diversas capas y el suelo de subrasante o simplemente a las capas asfálticas. Se trata de daños debido a insuficiencia en la capacidad estructural de la calzada cuyo remedio suele requerir el conocimiento de otros criterios de valoración (ensayos de resistencia, deflexiones, etc.). Estos daños comprenden las deformaciones y los agrietamientos ligados a la fatiga del pavimento.

Los daños del tipo B, en su mayoría de tipo funcional, dan lugar a reparaciones que generalmente no están ligadas a la capacidad estructural de la calzada. Su origen se encuentra más bien en deficiencias constructivas y condiciones locales particulares que el transito ayuda a poner en evidencia. Entre los daños del tipo B se pueden citar los agrietamientos motivados por asuntos distintos a la fatiga, los ojos de pescado, los desprendimientos y los afloramientos.

Los daños se presentan en el esquema itinerario por medio de rectángulos cuyo fondo (blanco, gris o negro) indica el nivel de gravedad, en tanto que los lados de ellos determinan el comienzo y el fin de cada una de las zonas en las cuales se divide el proyecto para este tipo de evaluación. Para los estudios destinados al diseño de obras de mantenimiento y rehabilitación del pavimento, cada zona de análisis deberá tener una longitud de 100 metros. En el caso de carreteras de doble calzada, se efectuarán evaluaciones.

independientes para cada calzada. En el interior del rectángulo se coloca un número que expresa la extensión que ocupa el daño dentro de la zona evaluada. Salvo que en los *Tabla No.2 y 3* del formato se indique lo contrario, la extensión corresponde al porcentaje de la longitud de la zona evaluada que se encuentra afectada por el daño respectivo.

5.2.2. DETERMINACION DEL ÍNDICE DE DETERIORO SUPERFICIAL “IS”

Para efectos de su corrección, los daños del tipo A y B se enfrentan de diferente manera. En el caso de los tipo B, la solución de mantenimiento se deriva del simple reconocimiento de su existencia, no siendo necesario apelar a otros parámetros para realizar el diagnóstico. Así, por ejemplo, fallas del tipo de ojo de pescado deben ser sometidas a bacheo, las áreas exudadas deben ser sometidas a un tratamiento que brinde propiedades antideslizantes a la superficie, etc.

En cambio, la solución de los problemas que se manifiestan por medio de daños del tipo A depende de múltiples factores y, por lo tanto, el diagnóstico exigirá la consideración de aspectos tales como la capacidad portante, la calidad de los materiales existentes, el tránsito futuro, etc. Los daños de este tipo suelen generar trabajos importantes de rehabilitación del pavimento, los cuales traen implícito el paliativo para los defectos del tipo B. Así, por ejemplo, el sello de las grietas para impedir la entrada del agua, no es necesario si se acoge una operación de reciclado para remediar defectos de mayor importancia. De manera general, los daños del tipo B solo intervienen en la solución en ausencia de las del tipo A. Por lo tanto, el índice visual global que califica el estado del pavimento solo tiene en cuenta los daños del tipo A.

El primer paso en la determinación de este índice global (denominado Índice de Deterioro Superficial, “Is”) consiste en el cálculo del índice de fisuración (If), el cual depende de la gravedad y la extensión de las fisuraciones y agrietamientos de tipo estructural en cada zona evaluada. Debido a que en la *tabla No. 3* se consideran de manera independiente dos tipos de fisuraciones, se deberá tomar como representativo de la zona el mayor de los dos índices calculados.

En seguida, se calcula un índice de deformación (Id), el cual también depende de la gravedad y extensión de las deformaciones de origen estructural.

La combinación de “If” e “Id” da lugar a un primer índice de calificación de la calzada, el cual debe ser corregido en función de la extensión y calidad de los trabajos de bacheo. En este punto, es importante considerar que, si bien algunos métodos de calificación de la condición del pavimento no incluyen las áreas con parches y bacheos, el LCPC considera que ellas deben formar parte integrante de la evaluación, con el argumento de que mientras una reparación localizada reciente enmascara un problema, las reparaciones frecuentes lo confirman.

Efectuada esta corrección, cuando corresponda, se obtiene el “Índice de Deterioro Superficial, (Is)”, el cual califica la calzada en la longitud escogida para el cálculo. El valor del Is varía entre 1 y 7 y su cálculo se realiza de la manera como se muestra en la *ilustración No. 3*.

No se debe perder de vista, sin embargo, que la valoración de las fallas del tipo A no constituye un criterio suficiente para definir las acciones que requiere la calzada para su rehabilitación.

5.2.3. ALGUNOS DAÑOS DE IMPORTANCIA NO CONTEMPLADOS POR EL SISTEMA

El sistema VIZIR no considera, para efectos de diagnóstico, algunas fallas del pavimento, a veces espectaculares, que no están ligadas directamente al comportamiento del mismo y de la subrasante. Es el caso, por ejemplo, de los agrietamientos longitudinales o en forma de media luna que se presentan en los taludes exteriores de secciones de pavimento a media ladera, causados por inestabilidad de estos; los agrietamientos, acompañados o no de levantamientos de la calzada cuando esta alcanza a ser afectada por un movimiento rotacional de un talud de corte; las deformaciones y agrietamientos excesivos de terraplenes construidos sobre suelos de muy limitada capacidad portante o exageradas características expansivas y contráctiles: las deformaciones y agrietamientos generados por inestabilidades locales y regionales, etc.

Este tipo de defectos, frecuentes en algunas carreteras nacionales y de efecto relevante en su comportamiento, deben ser analizados y resueltos con un enfoque geotécnico mucho más amplio, el cual supera el alcance de este método.

Ilustración 3 Determinación del Índice de Deterioro Superficial, “Is”.

Ninguna fisuración ni deformación	0
-----------------------------------	---

Examen visual	(1) INDICE DE FISURACION <i>I_f</i>	Extension	0 a 10%	10 a 50%	>50%
		Gravedad			
		1	1	2	3
		2	2	3	4
		3	3	4	5

INDICE DE DEFORMACION <i>I_d</i>	Extension	0 a 10%	10 a 50%	>50%
	Gravedad			
	1	1	2	3
	2	2	3	4
	3	3	4	5

(1) Cálculo efectuado separadamente de la fisuración longitudinal y la fatiga. Se adopta el mayor de los dos valores calculados

Primera Calificación del Índice de Deterioro, <i>I_s</i>	<i>I_f</i> \ <i>I_d</i>	0	1 - 2	3	4 - 5
	0	1	2	3	4
	1 - 2	3	3	4	5
	3	4	5	5	6
	4 - 5	5	6	7	7

Extension	0 a 10%	10 a 50%	>50%
Gravedad			
1	0	0	0
2	0	0	+1
3	0	+1	+1

Corrección por reparación

Índice de Deterioro Superficial, *I_s*
Nota de 1 a 7

Nota final

Referencia: Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos Asfálticos de carreteras

Tabla 2 Niveles de Gravedad de los Daños del Tipo A

DETERIORO	NIVEL DE GRAVEDAD		
	1	2	3
			
Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales	Sensible al usuario, pero poco importante. Flecha < 20 mm	Deformaciones importantes. Hundimientos localizados o ahuellamientos. 20 mm ≤ Flecha ≤ 40 mm	Deformaciones que afectan de manera importante la comodidad y la seguridad de los usuarios Flecha > 40 mm
Grietas longitudinales por fatiga	Fisuras finas en la banda de rodamiento	Fisuras abiertas y a menudo ramificadas	Fisuras muy ramificadas y/o muy abiertas (grietas). Bordes de fisuras ocasionalmente degradados
Piel de cocodrilo	Piel de cocodrilo formada por mallas grandes (> 500 mm) con fisuración fina, sin pérdida de materiales	Mallas más densas (< 500 mm), con pérdidas ocasionales de materiales, desprendimientos y ojos de pescado en formación.	Mallas con grietas muy abiertas y con fragmentos separados. Las mallas son muy densas (< 200 mm), con pérdida ocasional o generalizada de materiales
Bacheos y parcheos	Intervención de superficie ligada a deterioros del tipo B	Intervenciones ligadas a deterioros tipo A	
		Comportamiento satisfactorio de la reparación	Ocurrencia de fallas en las zonas reparadas

Referencia: Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos Asfálticos de carreteras

Tabla 3 Niveles de Gravedad de los Daños del Tipo B

DETERIORO	NIVEL DE GRAVEDAD					
	1		2		3	
						
Grieta longitudinal de junta de construcción	Fina y única		<ul style="list-style-type: none"> Ancha (10 mm ó más) sin desprendimiento o Fina ramificada 		Ancha con desprendimientos o ramificada	
Grietas de contracción térmica	Fisuras finas		Anchas sin desprendimientos, o finas con desprendimientos o fisuras ramificadas		Anchas con desprendimientos	
Grietas parabólicas	Fisuras finas		Anchas sin desprendimientos		Anchas con desprendimientos	
Grietas de borde	Fisuras finas		Anchas sin desprendimientos		Anchas con desprendimientos	
Abultamientos	F < 20 mm		20 mm ≤ F ≤ 40 mm		F > 40 mm	
Ojos de pescado* (por cada 100 metros)	cantidad	< 5	5 a 10	< 5	> 10	5 a 10
	Diámetro (mm)	≤ 300	≤ 300	≤ 1000	≤ 300	≤ 1000
Desprendimientos: • Pérdida de película de ligante • Pérdida de agregados	Pérdidas aisladas		Pérdidas continuas		Pérdidas generalizadas y muy marcadas	
Descascaramiento	Prof.(mm)	≤ 25	≤ 25	> 25	> 25	
	Área (m2)	≤ 0.8	> 0.8	≤ 0.8	> 0.8	
Pulimento agregados	No se definen niveles de gravedad					
Exudación	Puntual		Continua sobre la banda de rodamiento		Continua y muy marcada	
Afloramientos: • de mortero • de agua	Localizados y apenas perceptibles		Intensos		Muy intensos	
Desintegración de los bordes del pavimento	Inicio de la desintegración		La calzada ha sido afectada en un ancho de 500 mm o más		Erosión extrema que conduce a la desaparición del revestimiento asfáltico	
Escalonamiento entre calzada y berma	Desnivel de 10 a 50 mm		Desnivel entre 50 y 100 mm		Desnivel superior a 100 mm	
Erosión de las bermas	Erosión incipiente		Erosión pronunciada		La erosión pone en peligro la estabilidad de la calzada y la seguridad de los usuarios	

* Cuando el número de ojos de pescado supere el número y el tamaño descritos en la tabla, se deberán enfrentar como deterioros del tipo A.

Referencia: Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos Asfálticos de carreteras

Tabla 4 Rangos de Calificación del VIZIR

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL VIZIR	
RANGO	CALIFICACIÓN
1 y 2	Bueno
3 y 4	Regular
5, 6 y 7	Deficiente

Referencia: Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos Asfálticos de carreteras

5.2.4. APLICACIÓN DEL INVENTARIO DE FALLAS DEL PAVIMENTO

La información que se obtiene como resultado del inventario de fallas de un pavimento, tiene múltiples aplicaciones, entre ellas:

- a. Delimitar zonas de diferente comportamiento a lo largo del proyecto.
- b. La inspección periódica de la superficie del pavimento brinda datos sobre la progresión de los daños, aplicables a los modelos de administración del mantenimiento.
- c. Los diversos tipos de fallas suelen estar relacionados con determinados mecanismos de deterioro. Aquellos que básicamente están asociados a la acción de las cargas del tránsito, exigen trabajos de rehabilitación con fortalecimiento estructural, en tanto que los asociados a los materiales y el clima deben enfrentarse, ante todo, buscando remediar las causas de dichas deficiencias o minimizando el impacto sobre el comportamiento del pavimento. Es evidente, sin embargo, que algunos problemas muy severos motivados en los materiales o aspectos ambientales, pueden exigir la reconstrucción del pavimento.
- d. Por último el resultado del inventario visual es la base de una programación idónea de los trabajos posteriores de evaluación destructiva y no destructiva de la calzada.

5.3. PCI (Pavement Condition Index)

El Índice de Condición del Pavimento (PCI, por su sigla en inglés) se constituye en la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad. La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas más allá de las que constituyen el sistema.

El deterioro de la estructura de pavimento es una función de la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad del mismo. La formulación de un índice que

tuviese en cuenta los tres factores mencionados ha sido problemática debido al gran número de posibles condiciones. Para superar esta dificultad se introdujeron los “valores deducidos”, como un arquetipo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento.

Es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado.

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen clase, severidad y cantidad de cada daño presente. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie. La información de los daños obtenida como parte del inventario ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima.

Tabla 5 Rangos de Calificación del PCI

Rango	Clasificación
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

Referencia: Pavement Condition Index (PCI) Para Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carreteras, traducido por el Ing. Luis Ricardo Vásquez, Abril de 2006

5.3.1. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

La primera etapa corresponde al trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos. Esta información se registra en formatos adecuados para tal fin. En ilustración *No. 4* se ilustra el formato adoptado para el presente trabajo.

Ilustración 4 Formato Inventario de daños

PCI-01. CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA.

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO			ESQUEMA
ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
CÓDIGO VÍA	ABSCISA FINAL	ÁREA MUESTREO (m²)	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
INSPECCIONADA POR		FECHA	
<input type="text"/>		<input type="text"/>	
No.	Daño	No.	Daño
1	Piel de cocodrilo.	11	Parqueo.
2	Exudación.	12	Pulimento de agregados.
3	Agrietamiento en bloque.	13	Huecos.
4	Abultamientos y hundimientos.	14	Cruce de vía férrea.
5	Corrugación.	15	Ahuellamiento.
6	Depresión.	16	Desplazamiento.
7	Grieta de borde.	17	Grieta parabólica (slippage)
8	Grieta de reflexión de junta.	18	Hinchamiento.
9	Desnivel carril / berma.	19	Desprendimiento de agregados.
10	Grietas long y transversal.		

Daño	Severidad	Cantidades parciales	Total	Densidad (%)	Valor deducido

Referencia: *Pavement Condition Index (PCI) Para Pavimentos Asfálticos y de Concretos en Carreteras*, traducido por el Ing. Luis Ricardo Vásquez, Abril de 2006.

5.3.2. UNIDAD DE MUESTREO

Se divide la vía en secciones o “unidades de muestreo”, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura:

a. Carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$.

En la *tabla No. 6* se presentan algunas relaciones longitud – ancho de calzada pavimentada.

Tabla 6 Longitudes de Unidades de Muestreo Asfálticas

Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5.0	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.5

Referencia: *Pavement Condition Index (PCI) Para Pavimentos Asfálticos y de Concretos en Carreteras*, traducido por el Ing. Luis Ricardo Vásquez, Abril de 2006.

Se recomienda tomar el valor medio de los rangos y en ningún caso definir unidades por fuera de aquellos. Para cada pavimento inspeccionado se sugiere la elaboración de esquemas que muestren el tamaño y la localización de las unidades ya que servirá para referencia futura.

5.3.3. CALCULO DEL PCI DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

Al completar la inspección de campo, la información sobre los daños se utiliza para calcular el PCI. El cálculo puede ser manual o computarizado y se basa en los “Valores Deducidos” de cada daño de acuerdo con la cantidad y severidad reportadas.

5.3.3.1. CALCULO PARA CARRETERAS CON CAPA DE RODADURA ASFALTICA

Etapa 1. Cálculo de los Valores Deducidos:

- 1.a. Totalice cada tipo y nivel de severidad de daño y regístrelo en la columna TOTAL del formato inventario de daños. El daño puede medirse en área, longitud ó por número según su tipo.
- 1.b. Divida la CANTIDAD de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre el ÁREA TOTAL de la unidad de muestreo y exprese el resultado como porcentaje. Esta es la DENSIDAD del daño, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio.
- 1.c. Determine el VALOR DEDUCIDO para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas “Valor Deducido del Daño” que se adjuntan al final de este documento, de acuerdo con el tipo de pavimento inspeccionado.

Etapa 2. Cálculo del Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m).

- 2.a. Si ninguno ó tan sólo uno de los “Valores Deducidos” es mayor que 2, se usa el “Valor Deducido Total” en lugar del mayor “Valor Deducido Corregido”, CDV, obtenido en la Etapa 4. De lo contrario, deben seguirse los pasos 2.b. y 2.c.
- 2.b. Liste los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor.

2.c. Determine el “Número Máximo Admisible de Valores Deducidos” (m), utilizando la Ecuación:

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i) \quad (1)$$

mi: Número máximo admisible de “valores deducidos”, incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i.

HDVi: El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i.

2.d. El número de valores individuales deducidos se reduce a m, inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone de menos valores deducidos que m se utilizan todos los que se tengan.

Etapas 3. Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV.

El máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo:

3.a. Determine el número de valores deducidos, q, mayores que 2.0.

3.b. Determine el “Valor Deducido Total” sumando TODOS los valores deducidos individuales.

3.c. Determine el CDV con q y el “Valor Deducido Total” en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.

3.d. Reduzca a 2.0 el menor de los “Valores Deducidos” individuales que sea mayor que 2.0 y repita las etapas 3.a. a 3.c. hasta que q sea igual a 1.

3.e. El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso.

Etapas 4. Calcule el PCI de la unidad restando de 100 el máximo CDV obtenido en la Etapa 3.

En la *tabla No. 7* se presenta un formato para el desarrollo del proceso iterativo de obtención del “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV.

Tabla 7 Formato Para la Obtención del Máximo Valor Deducido Corregido

No.	Valores Deducidos										Total	q	CDV
1													
2													
3													
4													

Referencia: *Pavement Condition Index (PCI) Para Pavimentos Asfálticos y de Concretos en Carreteras*, traducido por el Ing. Luis Ricardo Vásquez, Abril de 2006.

6.3.4. CÁLCULO DEL PCI DE UNA SECCIÓN DE PAVIMENTO

Una sección de pavimento abarca varias unidades de muestreo. Si todas las unidades de muestreo son inventariadas, el PCI de la sección será el promedio de los PCI calculados en las unidades de muestreo.

Si se utilizó la técnica del muestreo, se emplea otro procedimiento. Si la selección de las unidades de muestreo para inspección se hizo mediante la técnica aleatoria sistemática o con base en la representatividad de la sección, el PCI será el promedio de los PCI de las unidades de muestreo inspeccionadas. Si se usaron unidades de muestreo adicionales se usa un promedio ponderado calculado de la siguiente forma:

$$PCI_s = \frac{[(N - A) * PCI_R] + (A * PCI_A)}{N} \quad (2)$$

Donde:

PCIS: PCI de la sección del pavimento.

PCIR: PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias o representativas.

PCIA: PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales.

N: Número total de unidades de muestreo en la sección.

A: Número adicional de unidades de muestreo inspeccionadas.

6. VENTAJAS DE LAS METODOLOGIAS PCI Y VIZIR

6.1. METODOLOGIA PCI

- la metodología más precisa en cuanto a la evaluación de tramos ya que la valoración de daños y severidades es más específica y se ajusta de mejor manera al estado real de la condición del pavimento.

- Las metodologías PCI es recomendable para vías con longitudes menores a 10km como por ejemplo tramos de vías urbanas. Ya que las unidades de muestreo de 30m de longitud, haciendo así más eficiente el análisis en cada metodología aplicada.
- En la metodología PCI evalúa 19 daños que se pueden presentar en la capa de rodadura, no excluye ninguno tipo de daño lo que hace que el análisis sea más completo. En cuanto al rango de calificaciones la metodología PCI posee 7 rangos de calificación (desde 0 para superficies falladas; a 100, superficie en óptimas condiciones).

6.2. METODOLOGIA VIZIR

- Es un sistema de por medio del cual se puede calificar la condición superficial de los pavimentos flexibles. Este sistema se caracteriza por dar una clasificación inicial de dos tipos de daños Tipo A daños estructurales y tipo B funcionales. Los daños tipo A son asociados generalmente a insuficiencia de la capacidad estructural del pavimento, mientras que los daños tipo B funcionales están asociados a aspectos constructivos.
- La metodología de vizir es recomendable para trayectos de vía con longitudes mayores a 10km o vías de primer orden.

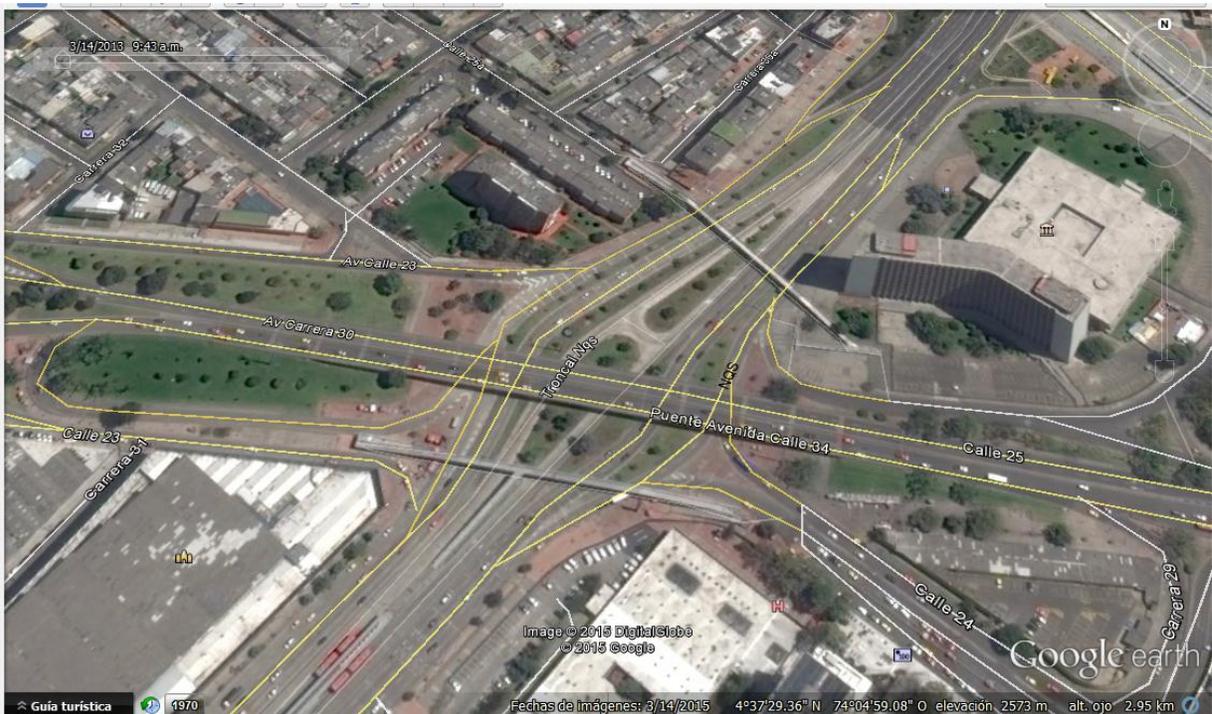
7. LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El área de estudio se encuentra localizada en la malla vial de Bogotá, específicamente en los puentes de la autopista con calle 170 (sentido occidente - oriente) y Avenida Américas por Avenida NQS (Costado Sur), Debido a las condiciones de tráfico, flujo vehicular e importancia que tienen, son puentes con gran transitabilidad al norte y al sur de la ciudad. (Anexo No.1)

Ilustración 5 Puente Autopista norte con calle 170 (sentido occidente –oriente) Fuente: Google Earth



Ilustración 6 Puente Avenida Américas por Avenida NQS (Costado Sur), Fuente: Google Earth



8. TRABAJO DE CAMPO

Con el fin de realizar el inventario de daños se estableció un primer recorrido al puente de la calle 170 con autopista norte (sentido occidente – oriente) el 10 de octubre de 2016, el cual conto con herramientas como flexometro, tiza, chaleco reflectivo, cámara fotográfica y tabla de apoyo con los formatos correspondientes para el levantamiento.

El segundo recorrido se realizó al puente de la avenida de las américas con avenida NQS, el día 23 de octubre de 2016 el cual conto con las misma herramientas y criterios del primer recorrido.

9. EVALUACION POR LA METODOLOGIA PCI

Esta inspección fue ejecutada por un ingeniero de campo. Los datos tomados en esta actividad sirven de insumo para el cálculo del Índice de Condición de Pavimento (PCI) el cual representa la integridad estructural y la condición de operaciones superficiales. Este método está basado en el tipo, extensión y severidad del daño, que arrojarán unos valores de 0 a 100. Un PCI de 0 para un pavimento fallado y de 100 para un pavimento en excelente condiciones.

La información recolectada es entregada al ingeniero Especialista en Patología de Pavimentos, quien se encarga de revisar y procesarla en el software Unal-PCIA desarrollado por el Ingeniero Ricardo Vázquez, la información recolectada en campo, dicha información se procesa por segmentos en una hoja de Excel, procesada como archivo .CSV separado por comas y analizada con el software el cual arroja como resultado la evaluación del PCI en cada unidad y el resumen de los resultados en el segmento. Los resultados obtenidos fueron procesados y como resultado de los mismos

Se determinó el Índice de estado (PCI) superficial de cada segmento estableciendo el estado de cada segmento conforme a la tabla No. 8

Tabla 8 RANGOS DEL PCI

PCI	
0 - 25	ROJO
26 - 55	NARANJA
56 - 85	AMARILLO
86 - 100	VERDE

Fuente: Pavement Management for Airports, Roads and parking lots: Shanin M.Y

7.1 PUENTE CALLE 170 CON AUTOPISTA NORTE (SENTIDO OCCIDENTE – ORIENTE)

9.1.1. Inventario de Fallas.

El inventario de fallas es el insumo principal para definir el PCI (Pavement Condition Index), identificando la tipología y magnitud de cada una de las fallas presentes en el pavimento. Las tipologías más frecuentes en los puentes en estudio (Ver Anexo 2), corresponden a piel de cocodrilo (1), Grietas de Junta (8), Grietas Longitudinales y Transversales (10), parcheo (11), Pulimento de agregados (12) y huecos (13), como se describe en la Tabla 9.; la codificación empleada corresponde a la metodología utilizada para la toma de información.

Unidad	Nomenclatura	Longitud (m)	Tipo de Falla
Aproche 1	Calle 170	30	1-8-10-11
Tablero	Calle 170	40	10-12-13
Aproche 2	Calle 170	30	10-12

Tabla 9 Tipo de Fallas Calle 170 con Autopista Norte (Sentido occidente - Oriente)

Fuente. Elaboración Propia

Como fue registrado se presentan fallas correspondientes al deterioro normal de la carpeta asfáltica, producto de un envejecimiento tanto por las condiciones ambientales a las que ha estado sometido como por las sollicitaciones de carga en el período de vida de la estructura. Sin embargo existen fallas particulares en donde se evidencia además del deterioro superficial, fallas que pueden en un momento comprometer las capas que le subyacen, Este tipo de deterioro es plasmado en el registro Fotográfico presentado en el Anexo 4.

9.1.2. Determinación del PCI

La información recolectada en la inspección visual del pavimento, fue procesada mediante el software UnalPCIA, desarrollado por el Ingeniero Ricardo Vázquez, tomando como variables la tipología de las fallas y su densidad, obteniendo como resultado el valor del PCI (índice que representa la integridad estructural y la condición de operación superficial) en cada unidad y el resumen de los resultados en el segmento. Los resultados son presentados Y consolidados en la Tabla No 10

Unidad	Nomenclatura	Longitud (m)	PCI
Aproche 1	Calle 170	30	37
Tablero	Calle 170	40	59
Aproche 2	Calle 170	30	23

Tabla 10 Determinación del PCI

Atendiendo la preclasificación por estado superficial definida en el marco teórico y la cual se presentan en la Tabla No. 11, se indica en la Tabla No. 12 la evaluación de cada uno de los segmentos comprendidos en el alcance del trabajo de grado.

RANGO DEL PCI	ESTADO DEL PAVIMENTO	PRECLASIFICACIÓN
0-25	Malo	Rojo
26-55	Regular	Naranja
56-85	Bueno	Amarillo
86-100	Excelente	Verde

Tabla 11 preclasificación por estado superficial

Unidad	Nomenclatura	Longitud (m)	PCI	Preclasificación
Calle 170 con Autopista Norte (Sentido Occidente – oriente)				
Aproche 1	Calle 170	30	37	C
Tablero	Calle 170	40	59	B
Aproche 2	Calle 170	30	23	D

Tabla 12 estado superficial

Fuente. Elaboración Propia

Conforme a los resultados de la evaluación superficial y teniendo en cuenta la evaluación previa del anexo técnico se encuentra:

Que en el puente de sentido Occidente oriente Calle 170 con autopista Norte se ha apreciado que los accesos del puente se encuentran muy deteriorados presentando piel de cocodrilo, fisuras longitudinales y transversales, grietas de junta y huecos principalmente y un pulimento general de la capa de asfalto. Esto resulta congruente con los fallos obtenidos en los resultados.

Ilustración 7 Estado Actual del Puente de Calle 170 con Autopista norte (Sentido Occidente - Oriente) Piel de Cocodrilo



Ilustración 8 Estado Actual del Puente de Calle 170 con Autopista norte (Sentido Occidente - Oriente) Grieta de reflexión de juntas



9.2. PUENTE AVENIDA AMERICAS POR AVENIDA NQS (COSTADO SUR)

9.2.1. Inventario de Fallas

El inventario de fallas es el insumo principal para definir el PCI (Pavement Condition Index), identificando la tipología y magnitud de cada una de las fallas presentes en el pavimento. Las tipologías más frecuentes en los puentes en estudio (Ver Anexo 2), corresponden a Piel de Cocodrilo (01), Agrietamiento en Bloque (03),

Hundimientos (04), Grietas de Junta (8), Grietas Longitudinales y Transversales (10), parcheo (11), huecos (13), y pérdida de agregados (19), como se describe en la Tabla 13; la codificación empleada corresponde a la metodología utilizada para la toma de información.

Unidad	Nomenclatura	Longitud (m)	Tipo de Falla
Aproche 1	Av. 30 av. Américas	30	3 10
Tablero	Av. 30 av. Américas	287	3-4-10-11-13-19
Aproche 2	Av. 30 av. Américas	30	1-3-8-10

Tabla 13 Tipo de Fallas Avenida Américas por Avenida NQS (costado Sur)

Como fue registrado se presentan fallas correspondientes al deterioro normal de la carpeta asfáltica, producto de un envejecimiento tanto por las condiciones ambientales a las que ha estado sometido como por las solicitaciones de carga en el período de vida de la estructura., el deterioro encontrado es plasmado en el registro Fotográfico presentado en el Anexo 4.

9.2.2. Determinación del PCI

La información recolectada en la inspección visual del pavimento, fue procesada mediante el software UnalPCIA, desarrollado por el Ingeniero Ricardo Vázquez, tomando como variables la tipología de las fallas y su densidad, obteniendo como resultado el valor del PCI (índice que representa la integridad estructural y la condición de operación superficial) en cada unidad y el resumen de los resultados en el segmento. Los resultados son presentados en el Anexo 4, consolidados en la Tabla No 14.

Unidad	Nomenclatura	Longitud (m)	PCI
Puente Costado Occidental Elemento 2			
Aproche 1	Av. 30 av. Américas	30	24
Tablero	Av. 30 av. Américas	287	25
Aproche 2	Av. 30 av. Américas	30	73

Tabla 14 Determinación del PCI

Atendiendo la preclasificación por estado superficial definida en el marco teórico y la cual se presentan en la Tabla No. 15, se indica en la Tabla No 16 la evaluación de cada uno de los segmentos comprendidos en el alcance del presente contrato.

RANGO DEL PCI	ESTADO DEL PAVIMENTO	PRECLASIFICACIÓN
0-25	Malo	Rojo
26-55	Regular	Naranja
56-85	Bueno	Amarillo
86-100	Excelente	Verde

Tabla 15 Preclasificación Por Estado Superficial

Unidad	Nomenclatura	Longitud (m)	PCI	Preclasificación
Puente Costado Sur Elemento 2				
Aproche 1	Av. 30 av. Américas	30	24	D
Tablero	Av. 30 av. Américas	287	25	D
Aproche 2	Av. 30 av. Américas	30	73	B

Tabla 16 Estado Superficial

Conforme a los resultados de la evaluación superficial y teniendo en cuenta la evaluación previa del anexo técnico se encuentra:

Que para el costado Sur del puente de la Av. Américas con Av. NQS se ha apreciado que en el acceso de entrada y la placa del puente se presenta grietas longitudinales, agrietamientos en bloque, hundimientos, parcheos y huecos, que proporcionan deterioro severo sobre la capa de rodadura, finalmente para el acceso de salida del puente se encuentra una condición superficial buena con presencia de grietas incipientes.



Tabla 17 Estado Actual del Puente Av. Américas Sobre Av NQS Costado Sur

Fuente: Google Earth.

10. EVALUACION METODOLOGIA VIZIR

10.1. PUENTE CALLE 170 CON AUTOPISTA NORTE (SENTIDO OCCIDENTE – ORIENTE)

Una vez obtenida la información del inventario de la red vial y del inventario de deterioros superficiales, se utiliza la metodología VIZIR para dar una calificación a la condición actual del pavimento con la cual se puede hacer un juicio sobre el estado de la vía y si está en condiciones para prestar un servicio cómodo y seguro o si es adecuado pensar en una intervención de la vía para recuperar las condiciones de servicio.

El tramo a evaluar presenta los siguientes danos:

TIPOLOGIA DE FALLA	Area Aprox 1	Area Tablero	Area Aprox 2
Piel de Cocodrilo	10.2		32.01
Grietas de reflexion de Juntas	6		6
Grietas longitudinales y transversales	21.6	24	21.6
Parqueo	2.76		7.88
Pulimiento de agregados		400	
Huecos		1	

Tabla 18 Tipología de fallas Puente calle 170

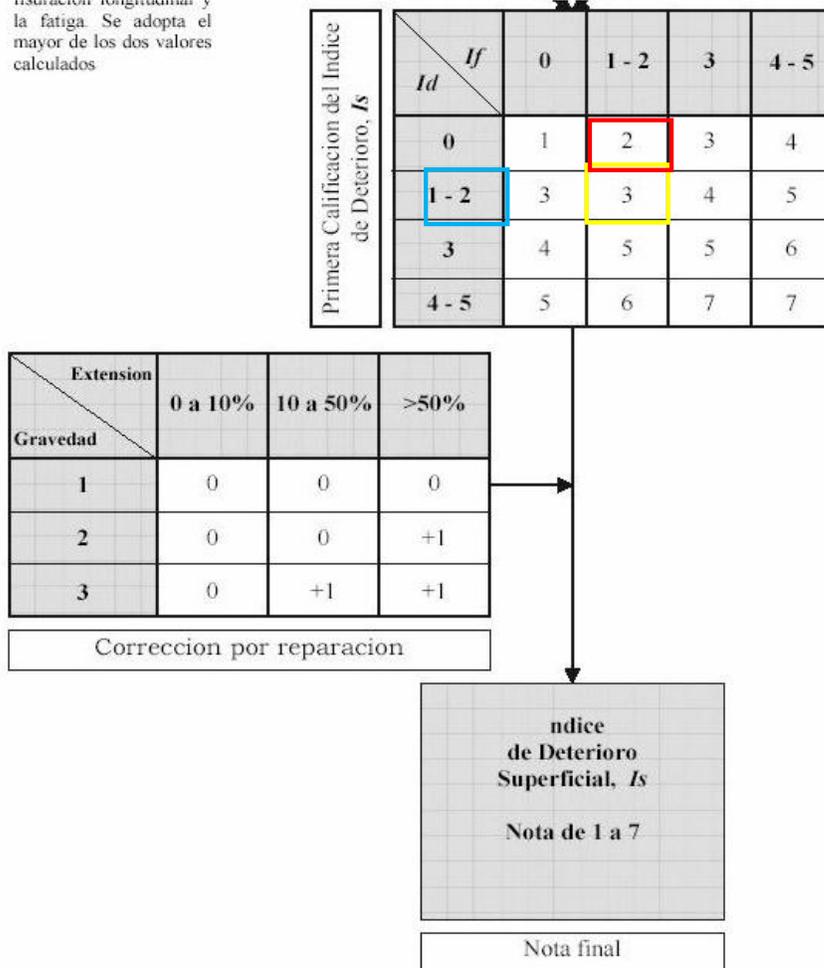
De acuerdo a la metodología propuesta por VIZIR, se procede a entrar de acuerdo al porcentaje de extensión y gravedad:

Ilustración 9 Determinación de Índice superficial VIZIR puente calle 170

		Ninguna fisuración ni deformación			0					
Examen visual	(1) INDICE DE FISURACION <i>I_f</i>	Extension	0 a 10%	10 a 50%	>50%	INDICE DE DEFORMACION <i>I_d</i>	Extension	0 a 10%	10 a 50%	>50%
		Gravedad	1	2	3		Gravedad	1	2	3
		1	1	2	3		1	1	2	3
		2	2	3	4		2	2	3	4
		3	4	5			3	4	5	

(1) Calculo efectuado separadamente de la fisuración longitudinal y

... y la fatiga. Se adopta el mayor de los dos valores calculados



Y de acuerdo a la calificación se obtiene:

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL VIZIR	
RANGO	CALIFICACIÓN
1 y 2	Bueno
3 y 4	Regular
5, 6 y 7	Deficiente

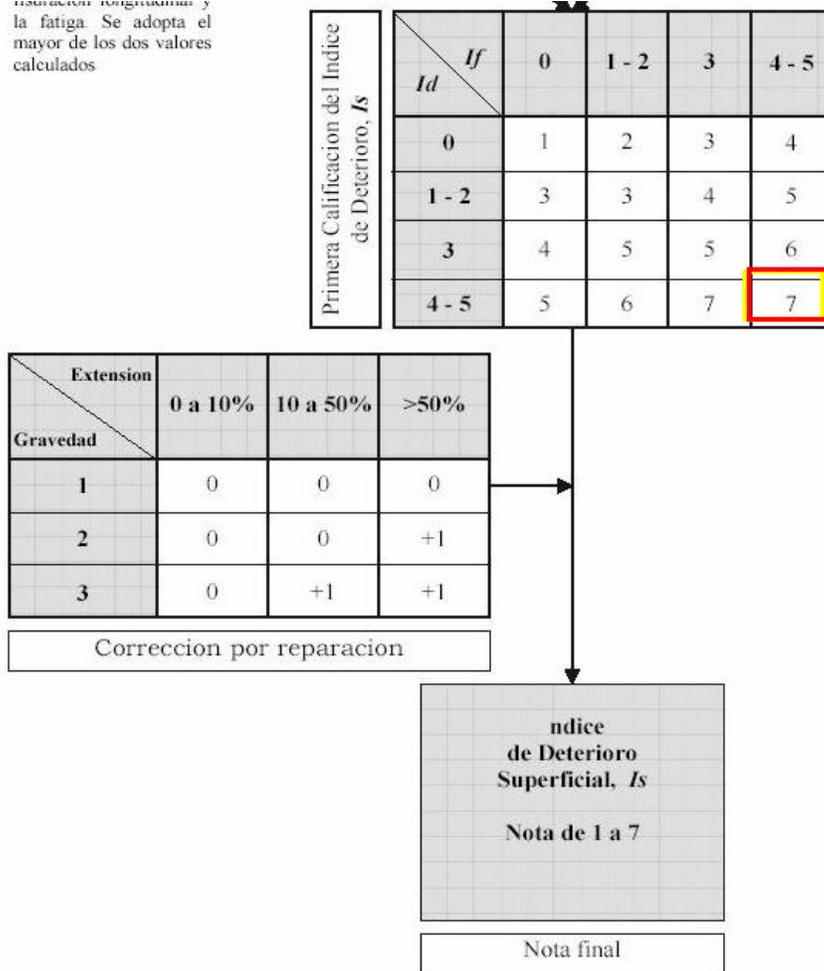
Tabla 19 Rango De calificación VIZIR

Obteniendo el siguiente resultado:

VIZIR		
Aproche 1	Tablero	Aproche 2
3	2	7
Regular	Bueno	Deficiente

Tabla 20 Resultado Vizir Puente Calle 170 Con Autopista Norte.

deformación longitudinal y la fatiga. Se adopta el mayor de los dos valores calculados



Y de acuerdo a la calificación se obtiene:

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL VIZIR	
RANGO	CALIFICACIÓN
1 y 2	Bueno
3 y 4	Regular
5, 6 y 7	Deficiente

Tabla 22 Rango De calificación VIZIR

Obteniendo el siguiente resultado:

VIZIR		
Aproche 1	Tablero	Aproche 2
7	7	2
Deficiente	Deficiente	Bien

Tabla 23 Resultado Vizir Puente Av americas con Av NQS

11.COMPARACION METODOLOGIA PCI – VIZIR

PUENTE CALLE 170 CON AUTOPISTA NORTE (SENTIDO OCCIDENTE - ORIENTE)			
METODOLOGIA	CALIFICACION PROMEDIO		
	APROCHE 1	TABLERO	APROCHE 2
PCI	37	59	23
ESTADO	REGULAR	BUENO	MALO
VIZIR (Is)	3	2	7
ESTADO	REGULAR	BUENO	MALO

Tabla 24 Comparación Metodología PCI-VIZIR Puente calle 170

PUENTE AVENIDA DE LAS AMERICAS CON AVENIDA NQS			
METODOLOGIA	CALIFICACION PROMEDIO		
	APROCHE 1	TABLERO	APROCHE 2
PCI	24	24	73
ESTADO	MALO	MALO	BUENO
VIZIR (Is)	7	7	2
ESTADO	MALO	MALO	BUENO

Tabla 25 Comparación Metodología PCI-VIZIR puente Av americas

La calificación promedio para cada uno de los puentes y de las metodologías arrojó como resultado para el Puente de la calle 170 un Índice de Condición del Pavimento para el PCI igual a 37 dando un estado REGULAR, 59 dando un estado BUENO y 23 dando un estado de MALO y un Índice de Deterioro Superficial “Is” para el VIZIR de 3 estado REGULAR, 2 estado BUENO y 7 estado MALO. Para el puente de las Av. Americas con Av NQS un Índice de Condición del Pavimento para el PCI igual a 24 dando un estado MALO, 24 dando un estado MALO y 73 dando un estado de BUENO y un Índice de Deterioro Superficial “Is” para el VIZIR de 7 estado MALO, 7 estado MALO y 7 estado BUENO.

El PCI ofrece un rango más completa de calificación ya que posee 7 rangos para calificar desde 0 que es una superficie fallada hasta 100 que es una superficie en excelentes condiciones en comparación con VIZIR que solo tiene 3 rangos para calificar que van de 1-2 para superficie en buenas condiciones, 3-4 superficie en regular estado, 5-6-7 superficie en deficiente condición.

Los rangos agrupados para comparar la metodología VIZIR y PCI, muestran una similitud porcentual de calificación para evaluar el estado del pavimento, la metodología PCI tiene un porcentaje mayor para calificar el pavimento Deficiente-Baja, el VIZIR presenta un porcentaje mayor en calificación Regular-Media y una calificación muy similar Bueno-Alta para el VIZIR y PCI.

12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Aunque las dos metodologías presentan bastante claridad al realizar el levantamiento de daños, la metodología VIZIR es más sencilla y de fácil aplicación, los cálculos para ponderar la calificación son más rápidos, mientras la metodología PCI es un poco más compleja y demorada porque cubre mayor número de tipo de daños, haciendo de esta que sea más detallada.
- La ventaja de una auscultación en puente es que se pueden realizar rehabilitación por separado, esto se refiere a que puedo rehabilitar solo un segmento del total del tramo.
- Comparando las dos metodologías para calcular las condiciones del pavimento, podemos observar que la metodología más conservadora es la desarrollada por el cuerpo de ingenieros de los estados unidos llamada pavement condition index (PCI), ya que posee 7 rangos para calificar desde 0 que es una superficie fallada hasta 100 que es una superficie en excelente estado, además cuenta con 19 patologías para evaluar la superficie de un pavimento asfáltico, teniendo en consideración los daños estructurales y superficiales. En comparación con la metodología francesa VIZIR adoptada por el INVIAS, ésta sólo tiene 3 rangos de calificación las cuales son: 1-2 superficie en buenas condiciones, 3-4 superficies en regular estado y 5-6 y 7 superficies en deficiente condición. La metodología VIZIR sólo tiene en cuenta los daños tipo A que son daños estructurales, y desprecia los daños tipo B que son superficiales.
- En la sectorización del puente se tienen tres tramos homogéneos cuyas calificaciones fueron las siguientes:

Unidad	Nomenclatura	Longitud (m)	PCI	Preclasificación
Puente Costado Sur Elemento 2				
Aproche 1	Av. 30 av. Américas	30	24	D
Tablero	Av. 30 av. Américas	287	25	D
Aproche 2	Av. 30 av. Américas	30	73	B

Unidad	Nomenclatura	Longitud (m)	PCI	Preclasificación
Calle 170 con Autopista Norte (Sentido Occidente – oriente)				
Aproche 1	Calle 170	30	37	C
Tablero	Calle 170	40	59	B
Aproche 2	Calle 170	30	23	D

En el puente 1 de la calle 170 con autopista norte se observaron las siguientes tipologías más frecuentes en los puentes en estudio , corresponden a piel de cocodrilo (1), Grietas de Junta (8), Grietas Longitudinales y Transversales (10), parcheo (11), Pulimento de agregados (12) y huecos (13),

En el puente 2 av américas con av NQS se observaron las siguientes patologías siguientes tipologías más frecuentes en los puentes en estudio , corresponden a piel de cocodrilo (1), Grietas de Junta (8), Grietas Longitudinales y Transversales (10), parcheo (11), Pulimento de agregados (12) y huecos (13).

- Se recomienda para tramos menores a 10km utilizar la metodología PCI y mayores a 10km utilizar la metodología VIZIR.

13. REFERENCIAS

BOL (2015). Estudio de diagnóstico. Puente Avenida américas con avenida NQS : Contrato N°. 1899 de 2014.

Estudio de diagnóstico Puente calle 170, inspección visual propia.

Luis Ricardo Vásquez Varela, M. (16 de octubre de 2016). Inspección Visual y Evaluación de Deterioros en Pavimentos Asfálticos de Carreteras con la Metodología VIZIR. Manizales: UNAL.

Luis Vásquez, (2006) Diagnostico visual CQR Quindío Armenia, Manizales